

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

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_/ **Володимир**  
**ВОЛОЩУК**/  
“ ” \_\_\_\_\_ 2021 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: Система автоматичного керування водопаровим трактом котлоагрегата  
надкритичних параметрів

**Виконав:** студент \_\_\_\_\_ ІІ курсу, групи ТА-з01мп

**Шарко Олександра Сергіївна**

(прізвище ім’я, по батькові)

(підпис)

**Науковий керівник** \_\_\_\_\_ Доцент, к. т. н. Бунь В.П.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали )

(підпис)

**Рецензент**

\_\_\_\_\_  
(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 – 2021 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-  
професійна  
програма

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)  
“ ”  
\_\_\_\_\_  
/Володимир ВОЛОЩУК/  
(імя, ПРІЗВИЩЕ)  
2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Шарко Олександра Сергіївна**

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дисертації

Система автоматичного керування водопаровим  
трактом котлоагрегата надкритичних параметрів

науковий керівник дисертації

Бунь Валерій Павлович, доцент, к. т. н.

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

затверджені наказом по університету від «  » 2021 р. №  

2. Термін подання студентом дисертації

«  » грудня 2021 р.

3. Об’єкт дослідження  
параметрів

Водопаровий тракт котлоагрега надкритичних

4. Вихідні дані

Літературні джерела, зібрані під час проходження преддипломної практики.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

Постановка задачі автоматизації. Огляд і аналіз існуючих систем управління.

Основні рішення з автоматизації. Розрахункова частина.

6. Орієнтований перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

Функціональна схема автоматизації, розрахункова частина, програмування ПЛК, програмування СКАДА системи, стартап.

7. Орієнтований перелік публікацій

8. Дата видачі завдання " 01 " вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації           | Строк виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------|
| 1     | <i>Видача завдання</i>                                    | 01.09.2020                                      |          |
| 2     | <i>Ознайомлення з літературними джерелами</i>             | 04.05.2021                                      |          |
| 3     | <i>Розрахунок</i>                                         | 08.10.2021                                      |          |
| 4     | <i>Моделювання САР</i>                                    | 15.10.2021                                      |          |
| 5     | <i>Програмування ПЛК</i>                                  | 07.11.2021                                      |          |
| 6     | <i>Імітаційне моделювання і аналіз функціонування АТК</i> | 14.11.2021                                      |          |
| 7     | <i>Стартап-проект</i>                                     | 22.11.2021                                      |          |
| 8     | <i>Висновок</i>                                           | 22.11.2021                                      |          |
| 9     | <i>Підпис керівника магістерської дисертації</i>          |                                                 |          |
| 10    | <i>Попередній захист магістерської дисертації</i>         | 15.12.2021                                      |          |
| 11    | <i>Захист</i>                                             | 21.12.2021                                      |          |

Студент

Олександра Шарко

(підпис)

(імя, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник дисертації

Валерій Бунь

(підпис)

(імя, ПРІЗВИЩЕ)

## **РЕФЕРАТ**

В першому розділі було проаналізовано сучасний стан галузі, також було розроблено технологічні особливості системи автоматизації керування водопаровим трактом котлоагрегата надкритичних параметрів.

В другому розділі увага приділялась опису об'єкту управління і з'ясування його детальних характеристик і основ роботи.

Третій розділ включає в себе розрахунок синтезу цифрових систем керування з цифровим регулятором за допомогою білінійного перетворення, розроблено систему автоматичного керування водопаровим трактом котлоагрегату, розроблена скада система.

Останній розділ це опис стартап проекту, де вказані його ідея та вигода для замовника, ціна та загрози впровадження.

## **ABSTRACT**

In the first section the current state of the industry was analyzed, and the technological features of the automation system of the steam-steam boiler control unit of supercritical parameters were developed.

The second section focused on the description of the object of management and clarification of its detailed characteristics and basics of work.

The third section includes the calculation of the synthesis of digital control systems with a digital controller using bilinear transformation, developed a system of automatic control of the steam path of the boiler, developed a scada system.

The last section is a description of the startup project, which indicates its idea and benefits for the customer, the price and threats of implementation.

## ЗМІСТ

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                       | 6  |
| 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ .....                                                               | 7  |
| 1.1. Сучасний стан галузі .....                                                                   | 7  |
| 1.2. Опис технологічної схеми об'єкту управління .....                                            | 11 |
| 1.2. Загальна постановка задачі.....                                                              | 14 |
| 2 ОПИС ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ .....                                                                   | 15 |
| 2.1. Отримання моделі об'єкту управління .....                                                    | 15 |
| 2.2. Призначення і функції створюваної системи .....                                              | 17 |
| 2.3. Вимоги до реалізації функцій системи управління об'єктом.....                                | 19 |
| 2.4. Висновки.....                                                                                | 22 |
| 3 РОЗРОБКА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ .....                                                       | 24 |
| 3.1 Функціональна структура системи управління об'єктом.....                                      | 24 |
| 3.2 Розрахункова частина.....                                                                     | 29 |
| 3.3 Розробка технічного забезпечення системи управління .....                                     | 31 |
| 3.4 Розробка програмного забезпечення системи управління .....                                    | 33 |
| 3.5 Імітаційне моделювання і аналіз функціонування автоматизованого<br>технічного комплексу ..... | 35 |
| 3.6 Висновки.....                                                                                 | 37 |
| 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....                                                               | 39 |
| 4.1. Опис ідеї проекту.....                                                                       | 39 |
| 4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....                                    | 43 |
| 4.3. Розроблення ринкової стратегії проекту .....                                                 | 49 |
| 4.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту .....                                     | 53 |
| 4.5. Висновки.....                                                                                | 56 |
| 5 ВИСНОВКИ.....                                                                                   | 57 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                                  | 59 |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Автоматизація один із основних чинників, які спроможні вивести виробництво на новий рівень, підвищити ефективність, зменшити витрати та збільшити прибуток підприємства.

**Мета і завдання роботи.** Метою роботи є розробка системи автоматизації керуванням водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах. Для досягнення необхідно зробити:

1. Проаналізувати особливості.
2. Розрахувати синтез цифрових систем керування з цифровим регулятором за допомогою білінійного перетворення.
3. Розробити систему автоматичного керування водопаровим трактом котлоагрегату.

**Об'єкт та предмет роботи.** Об'єктом автоматизації є водопаровий тракт котлоагрегату. Предметом є параметри, які впливають на температуру пари, яка надходить до турбіни, і які необхідно контролювати.

**Наукова новизна одержаних результатів.** В роботі розраховано синтез цифрових систем керування з цифровим регулятором за допомогою білінійного перетворення. Також розроблено програмне забезпечення та реалізована SCADA-система.

**Практичне значення одержаних результатів.** Застосувати результати роботи можна на практиці як державними так і комерційними підприємствами.

# 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ

## 1.1. Сучасний стан галузі

В наш час автоматизація займає дуже важливе місце. Неможливо знайти хоча б одну сферу в якій її немає. Сфери медицини, освіти, теплоенергетики все більше і більше розвиваються в умовах автоматизації.

Автоматизація котлоагрегатів відіграє визначну роль в сучасному світі. Перший котлоагрегат був винайден французьким вченим Дені Папена, він перший ще у 1690 році зробив правильний опис циклу, в якому використовувався атмосферний тиск. Після цього, постійно проводилися покращення, розроблялися різні устаткування, які не показували необхідного результату. Перший універсальний тепловий двигун був винайден російським вченим Ползуновим. У 1773 році він розробив науково-дослідний проект, це 2 роки знадобились для того, щоб втілити його в життя, двигун показав гарний результат, але пропрацював недовго. Наступний котел, який міг покрити велику кількість завдань в практичній експлуатації був винайден наприкінці 18 століття. Основною метою його розробки було покриття 2 основним умов:

- Максимально охолоджувати циліндр для повної компенсації пара;
- У цілях, щоб не було втрати пари її необхідно випускати з пара в неохолоджений циліндр.

Для виконання цих умов, було запропоновано конденсувати пару в окремому резервуарі. Однак ні ця машина ні наступні не вирішували основну проблему: універсальність котлоагрегату.

З початку 19 століття починають працювати над котлоагрегатом з неперервним рухом. В результаті чого був створений універсальний котлоагрегат. Цей котлоагрегат став розповсюдженим у всіх сферах господарської діяльності, оскільки був універсальним.

Початковий котлоагрегат був простий циліндричний котел, який був виконаний у вигляді горизонтального барабана з топкою під ним. Стінки барабана були одночасно і поверхнями нагрівання. Цей котлоагрегат мав ряд недоліків, серед яких:

- Висока витрата;

- Низький коефіцієнт корисної дії;
- Велику силу вибуху через великий водяний об'єм, тощо.

Даний котлоагрегат довгі роки був основним і користувався великим попитом через свою універсальність. Оскільки теплоенергетика почала свій розвиток, з кожним роком вимоги до роботи котлоагрегатів зростали, оскільки з'являвся попит на них. Виробництво покращувалось і його темпи також зростали. Нові вимоги до котлоагрегатів формували розвиток теплоенергетики. Отже, основними вимогами на той час були:

- Підвищення ККД;
- Зниження витрати сировини;
- Підвищення потужності котлоагрегату.

До кінця 19 століття були розроблені котлоагрегати, продуктивність яких дозволяла перейти до сотень тон пари на годину. Розвинулися конструкції водотрубних котлів, які в той час ділилися на такі класифікації: горизонтальні та вертикальні. Деякі заводи почали виготовляти горизонтальні водотрубні котлоагрегати, але через не дуже зручну конструкцію (плоскі стінки, які не витримували напругу), яка вимагала додаткові елементи, які під час експлуатації не давали можливості добре очистити від накипу котлоагрегат і визивали теплову напругу. Стало зрозумілим, що необхідно розробляти нову категорію котлоагрегатів. Рішенням став котлоагрегат у якому камера була розділена на секції, це дозволяло витримувати більший тиск.

В сучасному світі автоматизація котлоагрегатів відіграє важливу роль. Котлоагрегати, які виготовлялись ще 40 років тому, зараз координально не відповідають вимогам ДБН та правил безпеки. Майже всі системи керування працюють за допомогою ручного керування, а не автоматизованого. Це має великі негативні аспекти. Ручне керування котлоагрегатами є небезпечним для людського життя і здоров'я, що взагалі є неможливим за нормами безпеки. Також високий рівень витрати матеріалів, помилки, які спричинені через людський фактор, збільшення собівартості продукції, зменшення якості продукції, високий рівень зносу машин все це призводить до низької ефективності системи.

Котлоагрегати використовуються на ТЕС, в промислових та опалювальних котельнях, тощо.

Конструкція котлоагрегату залежить від його призначення, від палива, яке застосовується та способу спалення, а також від тиску та температури пару, який виробляється.

Сучасні прямоточні котлоагрегати надкритичних параметрів мають непросту структуру керування, через велику довжину водопарового тракту, велику кількість та площу поверхонь нагрівання та високі тиски.

Основні вимоги до роботи котлоагрегату, до таких вимог відносяться:

- Підтримування параметрів котлоагрегату, таких як, температура;
- Підтримування умов безпеки;
- Підтримування таких режимів роботи котлоагрегатів, які вигідні з економічної точки зору, збільшення продуктивності, забезпечення умов, в яких термін експлуатації котлу та його елементів буде більшим.

Вимоги до приміщення де розташований котлоагрегат:

- Не дозволяється встановлювати опалювальні газові котли в коридорах, санвузлах, підвалах житлових будинків, в приміщеннях будь-якого призначення, які не мають вікон з кватиркою (фрамугою), а також в приміщеннях гуртожитків, дитячих садків, шкіл, лікарень, поліклінік, спальних корпусів санаторіїв, закладів відпочинку, дитячих оздоровчих закладів та шкіл-інтернатів, культурно-видовищних, спортивних, торговельних, транспортних, культових та інших закладів з можливим масовим перебуванням людей (понад 50 осіб) в одному приміщенні.
- Котли з відкритою камерою згорання не можна встановлювати на сходових клітках і в гаражах.
- В одному приміщенні житлового будинку не допускається встановлювати більше двох малогабаритних котлів або двох інших одиниць газового обладнання.
- Котел або котли сумарною тепловою потужністю до 30 кВт можна встановлювати у приміщеннях об'ємом не менше 7,5 м<sup>3</sup>, не призначених для

постійного перебування людей, тобто там, де загальна тривалість перебування людей протягом доби не перевищує 4 години.

- Приміщення, в якому встановлюється котел з відкритою камерою згорання, повинно мати припливну і витяжну вентиляцію та димохід і відповідати СНП 2.04.05, ДБН В.2.5-20 та іншим нормативним вимогам і правилам.
- Найоптимальнішим місцем для встановлення котла в житловому будинку або квартирі є відособлене спеціальне приміщення відповідного об'єму з димоходом, вікном з кватиркою або фрамугою, припливною і витяжною вентиляцією (для котлів потужністю до 30 кВт - кухня). Тут мають бути водопровід, водовідвідний трап і газосигналізатор.
- Відповідно до вимог ДБН В.2.5-20, при встановленні в кухнях та приміщеннях житлових будинків проточних та ємнісних газових водонагрівачів і малогабаритних опалювальних газових котлів з відводом продуктів згорання у димоходи, слід передбачити можливість контролю мікроконцентрацій чадного газу (0,005 об'ємних процентів CO) та контролю довибухових концентрацій газу (20 % від нижньої концентраційної межі займистості) за допомогою квартирних газосигналізаторів з виводом на індивідуальну попереджувальну сигналізацію або спеціальних автоматичних сигналізаторів з пристроями, які перекривають подачу газу.
- Опалювальне газове обладнання сумарною тепловою потужністю понад 30 і до 60 кВт слід встановлювати у відокремлених нежитлових, вбудованих або прибудованих до житлових будинків приміщеннях об'ємом не менше 13,5 м<sup>3</sup>;
- потужністю понад 60 до 200 кВт - відповідно до умов розміщення й експлуатації обладнання, але у приміщенні об'ємом не менше 15 м<sup>3</sup>.
- При встановленні котлів усередині виробничих приміщень місце встановлення відокремлюється вогнестійкою перегородкою на всю висоту котла, але на нижче 2м, з влаштуванням дверей. Висота приміщення, в якому встановлюється котел, повинна бути не меншою за 2,5 м.
- Приміщення котельні перед встановленням котла необхідно очистити від будівельного сміття і пилу.

- Монтаж і пуск котла допускається тільки після завершення будівельних робіт, пов'язаних зазвичай з накопиченням великої кількості пилу, що всмоктується котлом.
- Стіни і підлога котельні повинні бути вогнестійкими і не бути джерелом пилу.
- В котельні необхідно створити всі умови для підтримування чистоти. Найкраще рішення - це облицювання стін і підлоги керамічною плиткою або покриття олійною фарбою.
- Недопустимо виконувати роботи, що здійснюють пил або є джерелом пилу під час функціонування котла. Це призводить до відкладення забруднень на пальниках, в каналах теплообмінника, на турболізаторах і внаслідок цього до відключення котла автоматикою або до такого зменшення кількості повітря, потрібного для нормального горіння, що з'являється сажа, яка перешкоджає нормальній роботі котла.

## **1.2. Опис технологічної схеми об'єкту управління**

Оскільки система автоматичного керування котлоагрегатом за своєю структурою є ієрархічною та розподіленою, то виділяється 3 рівні:

- Нижній рівень автоматичного керування системою;
- Середній рівень автоматичного керування системою;
- Вищий рівень автоматичного керування системою;

На нижньому рівні автоматичної системи керування розташовуються датчики тиску, перепаду тиску, температури, рівня, витрати, виконавчі механізми, а також засоби дистанційного керування виконавчими механізмами (наприклад, клапанами), вони дозволяють працівнику в даному випадку оператору слідкувати за технологічним процесом а також керувати його в ручному режимі, якщо будуть необхідні якісь налагодження.

На середньому рівні розташовується логіка управління системою. На цьому рівні розташовується основний модуль автоматичної системи керування, який базується на промисловому програмованому контролері. Контролер в системі виконує функції збору інформації, її обробки, управління, регулювання котлоагрегату, та його захисту від ситуацій, які призводять до аварій. Попередження відбувається так, що до оператора надходять попереджувальні та/або аварійні

сигнали. Наприклад, для температури важливо, щоб вона перебувала в діапазоні допустимих значень, для цього існують системи технологічної сигналізації.

Технологічна сигналізація застосовується для інформування обслуговуючого персоналу при:

- Виході параметрів за межі допустимих значень;
- Аварійних ситуаціях;
- Виході з ладу певних елементів установки;
- Втраті напруги.

Контролер з пристроями управління виконавчими пристроями встановлені в шафі. На лицьовій стороні шафи закріплена панель для відображення параметрів.

Схемою автоматики шафи реалізується:

- контроль температури води на вході і виході котла;
- контроль температури газів, що відходять;
- контроль тиску;
- контроль витрати води через котел;
- контроль положення виконавчих механізмів регуляторів;
- автоматичне регулювання витрати води через котел;
- автоматичне регулювання температури води на вході в котел;
- формування світлової та звукової сигналізації при виникненні аварійних ситуацій і при виході параметрів за допустимі межі.

У верхній рівень АСУ входять засоби, що реалізують функції відображення інформації в різній формі, її архівування та протоколювання, а також функції дистанційного керування основним модулем контролера шляхом прямого регулювання або зміни параметрів і уставок регулювання.

Верхній рівень АСУ забезпечує:

- перегляд архівної інформації за вказаний проміжок часу;
- окремий архів тривоги;
- автоматичне регулювання температури води на виході з котла;
- зберігання архівних даних протягом року;
- контроль роботи оперативного персоналу шляхом запису в пам'ять дати і часу всіх перемикань, що виконуються операторами.

|                                         |
|-----------------------------------------|
| Номінальна продуктивність               |
| Тиск перегрітої пари                    |
| Температура перегрітої пари             |
| Витрата вторинної пари                  |
| Тиск вторинної пари                     |
| Температура вторинної пари              |
| Температура живильної води              |
| Вид палива                              |
| Температура води за ВЕ                  |
| Температура середовища за ПСКШ          |
| Температура середовища за НРЧ           |
| Температура пари за СРЧ                 |
| Температура пари за ВРЧ                 |
| Температура пари за ЕПК                 |
| Температура пари за 1-м упорскуванням   |
| Температура пари за ШПП-1               |
| Температура пари за ШПП-2               |
| Температура пари за 2-м упорскуванням   |
| Температура пари за КППНТ-1             |
| Температура гарячого повітря            |
| Температура газів у поворотній камері   |
| Температура газів, що відходять         |
| Теплова напруга паливного об'єму        |
| Витрата палива                          |
| Нижча теплотворна здатність палива      |
| ККД (брутто)                            |
| Глибина котлу (по осях колони)          |
| Ширина котлу (по фронті)                |
| Висота котлу (по стельовому перекриттю) |

Таблиця 1.1. Основні параметри котлоагрегату



панелей керування і у разі необхідності виконувати дії для налагодження роботи котлоагрегату або усунення неполадок.

Автоматичне керування водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах має здійснюватися за допомогою контролера, який буде запрограмований для керування іншим необхідним в даній ситуації устаткуванням. Має відповідати всім вимогам надійності, бути довготривалим у роботі, точним у своїх обчисленнях та мати зрозумілі інструменти у його керуванні.

## **2. ОПИС ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ**

### **2.1. Отримання моделі об'єкту управління**

Технологічним об'єктом управління є водопаровий тракт котлоагрегату в надкритичних параметрах. Основною задачею є створення системи автоматизації керування водопаровим трактом.

Живильна вода, яка надходить через трубопровід має перетворитися у пару. Температура живильної води на вході 276 °С. Живильна вода поступає завдяки виконавчим механізмам. Всього для даного котлоагрегату розглядаються чотири виконавчі механізми, один з яких необхідний для того, щоб у необхідний момент подавати живильну воду до трубопроводу, три іншим виконавчих механізми необхідні для того, щоб пароохолоджувачі у необхідний момент могли впорскувати живильну воду. Живильна вода звісно є хімічно очищена, бо іншу в даних умовах використовувати неможливо, оскільки від цього може утворюватися накип, яку вичистити на практиці є дуже складно, що звісно призводить до проблем з устаткуванням котлоагрегату.

Оскільки основною функцією автоматизації системи є керування водопаровим трактом, для цього необхідно враховувати параметри, які впливають на цей тракт, до цих параметрів відносяться:

- Температура пари;
- Температура живильної води;
- Витрата пари;
- Витрата живильної води.

З вищесказаного можна визначити вхідні продукти та готовий, отже вхідним продуктом є – живильна вода, а готовим продуктом є – пара.

Для контролю параметрів, які впливають на керування системи водопарового тракту котлоагрегату встановлюються спеціальні датчики, у яких оператор може слідкувати за параметрами або ж сама системи в необхідній ситуації зможе налагодити роботу, якщо наприклад необхідно охолодити температуру пари – впорскується живильна вода. Для контролювання параметрів, які впливають на температуру пари, використовують термоперетворювачі та витратоміри.

Температура пари, яка надходить в турбіну має бути 545 °С.

Для розробки системи водопарового тракту котлоагрегату використовувалися датчики вимірювання температури живильної води, витрати живильної води,

температури пари, витрати перегрітої пари. Для того, щоб вимірювати температуру живильної води використовується термопара, яка має підходити до температури живильної води, все це визначається із специфікації приладів.

Для вимірювання температури пари використовується також термопара, яка може використовуватися в діапазоні у які входить значення параметру температури пари. В даній системі автоматизації керуванням водопаровим трактом в надкритичних параметрах нараховується 16 термопар для вимірювання температури пари.

Для вимірювання витрати живильної води використовується витратомір. Для вимірювання витрати пари використовується ультразвуковий витратомір. Звісно, що діапазон температур для середовища, які вимірюють витратоміри, має включати в себе значення параметру для даного котлоагрегату.

Котлоагрегат звісно має свої технічні характеристики, які наведені нижче.

Таблиця 2.1. Основні технічні характеристики котлоагрегату

| Найменування параметра                | Розмірність | Значення |
|---------------------------------------|-------------|----------|
| Температура живильної води            | °C          | 276      |
| Температура пари за 1-м упорскуванням | °C          | 451      |
| Температура пари за 2-м упорскуванням | °C          | 494      |
| Температура перегрітої пари           | °C          | 545      |
| Витрата перегрітої пари               | т/г         | 500      |

## 2.2. Призначення і функції створюваної системи

Призначенням створюваної системи є:

- Підтримання температури живильної води;
- Підтримання витрати живильної води;
- Підтримка температури насиченої пари;
- Керування регулюючим органом в ручному та автоматичному режимах;
- Реалізації функцій сигналізації та технологічного захисту;
- Здійснення обміном інформації з верхнім рівнем автоматичної системи управління технологічним процесом;
- Ведення бази даних та звіту подій;

Об'єктом автоматизації є водопаровий тракт котлоагрегату в надкритичних параметрах. Звісно, що для котлоагрегату дуже важливо дотримуватися всім вимогам, адже від цього залежить ефективність системи, термін використання обладнання та його елементів, економічність, збільшення випуску продукції, зниження собівартості продукції, покращення якості, зменшення штату працівників, краща надійність, економічна витрата матеріалів. Основні вимоги це надійна і безпечна робота котлоагрегату. Автоматизація котлоагрегату повинна забезпечувати такі функції:

### 1. Функції контролю

Контролю підлягають такі параметри:

- 1) Температура пари;
- 2) Температура живильної води;
- 3) Витрата живильної води;
- 4) Витрата пари;

### 2. Функції регулювання

Регулюванню підлягають такі параметри:

- 1) Температура пари;
- 2) Температура живильної води;
- 3) Витрата живильної води;
- 4) Витрата пари;

На температуру пари впливають температура живильної води, витрата пари , витрата живильної води. На функціональній схемі автоматизації для контролювання всіх цих параметрів знаходяться необхідні датчики, які дозволяють постійно регулювати та контролювати температуру і витрату.

### 3. Функції сигналізації

Технологічна сигналізація застосовується для інформування обслуговуючого персоналу при:

- Виході параметрів за межі допустимих значень;
- Аварійних ситуаціях;
- Виході з ладу певних елементів установки;
- Втраті напруги.

Сигналізація забезпечується для таких параметрів:

- 1) Температура живильної води;
- 2) Температура пари;
- 3) Витрата живильної води;
- 4) Витрата пари

#### 4. Функції блокування

Блокування – це по суті автоматичний захист, який необхідний для того, щоб уникнути аварій обладнання. Вони можуть виникнути через вихід параметрів за межі допустимих границь або коли якість елементи обладнання виходять з ладу.

Технологічний захист зводиться до миттєвого припинення подачі палива, або води при аварійному відхиленні відповідних параметрів.

При відхиленні вищезгаданих параметрів відбувається розрив ланцюга клапана, клапан зачиняється і припиняє подачу палива до пальників котлоагрегату.

Технологічний захист необхідний, щоб забезпечити операторів та інший персонал, який обслуговує систему безпечною працею, а також для того, щоб уникнути аварійних ситуацій, адже як відомо інколи люди не в змозі в критичній ситуації без емоцій слідувати правилам, задля уникнення позаштатних ситуацій, які в свою чергу можуть частково або повністю зруйнувати елементи обладнання.

### **2.3. Вимоги до реалізації функцій системи управління об'єктом**

Для того, щоб котлоагрегат працював налагоджено, а устаткування мало велику кількість годин напрацювань мають виконуватися певні вимоги до реалізації функцій системи управління об'єктом.

Ці вимоги стосуються всіх сфер, які задіяні в автоматизації котлоагрегату. Отже можна виділити наступні вимоги:

- 1) Дотримання всіх державних і міжнародних стандартів, таких як:
  - ГКД 34.20.507-2003 «Правила технічної експлуатації електричних станцій і мереж».
  - ДСТУ 2709-94 «Метрологія. АСК ТП. Метрологічне забезпечення».

- ДСТУ 4134-2002 «Канали вимірювальні вимірювальних інформаційних систем та автоматизованих систем керування технологічними процесами».
- ДСТУ Б А.2.4-3:2009 «Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів».

- 2) Наступною вимогою є використання належного устаткування, схем, функції в доцільних випадках. Тобто, якщо цього вимагає ситуація або умови експлуатації, то необхідно використовувати ту чи іншу систему, тощо.
- 3) Здатність в будь-який час, коли це стане необхідним розширювати систему та сферу її керування, при цьому існуюча система не повинна значно змінюватися, отже можливість до розширення функціоналу.
- 4) Стосовно контролеру, він має бути із зручним інтерфейсом, легко програмованим, повинен підтримувати стандартні мови стандарту ІЕС 61131-3.
- 5) Повинні використовуватися протоколи обміну інформацією, які забезпечать доставку інформації повністю, будуть захищати від похибок, а також забезпечать виявлення похибок.
- 6) Наступна вимога це забезпечення функцій сигналізації та блокування. Тобто, коли система виходить з ладу або з'являється попередження про аварійну ситуацію, система повинна забезпечити те, щоб оператор її побачив та вчасно вчинив міри задля попередження аварійної ситуації. Також всі параметри повинні бути записані та архівовані, для того, щоб можна були їх продивитися у разі необхідності.
- 7) SCADA-система повинна бути реалізована таким чином, щоб параметри, які виходять за межі допустимих значень було одразу видно. Також система повинна відправляти нотифікацію своєчасну для того, щоб оператор міг зробити певні дії для уникнення аварійних ситуацій.

Для нормальної безаварійної роботи котлоагрегату в процесі експлуатації існують певні вимоги до ведення технологічного процесу і вибору параметрів, які характеризують стан об'єкта управління.

Параметри, зміна яких в деяких межах може призвести до аварійного стану обладнання, необхідно контролювати і сигналізувати в системах візуалізації технологічних параметрів в мікропроцесорних контролерах.

Система управління повинна функціонувати повністю як в автоматичному, так і в частково – ручному режимі. Ручний режим роботи повинен здійснюватися з пульта оператора.

Рішення комплексу задач, які виконуються системою управління, що розробляється, повинні проходити безперервно, паралельно з роботою котельного відділення.

Якість реалізації функцій визначається якістю, швидкодією та надійністю. Швидкість системи визначається часом відпрацьованих регулюючих дій, який не повинен перевищувати встановлені норми. Періодичність виклику того чи іншого параметра визначається оператором котлоагрегату.

Основними вимогами до ПТКЗА, що розробляється, є:

- Використання стандартних апаратних модулів ПЛК відомих фірм виробників, в яких є система обслуговування, для зручності контролер має підтримувати велику кількість мережевих протоколів, мати SD – карту для зберігання параметрів, мати можливість безпосереднього підключення великої кількості модулів вводу/виводу (необов'язково) та мати вбудований Web – сервер, завдяки якому оператор може переглядати та аналізувати стан параметрів віддалено, що зменшує ймовірність виникнення певних аварійних ситуацій;
- Використання базових програмних засобів реального часу (операційні системи) згідно зі стандартами Міжнародної електротехнічної комісії;
- Використання інструментального ПЗ (LCADA-конфігуратора), що відповідає вимогам стандарту IEC611-31;
- Використання стандартних інтерфейсів передачі інформації на базі відкритих протоколів обміну даними:
  - максимальна кількість вузлів: 1024, що може бути збільшено при використанні маршрутизаторів;
  - довжина з'єднання до 200 м;
- Використання пакетів SCADA провідних виробників таких систем, які підтримують протоколи, що використовуються в даній системі;

Середнє напруження на відмову повинно бути не менше:

- для інформаційної функції – 20000 год;
- для керуючої функції – 10000 год.

Головною функцією системи автоматичного керування водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах, яка розглянута в даній дипломній роботі – це контролювання температури пари, яка надходить до турбіни.

На температуру пари впливає живильна вода, яка впорскується пароохолоджувачами, витрата живильної води, температура пари.

## **2.4. Висновки**

В сучасному світі автоматизація котлоагрегатів відіграє важливу роль. Котлоагрегати, які виготовлялись ще 40 років тому, зараз координально не відповідають вимогам ДБН та правил безпеки. Майже всі системи керування працюють за допомогою ручного керування, а не автоматизованого. Це має великі негативні аспекти. Ручне керування котлоагрегатами є небезпечним для людського життя і здоров'я, що взагалі є неможливим за нормами безпеки. Також високий рівень витрати матеріалів, помилки, які спричинені через людський фактор, збільшення собівартості продукції, зменшення якості продукції, високий рівень зносу машин все це призводить до низької ефективності системи.

Технологічним об'єктом управління є водопаровий тракт котлоагрегату в надкритичних параметрах. Основною задачею є створення системи автоматизації керування водопаровим трактом.

Об'єктом автоматизації є водопаровий тракт котлоагрегату в надкритичних параметрах. Звісно, що для котлоагрегату дуже важливо дотримуватися всім вимогам, адже від цього залежить ефективність системи, термін використання обладнання та його елементів, економічність, збільшення випуску продукції, зниження собівартості продукції, покращення якості, зменшення штату працівників, краща надійність, економічна витрата матеріалів. Основні вимоги це надійна і безпечна робота котлоагрегату.

Для розробки системи водопарового тракту котлоагрегату використовувалися датчики вимірювання температури живильної води, витрати живильної води,

температури пари, витрати перегрітої пари. Для того, щоб вимірювати температуру живильної води використовується термопара, яка має підходити до температури живильної води, все це визначається із специфікації приладів.

Для вимірювання температури пари використовується також термопара, яка може використовуватися в діапазоні у якій входить значення параметру температури пари. В даній системі автоматизації керуванням водопаровим трактом в надкритичних параметрах нараховується 16 термопар для вимірювання температури пари.

Для вимірювання витрати живильної води використовується витратомір. Для вимірювання витрати пари використовується ультразвуковий витратомір. Звісно, що діапазон температур для середовища, які вимірюють витратоміри, має включати в себе значення параметру для даного котлоагрегату.

Для нормальної безаварійної роботи котлоагрегату в процесі експлуатації існують певні вимоги до ведення технологічного процесу і вибору параметрів, які характеризують стан об'єкта управління.

Параметри, зміна яких в деяких межах може призвести до аварійного стану обладнання, необхідно контролювати і сигналізувати в системах візуалізації технологічних параметрів в мікропроцесорних контролерах.

Система управління повинна функціонувати повністю як в автоматичному, так і в частково – ручному режимі. Ручний режим роботи повинен здійснюватися з пульта оператора.

Рішення комплексу задач, які виконуються системою управління, що розробляється, повинні проходити безперервно, паралельно з роботою котельного відділення.

Призначенням створюваної системи є:

- Підтримання температури живильної води;
- Підтримання витрати живильної води;
- Підтримка температури насиченої пари;
- Керування регулюючим органом в ручному та автоматичному режимах;
- Реалізації функцій сигналізації та технологічного захисту;
- Здійснення обміном інформації з верхнім рівнем автоматичної системи управління технологічним процесом;

- Ведення бази даних та звіту подій;

Отже для створення системи автоматизації керування водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах необхідно дотримуватися вимогам, таким як, створення системи з відправкою нотифікацій, наприклад при виході параметрів з діапазону допустимих значень, також дотримання міжнародних та державних стандартів, вибір обладнання, яке буде забезпечувати якісний вимір технологічних параметрів, тощо. Використання протоколу обміну інформацією, який задовільнить всі вимоги. Середнє напрацювання на відмову повинно бути не менше:

- для інформаційної функції – 20000 год;
- для керуючої функції – 10000 год.

### **3. РОЗРОБКА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ**

#### **3.1. Функціональна структура системи управління об'єктом**

Головною метою автоматизації даної роботи є створення системи автоматизації керування водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах. Для керування такою системою необхідно контролювати температуру пари, яка надходить до турбіни. Температура пари, яка надходить в турбіну повинна мати температуру 545 °С.

Для забезпечення необхідної температури пари, необхідно контролювати параметри, які впливають на систему. Оскільки від температури пари, яка потрапляє до турбіни залежить ефективність роботи, дуже важливо, щоб цей параметр

знаходився у допустимих межах. Для розробки системи водопарового тракту котлоагрегату використовувалися датчики вимірювання температури живильної води, витрати живильної води, температури пари, витрати перегрітої пари. Для того, щоб вимірювати температуру живильної води використовується термopара, яка має підходити до температури живильної води, все це визначається із специфікації приладів.

Для вимірювання температури пари використовується також термopара, яка може використовуватися в діапазоні у які входить значення параметру температури пари. В даній системі автоматизації керуванням водопаровим трактом в надкритичних параметрах нараховується 16 термopар для вимірювання температури пари.

Для вимірювання витрати живильної води використовується витратомір. Для вимірювання витрати пари використовується ультразвуковий витратомір. Звісно, що діапазон температур для середовища, які вимірюють витратоміри, має включати в себе значення параметру для даного котлоагрегату.

Отже назви приладів вимірювальних, діапазон їх вимірів, а також розташування на функціональній схемі можна побачити у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

|                            | Назва приладу      | Діапазон вимірювання                         | Розташування на ФСА                                    |
|----------------------------|--------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Температура живильної води | Термopара ТХА      | $(-40 \dots 400) \text{ }^{\circ}\text{C}$   |                                                        |
| Температура пари           | Термopара ТХК-2088 | $(-40 \dots 600) \text{ }^{\circ}\text{C}$ . | На паропроводі, перед входом до пароперегрівачів – 3а. |

|                        |               |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        |               |                                                                                        | <p>На ширмовому пароперегрівачі - 6а, 6б, 8а, 8б, 10а, 10б.</p> <p>На конвективному пароперегрівачі 1ст. - 14а, 14б, 16а, 16б.</p> <p>На конвективному пароперегрівачі 2ст. - 18а, 19а.</p> <p>Перед останнім пароохолоджувачем - 22а, 22б.</p> <p>На паропроводі перед виходом до ЦВТ - 24а.</p> |
| Витрата живильної води | Метран 150RFA | <p>(-40...315) °С.</p> <p>Максимальна витрата води 50 т/г.</p> <p>Мінімальна 5т/г.</p> | <p>На трубопроводі живильної води - 1а.</p> <p>Перед впорскуванням на ширмового пароперегрівача - 4а, 5а.</p> <p>Перед впорскуванням на конвективному пароперегрівачі 1ст. - 12а, 13а.</p> <p>Перед останнім впорскуванням, до того як пара потрапляє до ЦВТ - 21а.</p>                           |

|              |                      |                                                       |                                 |
|--------------|----------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Витрата пари | OPTISONIC 4400<br>НТ | До 600 °С.<br>Максимальна<br>витрата пари<br>500 т/г. | На паропроводі до<br>ЦВТ - 24а. |
|--------------|----------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|

Стосовно виконавчих механізмів і регулюючих органів, які були обрані для системи автоматизації керуванням водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах вони наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

| Назва                                   | Кількість | Інформація                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Двоходовий клапан<br>Belimo R2025-S2/B2 | 4         | Перший клапан – на вході трубопроводу води, він необхідний для регулювання подачі води.<br>Другий регулює подачу води, яка впорскується, він розташований до першого пароохолоджувача.<br>Третій регулює подачу води, яка впорскується, він розташований до другого пароохолоджувача.<br>Четвертий регулює подачу води, яка впорскується, він розташований до |

|                                        |   |                                                                                                                                          |
|----------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        |   | третього<br>пароохолоджувача.                                                                                                            |
| Привід Belimo NRF24A                   | 1 | Це привід для першого<br>виконавчого механізму.                                                                                          |
| Електропривід Belimo<br>LR24A          | 3 | Це привід для другого,<br>третього, четвертого<br>виконавчих механізмів.                                                                 |
| Блок живлення PS-100                   | 1 | Напруга 24 В.                                                                                                                            |
| Автоматичний вимикач<br>Eaton PLHT D16 | 1 | Автоматичний вимикач<br>необхідний для того,<br>щоб подавати живлення<br>на щит.                                                         |
| Автоматичний вимикач<br>Easy9          | 1 | Автоматичний вимикач<br>необхідний для того,<br>щоб захистити всі<br>прилади, а також<br>виконавчі механізми від<br>негативних чинників. |

Для системи автоматизації водопарового тракту котлоагрегату використаний контролер PHOENIX CONTACT AXC 1050. Компанія PHOENIX CONTACT достатньо давно на світовому ринку автоматизації і виробляє якісну технічну продукцію.

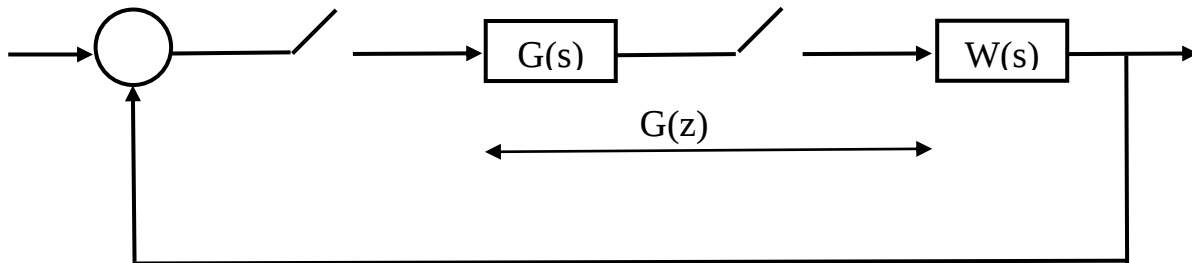
Характеристики контролера PHOENIX CONTACT AXC 1050:

- Підтримка багатьох мережевих протоколів.
- 2 інтерфейси Ethernet.
- Вбудована SD-карта для зберігання параметрів.
- Безкоштовне програмування контролера завдяки ПЗ PC Worx.
- Вбудований Web-сервер.
- Можливість безпосереднього підключення до 63 модулів вводу/виводу.

### 3.2. Розрахункова частина

Передаточна функція об'єкту була визначена з літературного джерела.

$$W_p = \frac{0,72}{195p + 1} e^{-45p}$$



К синтезу цифрового регулятора використовуються наступні показники якості системи:

1. Коефіцієнт помилки по швидкості  $K_v \geq 3$ ;
2. Запас по фазі  $\geq 50^\circ$ ;
3. Резонансний пік  $M_p \leq 1,3$ .

Необхідно перевірити, чи дійсно для даної системи достатньо мати запас по фазі  $50^\circ$  і резонансний пік 1,3.

Z – перетворення передавальної функції виглядає наступним чином:

$$G_{h0}G_p(z) = \left[ \frac{1 - e^{-Tp}}{p} \frac{0,72}{195p + 1} e^{-45p} \right] = \left[ \frac{0,72}{195z - 0.6} \right]$$

Для здійснення z-перетворення було написано код в Matlab за допомогою функції `ztrans(f)` здійснюється z-перетворення в середовищі Matlab:

```
syms s T
T = 0.5;
f = (0.72* exp(-45*s))./(s*195 + 1)
ztrans(f)
```

Наступним кроком здійснюємо білінійне перетворення за допомогою підстановки  $z = \frac{(1+w)}{(1-w)}$  для того, щоб отримати  $G_{h0}G_p(w)$ , отримуємо результат:

$$G_{h0}G_p(z) = \frac{0,72 - 0,72w}{194.4 - 195w^2 + 0.6w}$$

Отримуємо логарифмічно-частотну характеристику для передаточної функції. Для отримання характеристики був написаний наступний код:

```
Hd = c2d(H,0.1,'foh');
w = logspace(-2,3,50); % frequencies to plot
```

```
sigma(Hd);
grid on;
legend('Hd')
```

Оберемо передаточну функцію у вигляді:

$$G_c(w) = \frac{1 + a\tau w}{1 + \tau w}$$

Передаточні функції цифрового регулятора і процесу керування розділені квантователем, зручно відслідковувати зміну за допомогою логарифмічно-частотної характеристики.

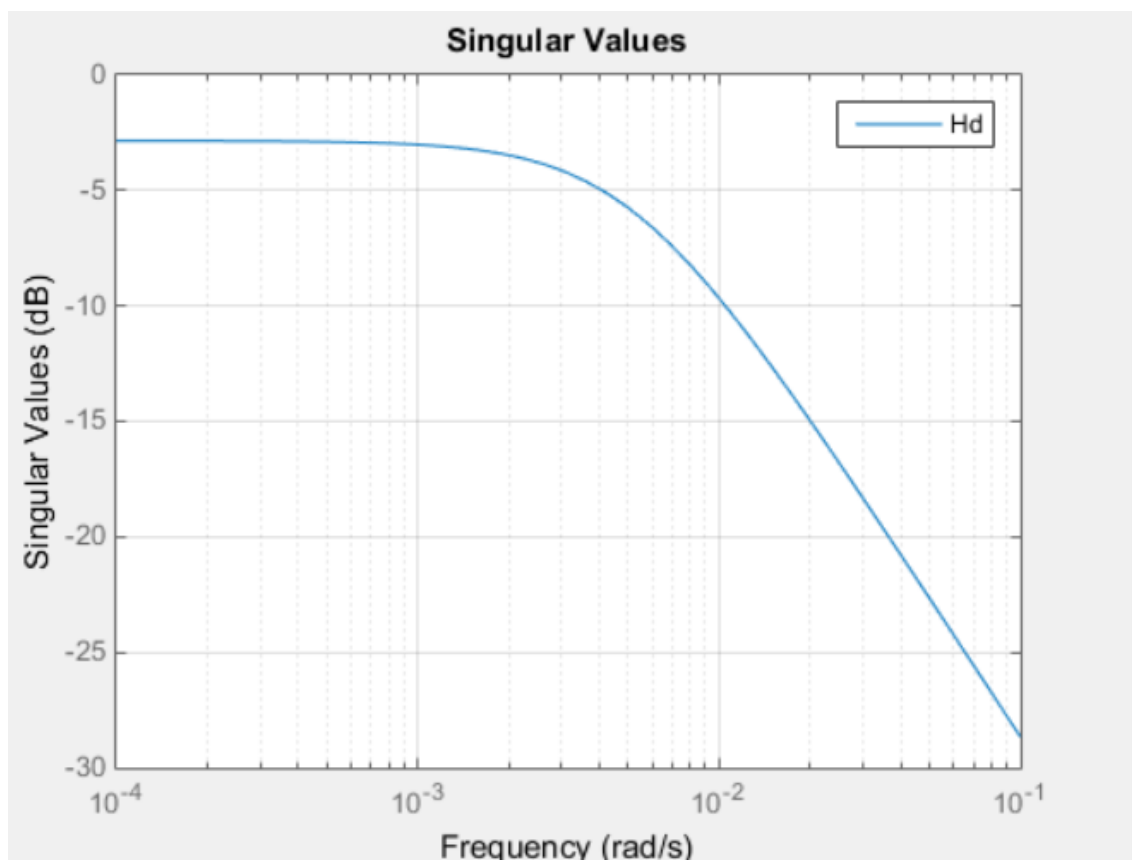


Рис.3.1. Логарифмічно-частотна характеристика передаточної функції

Логарифмічна характеристика показує, що підсилення на частоті дорівнює 12 дБ. Відповідно, регулятор повинен на цій частоті послаблення 12 дБ.

Щоб фазова характеристика не надавала вагомий вплив на фазовий зсув необхідно обрати частоту, яка відповідає відповідному правому залому амплітудної характеристики.

Для побудови діаграми Нікольса було написано наступний код у Matlab.

```
Gs = tf(NumG, DenG)
Gz = c2d(Gs,T,'zoh')
```

%The stuff above to create the z-function out of a s-function

aug=[T,1]

Gwss = bilin(ss(Gz),-1,'S\_Tust',aug);

%Use bilingual transformation

Gw = tf(Gwss)

nichols(H)

ngrid

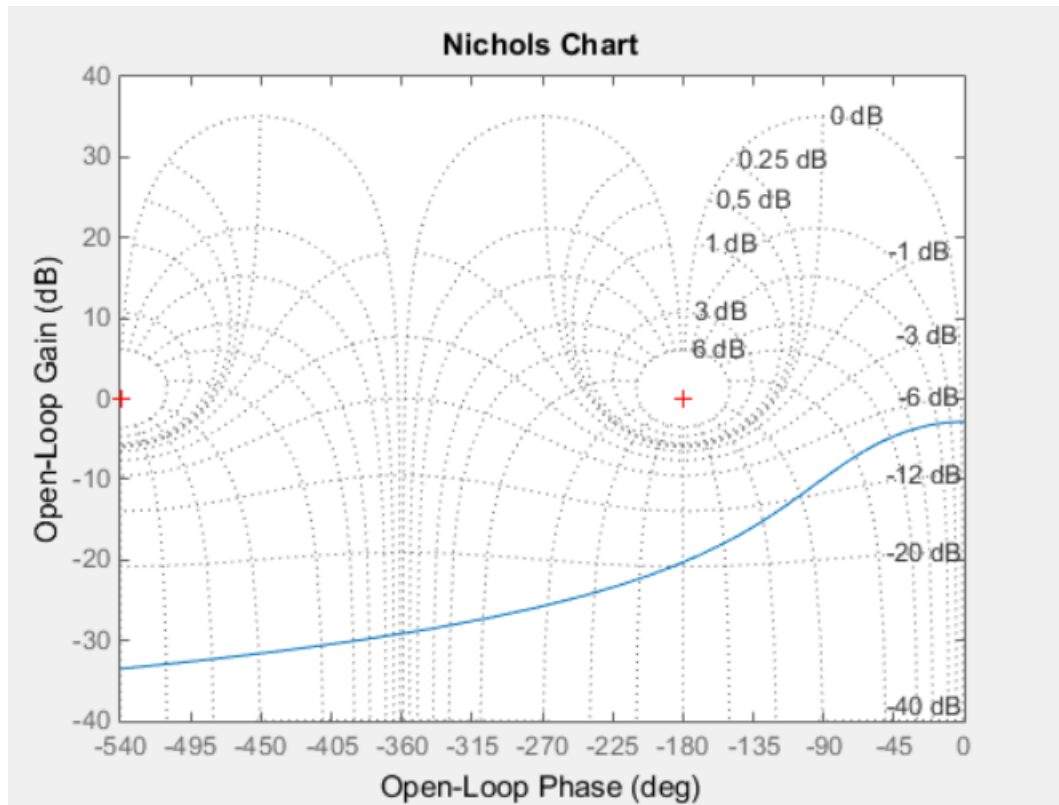


Рис.3.2. Діаграма Нікольса

### 3.3. Розробка технічного забезпечення системи управління

Звісно, для того, щоб обрати технічні засоби автоматизації системи керуванням водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах необхідно знати всі особливості об'єкту для того, щоб у критичних ситуаціях він був надійним. Надійність забезпечується правильним, сучасним вибором вимірювальних засобів. Основне технічне забезпечення системи управління наведено нижче.

Характеристики контролера PHOENIX CONTACT AXC 1050:

- Підтримка багатьох мережових протоколів.
- 2 інтерфейси Ethernet.
- Вбудована SD-карта для зберігання параметрів.
- Безкоштовне програмування контролера завдяки ПЗ PC Worx.

- Вбудований Web-сервер.
- Можливість безпосереднього підключення до 63 модулів вводу/виводу.

Завдяки вбудованому Web-серверу оператор може переглядати та аналізувати стан параметрів віддалено, що зменшує ймовірність виникнення певних аварійних ситуацій. Програмне забезпечення PC Wogx дозволяє виконувати програмування над контролером зручно і на зрозумілому для обслуговуючого персоналу інтерфейсі.

Управління системою розробленого проекту повинна мати двадцять вісім аналогових входів, три аналогових виходи, п'ять дискретних виходів. Для того, щоб все це реалізувати і підключити всі технічні прилади і виконавчі механізми до контролеру було обрано модулі вводу/виводу.

У якості модулів аналогового вводу було обрано три модулі PHOENIX CONTACT AXL F AI8 1F, та один модуль PHOENIX CONTACT AXL F AI4 1F.

Для аналогових виходів обрано модуль PHOENIX CONTACT AXL F AO4 1H, цей модуль на чотири виходи, тобто один залишається резервним, на випадок, якщо будемо додавати в систему для її покращення ще якісь прилади.

Для дискретних виходів було обрано модуль на 8 виходів PHOENIX CONTACT AXL F AO8 1F, оскільки у системі задіяно п'ять, то три залишається, як резервні. У майбутньому при покращенні системи вони будуть використані.

Таким чином, для найбільш зручного функціонування системи та її управління було обрано контролер PHOENIX CONTACT AXC 1050 та модулі вводу/виводу для нього.

Вся інформація повинна оброблятися, архівуватися, збиратися та відображатися для того, щоб управляти та моніторити стан об'єкта у реальному часі. Для всього цього існує програмний пакет, який має назву "SCADA".

SCADA-системи використовують у всіх галузях, де за параметрами системи та станом об'єкта повинен слідкувати оператор.

Для системи автоматизація водопарового тракту була розроблена SCADA-система. Система була розроблена для того, щоб архівувати дані та генерувати звіти про роботу системи. Дана система збирає і обмінюється даними з програмно-логічним контролером. Завдяки графічній візуалізації та зручному інтерфейсу дуже зручно керувати параметрами та відслідковувати їх рух у часі.

Всі дії оператора архівуються і в разі якоїсь несправності завжди можна знайти в чому проблема. Всі сигнали та сповіщення тривоги генеруються автоматично, та повідомляють про них оператора.

Дуже важливим є те, що для персоналу є система рівневого доступу, наприклад для інженера будуть доступні тільки ті дані до яких в нього є доступ.

Оскільки система автоматизації водопарового тракту котлоагрегату реалізована за допомогою контролера PHOENIX CONTACT AXC 1050, то передавати інформацію і отримувати її можливо виключно за допомогою протоколу Modbus TCP. Інтерфейсом для даного протоколу є мережа Ethernet. Завдяки інтерфейсу Ethernet обмін інформацією між приладами системи можуть виконуватися дистанційно, що значно спрощує управління системою.

Доступ до SCADA-система отримується за допомогою людино-машинного інтерфейсу. З'єднання відбувається за допомогою протоколу Modbus TCP через Ethernet.

#### **3.4. Розробка програмного забезпечення системи управління**

Програмування контролерів PHOENIX CONTACT відбувається в середовищі PC Worx. Необхідна кількість бібліотек, які забезпечують більш зрозуміліше і простіше програмування значно економить час. Там є весь необхідний спектр бібліотек для контролерів даної фірми, що може зменшити час розробки. Проте, у цій магістерській роботі з системою автоматизації керуванням водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах програмування контролера PHOENIX CONTACT було здійснено в середовищі «CODESYS».

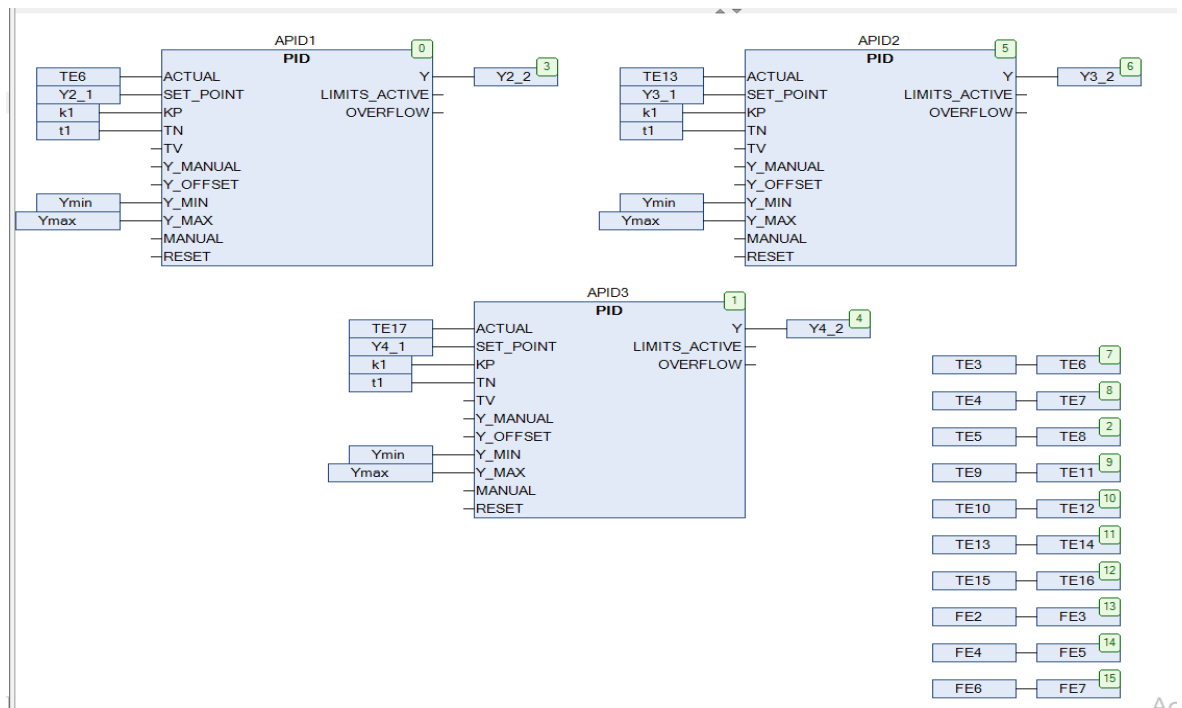


Рис. 3.1. Функціональні блоки для реалізації системи в середовищі «CODESYS»

В цій системі управління кожним клапаном, який регулює подачу живильної води до пароохолоджувача, який впорскує воду, в залежності від температури пари в пароперегрівачах.

Блоки реалізуються за допомогою коду в тому ж середовищі, в коді прописуємо параметри, які є в нашій системі.

```

32 FE7: REAL;
33 FE8: REAL;
34
35 Y1: REAL;
36 Y2: REAL;
37 Y3: REAL;
38 Y4: REAL;
39
40 ON: BOOL;
41
42 k1: REAL:=5.003;
43 t1: REAL:=69.4;
44 Y10: REAL;
45 Y11: REAL;
46 Ymin: REAL:=0;
47 Ymax: REAL:=100;
48
49 ZD1: REAL:=580;
50 ZD2: REAL:=580;
51 ZD3: REAL:=580;
52
53 Y2_1: REAL;
54 Y2_2: REAL;
55 Y3_1: REAL;
56 Y3_2: REAL;
57 Y4_1: REAL;
58 Y4_2: REAL;
59
60 END_VAR

```

Рис. 3.2. Приклад реалізації коду для системи в середовищі «CODESYS»

### **3.5. Імітаційне моделювання і аналіз функціонування автоматизованого технічного комплексу**

В даному дипломному проєкті розроблена система автоматизації керування водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах. Регулювання температури пари відбувається за допомогою живильної води, яка надходить до пароохолоджувачів, які впорскують живильну воду, коли необхідно зменшити температуру. Все це зображено на мнемосхемі, які виконана в середовищі InTouch WonderWare. Вибір саме цього середовища був здійснен через можливість використання великої кількості тегів, простоту у використанні та досвід роботи з нею.

Імітаційне моделювання реалізоване за допомогою InTouch, Codesys, MatLab Simulink.

В InTouch побудована мнемосхема на якій зображено систему регулювання температури перегрітої пари, які надходить до ЦВТ. В цьому ж середовищі прописані теги, параметри, які ми регулюємо, а також для них встановлюємо значення, в яких система пише аварійну сигналізацію, що буде позначати, що параметри в ту чи іншу сторону вийшли за межі допустимих значень. Є тренди в яких бачимо у графічному зображенні, як саме змінилася температура у часі. Є вікно історії у якому ми бачимо все, що відбувалося з системою, зпрацювання алярму, наприклад.

В середовищі Codesys відбувається програмування контролера PHOENIX CONTACT AXS 1050.

В середовищі MatLab Simulink створюється модель об'єкту, для нашої дипломної роботи це регулювання температури перегрітої пари, які надходить до ЦВТ. Підключення всіх програм відбувається за допомогою OPC-сервера.

За допомогою розробки інтерфейсу ми відслідковуємо тренди. Для нашої системи ми відслідковуємо зміну температури у часі. Також у вікні Алярми прослідковуємо, що температура вийшла за межі допустимого і оператор у такому разі опрацьовує цю ситуацію.



### 3.6. Висновки

Головною метою автоматизації даної роботи є створення системи автоматизації керуванням водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах. Для керування такою системою необхідно контролювати температуру пари, яка надходить до турбіни. Температура пари, яка надходить в турбіну повинна мати температуру 545 °С.

Для забезпечення необхідної температури пари, необхідно контролювати параметри, які впливають на систему. Оскільки від температури пари, яка потрапляє до турбіни залежить ефективність роботи, дуже важливо, щоб цей параметр знаходився у допустимих межах. Для розробки системи водопарового тракту котлоагрегату використовувалися датчики вимірювання температури живильної води, витрати живильної води, температури пари, витрати перегрітої пари. Для того, щоб вимірювати температуру живильної води використовується термопара, яка має підходити до температури живильної води, все це визначається із специфікації приладів.

Звісно, для того, щоб обрати технічні засоби автоматизації системи керуванням водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах необхідно знати всі особливості об'єкту для того, щоб у критичних ситуаціях він був надійним. Надійність забезпечується правильним, сучасним вибором вимірювальних засобів.

Управління системою розробленого проекту повинна мати двадцять вісім аналогових входів, три аналогових виходи, п'ять дискретних виходів. Для того, щоб все це реалізувати і підключити всі технічні прилади і виконавчі механізми до контролеру було обрано модулі вводу/виводу.

Для системи автоматизація водопарового тракту була розроблена SCADA-система. Система була розроблена для того, щоб архівувати дані та генерувати звіти про роботу системи. Дана система збирає і обмінюється даними з програмно-логічним контролером. Завдяки графічній візуалізації та зручному інтерфейсу дуже зручно керувати параметрами та відслідковувати їх рух у часі.

В даному дипломному проекті розроблена система автоматизації керування водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах. Регулювання температури пари відбувається за допомогою живильної води, яка надходить до

пароохолоджувачів, які впорскують живильну воду, коли необхідно зменшити температуру. Все це зображено на мнемосхемі, які виконана в середовищі InTouch WonderWare. Вибір саме цього середовища був здійснен через можливість використання великої кількості тегів, простоту у використанні та досвід роботи з нею.

Імітаційне моделювання реалізоване за допомогою InTouch, Codesys, MatLab Simulink.

Також є вкладка історії у якій видно всі аларми, які виникали, всі зміни температури, у разі необхідності за допомогою цієї вкладки можна прослідкувати за перебігом подій в системі автоматизації водопарового тракту котлоагрегату. Аларми є надзвичайно важливими у системі автоматизації керуванням водопарового тракту котлоагрегату в надкритичних параметрах, оскільки коли параметри, які контролюються виходять за діапазони можливих значень, це може призвести до аварії, і завдяки вікну алармів оператор може вчасно проконтролювати таку ситуацію.

## 4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

### 4.1. Опис ідеї проекту

Основна ідея розробки системи автоматизації є керування водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах. Ідеєю розробки стартап-проекту є автоматизація водопаровим трактом котлоагрегату.

Даний стартап-проект дає можливість:

- Збільшити ефективність даного котлоагрегату.
- Обслуговуючий персонал буде виконувати тільки роботу відслідковування параметрів, а також слідкувати за індикаторами на SCADA системі.
- Збільшити години напрацювання устаткування.
- Підтримка програмного забезпечення.
- Модернізація системи.
- Ремонт та заміна устаткування.
- Швидкий та результативний контроль параметрів системи.

| Можливість стартап-проекту                                                                                                            | Вигода для інвестора                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Збільшити ефективність котлоагрегату                                                                                                  | Збільшити ефективність котлоагрегату призведе до того, що сировини необхідно буде витратити менше, при чому коефіцієнт корисної дії збільшиться, отже інвестори зможуть витратити менше коштів на обслуговування, при цьому заробляти значно більше. |
| Обслуговуючий персонал буде виконувати тільки роботу відслідковування параметрів, а також слідкувати за індикаторами на SCADA системі | Система дозволить оператору, якісно і вчасно відслідковувати за необхідністю всі параметри та в разі необхідності вчинити дії для налагодження роботи системи.                                                                                       |

|                                                       |                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Збільшити години напрацювання устаткування            | Збільшити години напрацювання устаткування дозволять витратити менше коштів на їх постійну заміну або ремонт.                                                        |
| Підтримка програмного забезпечення                    | Коли інвестор захочу збільшити функціонал або оптимізувати алгоритми, чи виправити помилку, то це буде зроблено вчасно так якісно.                                   |
| Модернізація системи                                  | Масштабування систему, додавання нового функціоналу, слідування сучасним алгоритмам та умовам, все це буде виконуватися за побажанням інвестора.                     |
| Швидкий та результативний контроль параметрів системи | Швидкий та результативний контроль параметрів системи дозволить в будь-який час налагодити роботу, знайти всі елементи, які повпливали на цю помилку та прибрати їх. |
| Ремонт та заміна устаткування                         | Ремонтні роботи або заміна устаткування в разі необхідності будуть виконані з використанням оригінального обладнання від виробника.                                  |

У таблиці 4.1. викладено кошторис приладів для системи автоматизації керування водопаровим трактом котлоагрегату. Кошторис складався для того, щоб розуміти скільки коштів, які інвестори мають вкласти в стартап-проект, щоб реалізувати систему, необхідно залучити. А також для того щоб порахувати термін у який система почне приносити прибуток.

Таблиця 4.1. Кошторис приладів

| № | Найменування позицій цінника | Характеристика обладнання         | Од. виміру | К-сть | Варість од. в грн |                      |         |      | Загальна варість од. в грн |                       |         |      |
|---|------------------------------|-----------------------------------|------------|-------|-------------------|----------------------|---------|------|----------------------------|-----------------------|---------|------|
|   |                              |                                   |            |       | Обладнання        | Монтажні роботи(15%) |         |      | Обладнання                 | Монтажні роботи (15%) |         |      |
|   |                              |                                   |            |       |                   | Всього               | ЗП      |      |                            | Всього                | ЗП      |      |
|   |                              |                                   |            |       |                   |                      | Осн, 5% | упр. |                            |                       | Осн, 5% | упр. |
| 1 | Прайс фірми                  | Блок живлення PS-100              | шт.        | 1     | 2909              | 436,35               | 21,8175 | -    | 2909                       | 436,35                | 21,8175 | -    |
| 2 | Прайс фірми                  | Вимикач Eaton PLNT                | шт.        | 1     | 1080              | 162                  | 8,1     | -    | 1080                       | 162                   | 8,1     | -    |
| 3 | Прайс фірми                  | Вимикач Easy9                     | шт.        | 1     | 395               | 59,25                | 2,9625  | -    | 395                        | 59,25                 | 2,9625  | -    |
| 4 | Прайс фірми                  | Контролер PHOENIX CONTACT         | шт.        | 1     | 12195             | 1829,3               | 91,4625 | -    | 12195                      | 1829,25               | 91,4625 | -    |
| 5 | Прайс фірми                  | Модуль аналогового входу AXL F    | шт.        | 4     | 12400             | 1860                 | 93      | -    | 49600                      | 7440                  | 372     | -    |
| 6 | Прайс фірми                  | Модуль аналогового виходу AXL F   | шт.        | 1     | 10000             | 1500                 | 75      | -    | 10000                      | 1500                  | 75      | -    |
| 7 | Прайс фірми                  | Модуль аналогового входу AXL F    | шт.        | 1     | 12000             | 1800                 | 90      | -    | 12000                      | 1800                  | 90      | -    |
| 8 | Прайс фірми                  | Сигнальна лампа                   | шт.        | 4     | 88                | 13,2                 | 0,66    | -    | 352                        | 52,8                  | 2,64    | -    |
| 9 | Прайс фірми                  | Термоелектричний перетворювач ТХА | шт.        | 1     | 55                | 8,25                 | 0,4125  | -    | 55                         | 8,25                  | 0,4125  | -    |

|                             |                |                                               |     |      |      |       |        |  |        |          |          |   |
|-----------------------------|----------------|-----------------------------------------------|-----|------|------|-------|--------|--|--------|----------|----------|---|
| 10                          | Прайс<br>фірми | Термоелектричний<br>перетворювач ТХК-<br>2088 | шт. | 16   | 300  | 45    | 2,25   |  | 4800   | 720      | 36       | - |
| 11                          | Прайс<br>фірми | Витратомір<br>Metran<br>150RFA                | шт. | 7    | 6000 | 900   | 45     |  | 42000  | 6300     | 315      | - |
| 12                          | Прайс<br>фірми | Витратомір<br>OPTISONIC<br>4400               | шт. | 1    | 5000 | 750   | 37,5   |  | 5000   | 750      | 37,5     | - |
| 13                          | Прайс<br>фірми | Електропри-<br>від LR24A                      | шт. | 3    | 2800 | 420   | 21     |  | 8400   | 1260     | 63       | - |
| 14                          | Прайс<br>фірми | Привід<br>NRF24A                              | шт. | 1    | 7300 | 1095  | 54,75  |  | 7300   | 1095     | 54,75    | - |
| 15                          | Прайс<br>фірми | Клемний<br>набір                              | шт. | 2    | 1870 | 280,5 | 14,025 |  | 3740   | 561      | 28,05    | - |
| 16                          | Прайс<br>фірми | Кабель<br>контрольний КВГГ<br>4x1,5           | шт. | 1000 | 15   | 2,25  | 0,1125 |  | 15000  | 2250     | 112,5    | - |
| 17                          | Прайс<br>фірми | Силовий<br>кабель ВВГ<br>6*2,5                | шт. | 500  | 270  | 40,5  | 2,025  |  | 135000 | 20250    | 1012,5   | - |
| 18                          | Прайс<br>фірми | Короб<br>монтажний                            | шт. | 1    | 6444 | 966,6 | 48,33  |  | 6444   | 966,6    | 48,33    | - |
|                             |                |                                               |     |      |      |       |        |  |        |          |          |   |
|                             |                |                                               |     |      |      |       |        |  |        |          |          |   |
| ВСЬОГО                      |                |                                               |     |      |      |       |        |  | 309826 | 46473,9  | 2323,695 |   |
| ВИТРАТИ ТРАНСПОРТА          |                |                                               |     |      |      |       |        |  | 1000   |          |          |   |
| КОМПЛЕКТАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ     |                |                                               |     |      |      |       |        |  | 3098,3 |          |          |   |
| ЗАГОТІВЕЛЬНО СКЛАДСЬКІ      |                |                                               |     |      |      |       |        |  | 3717,9 |          |          |   |
| ТАРА УПАКОВКА               |                |                                               |     |      |      |       |        |  | 6196,5 |          |          |   |
| ПЛАНОВІ НАКОПИЧУВАННЯ       |                |                                               |     |      |      |       |        |  |        | 4647,39  |          |   |
| НЕПЕРЕДБАЧУВАННІ ВИТРАТИ    |                |                                               |     |      |      |       |        |  | 30983  | 4647,39  |          |   |
| УСЬОГО ПО КОШТОРИСУ         |                |                                               |     |      |      |       |        |  | 354821 | 55768,68 | 2323,695 |   |
| ЗАГАЛЬНА ВАРТІСТЬ КОШТОРИСУ |                |                                               |     |      |      |       |        |  | 410590 |          |          |   |

Оскільки все обладнання є якісним, а також система користується попитом, як на внутрішньому ринку так і на зовнішньому, це є ключовими перевагами даного проекту, оскільки інноваційна діяльність будь-якого підприємства призводить до зросту як капіталу підприємства, установи, організації, так і в цілому впливає на зріст ВВП країни.

Підрахувавши всі витрати, які необхідні для реалізації стартап- проекту, прогнозована сума, яку необхідно залучити з боку інвесторів 3 млн. грн. Термін у який будуть гроші повністю повернені складає 5 років.

Компанія, яка займається впровадження даної системи, буде займатися тестуванням на реальних об'єктах має досвід роботи у цьому як в Україні так і закордоном. Звісно, буде вестися повна документація, будуть використовуватися необхідні алгоритми у реалізації, також юде вестися повний комплекс технічних і програмних засобів.

#### 4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Для створення стартап-проекту необхідно враховувати всі загрози, оцінити всіх конкурентів, щоб аналізувати ринкових можливостей запуску стартап-проекту.

| Показники стану ринку<br>(найменування)                                             | Характеристика                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Кількість головних гравців                                                          | Control Engineering, TRIOL,<br>EMERSON, СВС-Дніпро, "РАСК.ИН-<br>АГРО" РАКУРС                                                              |
| Загальний обсяг продажів                                                            | 97 320 323 \$                                                                                                                              |
| Динаміка ринку                                                                      | Зростає                                                                                                                                    |
| Наявність обмежень для входу                                                        |                                                                                                                                            |
| Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації                                 | ІЕС611-31, СНІП 2.04.05, ДБН В.2.5-20, ГKD 34.20.507-2003, ДСТУ 2709-94, ДСТУ 4134-2002, ДСТУ Б А.2.4-3:2009, ІЕС - 61131-2, ІЕС - 61131-3 |
| Середня норма рентабельності (показники взяті «Державна служба статистики України») | Енергетична промисловості 5.0%                                                                                                             |

Для того, щоб визначити потенційних інвесторів, яких може зацікавити стартап-проект необхідно оцінити потреби, які формує ринок.

|                          |                   |                                                                   |                             |
|--------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Потреба, що формує ринок | Цільова аудиторія | Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів | Вимоги споживачів до товару |
|--------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------|

|                              |                                                        |                                |                                             |
|------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|
| 1.Безпека системи            | Державні, приватні підприємства, установи, організації | - Розмір прибутку до витрат    | - Надійність                                |
| 2.Надійність системи         |                                                        | - Конкуренція                  | - Можливість до збільшення функціоналу      |
| 3.Здатність до масштабування |                                                        | - Підтримка держави            | - Здатність до масштабування                |
|                              |                                                        | - Фонди, організації, установи | - Безпека                                   |
|                              |                                                        |                                | - Зрозумілість інтерфейсу                   |
|                              |                                                        |                                | - Швидкість обробки, обчислення та передачі |

Для урахування та розуміння всієї картини, необхідно враховувати фактори можливостей. Всі фактори, як б розділила на групи та виділила серед них три основні групи:

1. Кількість продукту, який випускається конкурентами зменшується
2. Співпраця
3. Спеціалісти

Кількість продукту зменшується і це звісно впливаю на обсяг проданого продукту всередині підприємства, організації, тощо. Отримати такий ефект можна за рахунок розвитку інноваційної діяльності підприємства. З установленням інноваційної діяльності витрати виробництва зменшується, прибуток збільшується, також покращується якість продукту.

Співпраця також є вирішальним фактором, оскільки маючи партнерів, можна мати більший вплив на ринок, а також більше можливостей заохочувати українських та іноземних інвесторів до впровадження нового функціоналу та масштабування підприємства.

Спеціалісти є не менш важливим фактором, оскільки від кваліфікованості кадрів залежить продуктивність підприємства. Наймовірно важливим є бажання кадрів до змін, та щоб вони були компетентними в галузі теплоенергетики.

| Фактор                                                        | Можливості                                                                                                                                | Реакція                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Зменшення кількості продуктів, який випускається конкурентами | Завоювання основної частки ринку, розвиток іміджу підприємства, що може гарно вплинути для залучення українських та іноземних інвестицій. | Оновлення системи автоматизації, створення нового функціоналу, масштабування підприємства.                |
| Співпраця                                                     | Можливість виходити на світовий ринок, залучення іноземного капіталу в Україну, приріст ефективності виробництва.                         | Обмін ідеями для модернізації, обговорення алгоритмів, слідування всім сучасним технологічним тенденціям. |
| Спеціалісти                                                   | Створення якісного технологічного та програмного забезпечення системи, вагомий вклад в залучення інвестицій.                              | Розширення персоналу, створення нових департаментів, відділів, міцна та кваліфікована команда.            |

Важливо оцінювати не тільки фактори можливостей ринку але і фактори загроз ринку.

Важливо розуміти, що ринок на вході, це дуже велика небезпека, оскільки процес входу є небезпечним, непостійним, також необхідно зібрати цілу купу бюрократичної документації для того, щоб на практиці запровадити систему в практичну діяльність.

Стосовно конкуренції, є досить великі і потужні компанії, у яких сфера впливу, розрекламованість та імідж на дуже гарному рівні, перший час буде дуже складно заявити про себе.

Інноваційність продукту також велика загроза, оскільки без постійного розвитку, є велика вірогідність того, що дуже скоро хтось зробить продукт кращим та більш інноваційним.

| Фактор                  | Загроза                                                                                             | Можливість                                                                                                                |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ринок                   | Поріг входу на ринок достатньо високий, велика ненадійність і складність                            | Попередні перевірки надійності та безпеки, проведення випробувань та підготовка до них.                                   |
| Конкуренція             | Є великі і потужні компанії, у яких сфера впливу, розрекламованість та імідж на дуже гарному рівні. | Запуск компанії, попередньо проаналізувавши ринок, а також ведення цієї справи справжніми кваліфікованими професіоналами. |
| Інноваційність продукту | Є велика вірогідність того, що хтось зробить продукт кращим та більш інноваційним.                  | Постійна модернізація та втілення нового функціоналу.                                                                     |

Для аналізу конкурентів застосовуються методики ступеневої оцінки конкуренції. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку поділяється на 6 пунктів:

1. Тип конкуренції.
2. Рівень конкурентної боротьби.
3. Галузева ознака.
4. Вид товарів.
5. Характер конкурентних переваг.
6. Інтенсивність.

| Особливості конкурентного середовища | В чому проявляється | Вплив на діяльність підприємства             |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------|
| Тип конкуренції: глобальний          | Міжнародна          | Просування компанії на міжнародних ринках та |

|                                          |                                                                                        |                                                               |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                                          |                                                                                        | пошук нових партнерів<br>для закріплення                      |
| Галузева ознака:<br>внутрішня            | Відбувається всередині<br>самої сфери поставки<br>товару                               | Орієнтація на клієнта                                         |
| Вид товарів: товарно-<br>видова          | Конкуренція<br>відбувається між<br>однаковими за<br>функціональним сенсом<br>системами | Підвищення надійності,<br>безпеки, простоти в<br>використанні |
| Характер конкурентних<br>переваг: цінова | Звісно, система, а<br>особлива її ціна впливає<br>на користь вибору<br>споживачем.     | Підтримка оптимальної<br>ціни для споживача                   |
| Інтенсивність: марочна                   | Бренд компанії                                                                         | Рекламне просування<br>бренду                                 |

Після аналізу конкуренції варто провести більш детальний аналіз за моделлю М. Поттера.

| Складові<br>аналізу | Прямі<br>конкуренти<br>в галузі                 | Потенційні<br>конкуренти       | Постачальники                                           | Клієнти                                                  | Товари-<br>замінники                                                                |
|---------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | EMERSON                                         | ТОВ<br>"Екніс-<br>Інжиниринг"  | Phoenix<br>Contact,<br>Schneider<br>Electric            | 1.Державні<br>та приватні<br>енергетичні<br>підприємства | ПТКЗА<br>від:<br>Schneider<br>Electric,<br>Allen-<br>Bradley,<br>Phoenix<br>Contact |
| Висновки            | Боротьба за<br>ринок<br>споживачів<br>створюючи | Інноваційний<br>продукт<br>під | Зменшення<br>унікальності<br>постачальників<br>в шляхом | Більш<br>точна<br>система з<br>дотриманн                 | Ціна<br>власного<br>продукту<br>нижча за                                            |

|  |                                                                                  |                                                                    |                                                                            |                            |                        |
|--|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------|
|  | більш<br>якісний<br>продукт,<br>який краще<br>задовольняє<br>потреби<br>покупців | потреби<br>клієнтів<br>та значні<br>зусилля<br>на<br>маркетин<br>г | підвищення<br>якості до<br>поставок,<br>зменшення<br>логістичних<br>витрат | я усіх<br>вимог<br>безпеки | аналоги та<br>доступна |
|--|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------|

Звісно, що є принципова можливість роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію. Але потрібно врахувати, що для того, щоб вийти на ринок необхідно створити всі умови для безпечності, простоти використання, а також для того, щоб ціна кінцевої системи не була занадто завищена, щоб вона була рентабельною для виробників та доступною для споживачів. Необхідно займатися рекламною кампанією, щоб зуміти протистояти великим, відомими компаніям.

SWOT – аналіз стартап проекту, необхідний для того, щоб проаналізувати сильні сторони, слабкі сторони, можливості та загрози після аналізу цих компонентів розробляється альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний термін його реалізації з урахування конкурентів, та інших загроз, які були наведені вище.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Підвищений термін роботи обладнання.</li> <li>- Ефективність котлоагрегату збільшується.</li> <li>- Прибуток зростає.</li> <li>- Витрати зменшуються.</li> <li>- Підтримка інвесторів протягом всього часу.</li> <li>- Кінцевий продукт розроблений за всіма технічними вимогами.</li> <li>- Швидке реагування на надавання компетентного фідбеку.</li> </ul> | <p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Відсутність іміджу і реклами.</li> <li>- Невеликий масштаб.</li> <li>- Відсутність крупних клієнтів.</li> <li>- Відсутність достатнього досвіду.</li> <li>- Велика конкуренція.</li> </ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Можливості:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Висока надійність.</li> <li>- Оптимальна вартість.</li> <li>- Ефективне використання ресурсів.</li> <li>- Безпечна, надійна та проста у використанні система.</li> </ul> | <b>Загрози:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Велика конкуренція</li> </ul> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|

Наступним кроком для аналізу необхідно проаналізувати альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

| Альтернатива<br>(орієнтовний комплекс<br>заходів) ринкової<br>поведінки        | Ймовірність отримання<br>ресурсів | Строки реалізації |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 1. Конференції.<br>2. Науково-дослідні роботи<br>3. Виставки<br>4. Презентації | 90%                               | 4 місяці          |

#### 4.3. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії є першим кроком для визначення стратегії входу на ринок та стратегію захоплення ринку. Визначення цільових груп.

Першим у розробленні ринкової стратегії проекту є вибір цільових груп потенційних споживачів, він оцінюється за такими категоріями:

1. Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів.
2. Готовність споживачів сприйняти продукт.
3. Орієнтовний попит в межах цільової групи.
4. Інтенсивність конкуренції в сегменті.
5. Простота входу у сегмент.

| Опис<br>профілю<br>цільової<br>групи<br>потенційних<br>клієнтів        | Готовність<br>споживачів<br>сприйняти<br>продукт | Орієнтовний<br>попит в<br>межах<br>цільової<br>групи | Інтенсивність<br>конкуренції в<br>сегменті | Простота<br>входу у<br>сегмент |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|
| Державні і<br>приватні                                                 | Висока                                           | 60%                                                  | Висока                                     | Важко вийти у<br>сегмент       |
| Які цільові групи обрано: державні і приватні енергетичні підприємства |                                                  |                                                      |                                            |                                |

Після того, як проведено вибір цільових груп, можна починати для них рекламувати продукт, оскільки саме ці групи будуть в цьому зацікавлені. Наступним етапом є визначення базової стратегії ринку, для цього існують базові правила:

1. Коли компанія зосереджена на 1 сегменті необхідно обирати стратегію концентрованого маркетингу.
2. Якщо сегментів декілька, при чому для кожного з яких окрема програма – стратегія диференційного маркетингу.
3. Якщо сегментів декілька, а компанія працює з ними за стандартною програмою – використовується масовий маркетинг.

Для продукту в даному стартап-проекті було обрано стратегію спеціалізації, вона передбачає концентрацію на потребах одного сегменту, який визначається цільовим, при чому без бажання охопити весь ринок. Основним ризиком даної стратегії визначається втрата конкурентоспроможності через низьку ринкову долі, у разі, якщо стратегія не спрацює.

| Обрана<br>альтернатива<br>розвитку проекту | Стратегія<br>охоплення ринку                    | Ключові<br>конкурентоспроможні<br>позиції відповідно до<br>обраної альтернативи | Базова стратегія<br>розвитку |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Державні і<br>приватні                     | - Конференції.<br>- Науково-<br>дослідні роботи | Schneider Electric,<br>Allen-Bradley, Phoenix<br>Contact                        | Стратегія<br>спеціалізації   |

|                          |                             |  |  |
|--------------------------|-----------------------------|--|--|
| енергетичні підприємства | - Виставки<br>- Презентації |  |  |
|--------------------------|-----------------------------|--|--|

Для розробки ринкової стратегії, необхідно визначити базові стратегії конкурентної поведінки. Для цього необхідно визначити:

1. Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?
2. Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих конкурентів?
3. Чи буде компанія копіювати основні характеристики повару конкурента, і які?
4. Стратегія конкурентної поведінки.

Стратегію конкурентної поведінки для даного стартап проекту було обрано стратегію лідера, залежно від якої буде здійснюватися розширення первинного попиту, стратегія наступальна. Тобто компанія буде займатися тим, що розширювати свою владу і збільшення попиту. Також необхідно стратегія визначає захоплення значної частки ринку.

| Чи є проект «першопрохідцем» на ринку? | Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих конкурентів? | Чи буде компанія копіювати основні характеристики повару конкурента, і які?              | Стратегія конкурентної поведінки |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Ні                                     | Шукати нових і забирати вже існуючих у інших конкурентів.                    | Копіювання не буде, але звісно деякі характеристики будуть мати спільний характер, через | Стратегія лідера                 |

|  |  |                             |  |
|--|--|-----------------------------|--|
|  |  | спільну сферу застосування. |  |
|--|--|-----------------------------|--|

Наступним визначальним елементом є визначення стратегії позиціонування, для неї необхідно оцінити, які цільова група висуває вимоги до продукту, базову стратегію розвитку, конкурентоспроможність проекту та вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту.

| Вимоги до товару цільової аудиторії                   | Базова стратегія розвитку  | Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту     | Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту.                                                                               |
|-------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ефективність котлоагрегату                            | Конкурентне позиціонування | Реалізована система, яка надає більшу ефективність котлоагрегату. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Висока надійність,</li> <li>- Сучасне обладнання.</li> <li>- Повна автоматизація процесу.</li> </ul>            |
| Швидкий та результативний контроль параметрів системи | Конкурентне позиціонування | Швидка підтримка системи та забезпечення функціонування           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Швидке реагування</li> <li>- Надання будь-якої підтримки</li> <li>- Якісне ПЗ</li> </ul>                        |
| Модернізація системи                                  | Конкурентне позиціонування | Швидке масштабування системи                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Масштабування системи</li> <li>- Збільшення функціоналу</li> <li>- Швидке відновлення роботи системи</li> </ul> |

|                               |                            |                               |                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ремонт та заміна устаткування | Конкурентне позиціонування | Якісне обслуговування системи | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Швидка робота</li> <li>- Якісне обладнання</li> <li>- Заміна устаткування оригінальним обладнанням від виробника</li> </ul> |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Для формування маркетингової програми стартап-проекту першим кроком необхідно визначити ключових переваг концепції потенційного товару. Оцінюється це за такими показниками: потреба, вигода, яку пропонує продукт, ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити).

| Потреба                                               | Вигода, яку пропонує товар                                                                                                                    | Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)                              |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ефективність котлоагрегату                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Висока надійність,</li> <li>- Сучасне обладнання.</li> <li>- Повна автоматизація процесу.</li> </ul> | Збільшена кількість продукції, вигідніше з матеріальною точки зору підприємство, вклад у ріст ВВП країни. |
| Швидкий та результативний контроль параметрів системи | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Швидке реагування</li> <li>- Надання будь-якої підтримки</li> <li>- Якісне ПЗ</li> </ul>             | Потужний процесор, сучасна система, сучасне обладнання з гарантованим обслуговуванням.                    |
| Модернізація системи                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Масштабування системи</li> </ul>                                                                     | Кваліфіковані кадри, які швидко налагодять                                                                |

|                               |                                                                                                                                                                      |                                                                  |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Збільшення функціоналу</li> <li>- Швидке відновлення роботи системи</li> </ul>                                              | систему, без втрати продуктивності підприємства.                 |
| Ремонт та заміна устаткування | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Швидка робота</li> <li>- Якісне обладнання</li> <li>- Заміна устаткування оригінальним обладнанням від виробника</li> </ul> | Заміна обладнання тільки на оригінальну продукцію від виробника. |

Надалі необхідно розробити трирівневу модель в якій уточнюється основна ідея створення продукту, складові продукту, особливості.

| Рівні товару                 | Сутність та складові                                                                        |      |          |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|
| Товар за задумом             | Система автоматизації керування водопарового тракту котлоагрегату в надкритичних параметрах |      |          |
| Товар у реальному виконанні. | Властивості                                                                                 | М/Нм | Вр/Тх/Тл |
|                              | 1. Масштабованість                                                                          | М    | Тл/К     |
|                              | 2. Кількість керувальних сигналів                                                           | М    | Тл/К     |
|                              | 3. Кількість блокувальних сигналів                                                          | М    | Тл/К     |
|                              | Марка: Boiler steam control system automation system in supercritical parameters            |      |          |
| Товар із підкріпленням       | До продажу: Тестовий екземпляр                                                              |      |          |
|                              | Після продажу: Готова система                                                               |      |          |

За рахунок демонстрації тестового екземпляру, без уточнень самої реалізації потенційний товар буде захищено від копіювання.

Наступним кроком було визначені цінові меді, яким необхідно слідувати, серед цінових меж виділено:

1. Рівень цін на товари-замінники.
2. Рівень цін на товари-аналоги.
3. Рівень доходів цільової групи споживачів.
4. Верхня та нижня межі встановлення ціни на продукт

| Рівень цін на товари-замінники | Рівень цін на товари-аналоги | Рівень доходів цільової групи споживачів | Верхня та нижня межі встановлення ціни на продукт |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 50000\$                        | 50000\$                      | 100000\$                                 | 39000 – 50000\$                                   |

Також було визначено формування системи збуту, в межах якого приймаються важливі рішення, а саме, необхідно вирішити, яким чином проводити збут залучаючи інвесторів, чи намагатись реалізувати це своїми силами, також це дає змогу визначитись з посередниками.

У формуванні системи збуту, визначаються специфіка закупівлі, яка функції виконує постачальник товару, канал збуту, а також оптимальна система збуту.

| Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів | Функції збуту, які має виконувати постачальник товару                                                                     | Глибина каналу збуту                            | Оптимальна система збуту                      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Продукт купується тільки у виробника                | <ul style="list-style-type: none"><li>- Контакт з споживачами, інвесторами</li><li>- Знати постійно ситуацію на</li></ul> | Виробник продає товар клієнту (нульовий рівень) | Презентувати споживачам та інвесторам продукт |

|  |                                                                                                                                                                                                                 |  |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  | <p>ринку,<br/>сучасні<br/>тенденції та<br/>зміни</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Просування<br/>товару</li> <li>- Відповідність<br/>товару до<br/>вимог<br/>інвесторів і<br/>споживачів</li> </ul> |  |  |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

Останньою складовою є концепція маркетингових комунікацій.

| Специфіка поведінки цільових клієнтів                                                                        | Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти                                                                                                                 | Ключові позиції, обрані для позиціонування                                            | Завдання рекламного повідомлення                                               | Концепція рекламного звернення    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Інформування клієнтів відбувається на: ярмарках, конференціях, презентаціях, форумах, ЗМІ, соціальні мережі. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ярмарки</li> <li>- конференції</li> <li>- презентації</li> <li>- форуми</li> <li>- ЗМІ</li> <li>- соціальні мережі</li> </ul> | Надійність, швидкість, можливість розширення функціоналу, здатність до масштабування. | Зацікавити інвесторів та споживачів, розрекламувати продукт на світовій арені. | Розвиток інноваційної діяльності. |

#### 4.5. Висновки

Проект забезпечує швидке, точне та якісне керування системою водопарового тракту котлоагрегату. Завдяки автоматизації роль людини мінімальна і зводиться до слідкування за параметрами у SCADA-системі.

За рахунок патентів та підвищеної надійності проект, який запатентований та захищений авторськими правами є унікальним.

Проаналізувавши рівень цін, розрахувавши кошторис на обладнання, визначено, що товари-замінники (близько 50 000\$), товари-аналоги (50 000\$) та рівень доходів цільової групи споживачів (близько 100 000\$), було встановлено нижню 39 000\$ та верхню 50 000\$ межі встановлення ціни на товар, що дає перевагу над конкурентами.

## **5 ВИСНОВКИ**

В магістерській дисертації була розроблена система автоматизації керуванням водопаровим трактом котлоагрегатом в надкритичних параметрах.

Розроблена система, яка відповідає всім сучасним нормам. Всі дії є автоматизованими і налагодженими. Оператор не виконує жодної механічної

роботи, тільки слідує за системою за допомогою панелей керування і у разі необхідності виконує дії для налагодження роботи котлоагрегату або усунення неполадок.

Автоматичне керування водопаровим трактом котлоагрегату в надкритичних параметрах здійснюється за допомогою контролера, який запрограмований для керування іншим необхідним в даній ситуації устаткуванням. Відповідає всім вимогам надійності, є довготривалим у роботі, точним у своїх обчисленнях та має зрозумілі інструменти у його керуванні.

Для розробки системи водопарового тракту котлоагрегату використовувалися датчики вимірювання температури живильної води, витрати живильної води, температури пари, витрати перегрітої пари. Для того, щоб вимірювати температуру живильної води використовується термопара, яка має підходити до температури живильної води, все це визначається із специфікації приладів.

Для вимірювання температури пари використовується термопара, яка може використовуватися в діапазоні у якій входить значення параметру температури пари. В даній системі автоматизації керуванням водопаровим трактом в надкритичних параметрах нараховується 16 термопар для вимірювання температури пари.

Для вимірювання витрати живильної води використовується витратомір. Для вимірювання витрати пари використовується ультразвуковий витратомір. Звісно, що діапазон температур для середовища, які вимірюють витратоміри, має включати в себе значення параметру для даного котлоагрегату.

Для нормальної безаварійної роботи котлоагрегату в процесі експлуатації існують певні вимоги до ведення технологічного процесу і вибору параметрів, які характеризують стан об'єкта управління.

Параметри, зміна яких в деяких межах може призвести до аварійного стану обладнання, контролюються і у разі необхідності є сигналізування в системах візуалізації технологічних параметрів в мікропроцесорних контролерах.

Система управління функціонує повністю як в автоматичному, так і в частково – ручному режимі. Ручний режим роботи здійснюється з пульта оператора.

Рішення комплексу задач, які виконуються системою управління проходять безперервно, паралельно з роботою котельного відділення.

Призначенням створюваної системи є:

- Підтримання температури живильної води;
- Підтримання витрати живильної води;
- Підтримка температури насиченої пари;
- Керування регулюючим органом в ручному та автоматичному режимах;
- Реалізації функцій сигналізації та технологічного захисту;
- Здійснення обміном інформації з верхнім рівнем автоматичної системи управління технологічним процесом;
- Ведення бази даних та звіту подій.

Регулювання температури пари відбувається за допомогою живильної води, яка надходить до пароохолоджувачів, які впорскують живильну воду, коли необхідно зменшити температуру. Все це зображено на мнемосхемі, які виконана в середовищі InTouch WonderWare. Вибір саме цього середовища був здійснен через можливість використання великої кількості тегів, простоту у використанні та досвід роботи з нею.

Імітаційне моделювання реалізоване за допомогою InTouch, Codesys, MatLab Simulink.

Є система алармів, які інформують коли якийсь параметр вийшов за межі допустимих значень.

Розрахунки проводились у середовищі Matlab, здійснювався синтез цифрових систем керування з цифровим регулятором за допомогою білінійного перетворення.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. А. В. Волошенко Принципиальные схемы паровых котлов и топливоподач, - Томск: Изд-во Томского политехнического института, 2011.
2. Каталог продукції Phoenix Contact [Електронний ресурс]/ // PHOENIX CONTACT в Україні ТОВ „Фенікс Контакт”.—2020.
3. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. – К.: «Либідь», 2007 – 656 с.

4. Впорскуючі пароохолоджувачи [Електронний ресурс] - Режим доступу: \WWW/ URL: <http://tesiaes.ru/?p=7287>.
5. Парові котли [Електронний ресурс] — Режим доступу: \WWW/ URL: <http://toplivopodacha.ru/vertical-steam-boilers.html>
6. Бенджамін Куо, [Електронний ресурс] – Режим дрступу: <http://physicsbooks.narod.ru/Physik/Kuo.pdf>
7. Плетнев Г.П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электростанций.