

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ
УПРАВЛІННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри КСУ
_____ П. Леонт'єв
_____ 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему:

«Автоматизація котла КВГМ-180»

Дипломний проект

Виконав:
студент групи СУдн-81п

М. І. Лесенко

Керівник проекту:
доцент, к.ф.-м.н.

С. В. Соколов

СУМИ 2022

№ строчки	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	№ екз.	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>			
2			Знову розроблена			
3						
4	A4		Реферат	2		
5	A4		Технічне завдання	3		
6	A4	СУдн-81П.151.04.ПЗ	Пояснювальна записка	50		
7						
8			Примінена			
9						
10	A4		Завдання	2		
11						
12			<u>Документація конструкторська</u>			
13			Знову розроблена			
14						
15	A4	СУдн-81П.151.04.A1	Схема автоматизації котла	1		
16	A4	СУдн-81П.151.04.A2	Схема автоматизації подачі газу на запальник	1		
17	A4	СУдн-81П.151.04.A3	Блок-схема алгоритму керування котлом	1		
18						
19						
20						
21						
22						
23			<u>Документація по плакатам</u>			
24			Знову розроблена			
25						

					<i>СУдн-81П.151.04.ДП</i>			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Лесенко М. І.				Автоматизація котла КВГМ-180. Відомість проекту	Лім.	Лист	Листів
Керівник	Соколов С. В.						2	1
Рецензент						Гр.СУдн-81П		
Н.контроль								
Затвердив								

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: “Комп’ютеризованих систем управління”

Спеціальність: 151-«Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри КСУ
_____ П. Леонтєв

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра (дипломний проект) студенту

Лесенку Микиті Ігоровичу

1. Тема проекту:

Автоматизація котла КВГМ-180

затверджена наказом по університету від “_10_” червня 2022 р. №0433-VI

2. Термін здачі студентом закінченого проекту 15.06.2022 р.

3. Початкові дані до проекту: Завдання кафедри, технічне завдання на

проекткування, матеріали переддипломної практики.

4. Зміст записки пояснення

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА;

2. ОПИС ОБ’ЄКТУ УПРАВЛІННЯ;

3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБ’ЄКТОМ;

4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП.

5. Перелік графічного матеріалу

1. *Схема автоматизації котла*

2. *Схема автоматизації подачі газу на запальник*

3. *Блок-схема алгоритму керування котлом*

6. Дата видачі завдання

16.05.22 р.

Керівник проекту

С. В. Соколов

Прийняв до виконання

М. І. Лесенко

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту	Терміни виконання етапів проекту	Приміт.
1	ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	26.05.22–27.05.22	
2	ОПИС ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ	27.05.22–31.05.22	
3	РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ	31.06.22–02.06.22	
4	РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	02.06.22–03.06.22	
5	РОЗРОБКА ГРАФІЧНОЇ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ПРОЕКТУ	03.06.22–12.06.22	
6	ОФОРМЛЕННЯ ПЗ, ГРАФІЧНИЙ КОНСТРУКТОРСЬКІЙ ДОКУМЕНТАЦІЇ	12.06.22–13.06.22	
7	ЗДАЧА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ КЕРІВНИКОВІ	13.06.22–14.06.22	
8	ЗДАЧА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ НА РЕЦЕНЗІЮ	14.06.22–15.06.22	

Студент-дипломник

М. І. Лесенко

Керівник проекту

С. В. Соколов

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на проектування
автоматизації котла КВГМ-180

Розробник:
студент групи СУдн-81п

М. І. Лесенко

Погоджено:
керівник проекту:
доцент, к.ф.-м.н.

С. В. Соколов

Суми – 2022

1. Найменування розробки:

Автоматизація котла КВГМ-180

2. Область застосування пристрою:

Функції контролю, індикації, сигналізації та регулювання були реалізовані за допомогою контролера Freelance ABB AC900F. Окрім цього, для спрощення зв'язку між даючим пристроєм та контролером, датчики були обрані цього ж виробника. Був проведений розрахунок точності вимірних каналів.

3. Мета і призначення розробки:

За результатами розрахунків спроектовані канали повністю задовільняють поставленим вимогам. Також проведено розрахунок надійності виконання різних функцій даною системою. За їх результатами АСР виконує всі свої функції з високою точністю та надійністю.

4. Джерела розробки:

1. Плетнев Г.П. Автоматизированные системы управления объектами тепловых электро- станций: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Изд-во МЭИ, 2018. – 352 с.

2. Демченко В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС. – О.: «Астропринт», 2018.

3. ГОСТ 12.2.003-74 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

4. СНиП 2.01.02-85. Строительные нормы и правила. Противопожарные нормы проектирования домов и сооружений.

5. СН 245-71. Строительные нормы. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

6. Інструкції щодо експлуатації водогрійного котла КВГМ-180, ALSTOM POWER s.r.o., 2019.

7. Інструкції щодо експлуатації водогрійного котла КВГМ-180. Окремі засоби. (Книга 2) ALSTOM POWER s.r.o., 2017.

8. Каталог Московского завода тепловой автоматики, Москва, 2002.
9. Плетнев Г. П. Автоматическое регулирование и защита теплоэнергетических установок. Учебник для энергетических и энергостроительных техникумов. Изд. 2-е, перераб. и доп., М., «Энергия», 2017. - 424 с., ил.
10. Збірник функціональних і структурних схем типових промислових АСР – К.: КПІ, ТЕФ, АТЕП, 2017. – 15 с
11. Збірник функціональних і структурних схем типових промислових АСР – К.: КПІ, ТЕФ, АТЕП, 2018. – 15 с.
12. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат. 1985. – 296 с., ил.
13. Автоматизированное проектирование систем управления / Под ред. М. Джамшиди и др.; Пер. с англ. В.Г. Дунаева и А.Н. Косилова – М.: Машиностроение, 2019. – 344 с.
14. Гостев В.И., Стеклов В.К., Скляренко С.Н. Оптимальные системы управления с цифровыми регуляторами: Справочник. – К.: КИРЦ «Сенс», 2018. – 484 с.
15. Елизаров Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 2019. – 264 с.

РЕФЕРАТ

Лесенко Микита Ігорович. Автоматизація котла КВГМ-180. Кваліфікаційна робота бакалавра (дипломний проект). Сумський державний університет. Суми, 2022р.

Кваліфікаційна робота бакалавра (дипломний проект) містить 50 листів пояснювальної записки, що включають 15 малюнків і 8 таблиць; графічну конструкторську документацію, що включає 3 креслення та презентацію.

Ключові слова: газ, контролер.

Робота присвячена автоматизації котла КВГМ-180. Розроблено технічне завдання. Розглянута загальна частина, описано об'єкт управління, розроблено систему управління об'єктом. У результаті, представлений комплект конструкторської документації, що задовольняє всім поставленим завданням.

THE ABSTRACT

Lesenko Nikita Igorovich. The automation of the KVGM-180 boiler. Bachelor's thesis (diploma project). Sumy State University. Sumy, 2022

The bachelor's thesis (diploma project) contains 50 letters of explanatory note, including 15 figures and 8 tables; graphic design documentation, including 3 drawings and a presentation.

Key words: gas, controller.

The work is devoted to the automation of the boiler KVGM-180. The technical task is developed. The general part is considered, the object of management is described, the system of management of object is developed. As a result, a set of design documentation is presented that satisfies all the tasks.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ
УПРАВЛІННЯ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра (дипломного проекту)

на тему:

“ Автоматизація котла КВГМ-180 ”

Виконав:
студент групи СУдн-81п

М. І. Лесенко

Керівник проекту:
доцент, к.ф.-м.н.

С. В. Соколов

СУМИ 2022

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	5
1.1. Сучасний стан галузі.....	5
1.2. Опис технологічної схеми об'єкту управління.....	6
1.3. Загальна постановка задачі	9
2. ОПИС ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ.....	10
2.1. Характеристика технологічного об'єкту управління.....	10
2.2. Призначення і функції створюваної системи.....	13
2.3. Вимоги до реалізації функцій системи управління об'єктом.....	16
3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ.....	18
3.1. Функціональна структура системи управління об'єктом.....	18
3.2. Розрахункова частина.....	20
3.3. Зняття розгінних характеристик.....	20
3.4. Розрахунок каскадної системи регулювання.....	26
3.5. Розробка технічного забезпечення системи управління.....	31
3.6. Автоматичне регулювання та технологічний контроль.....	35
3.7. Розробка та моделювання програмного забезпечення системи управління	40

					СУдн-81П.151.04.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Автоматизація котла КВГМ-180. Пояснювальна записка	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
Розроб		Лесенко М. І.				2	50	
Перев		Соколов С. В.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Гр. СУдн-81П								

4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	47
ВИСНОВОК.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	49

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		3

ВСТУП

Актуальність теми. Рівень автоматизації технологічних процесів є вирішальним фактором в підвищенні ефективності і надійності виробництва, якості продукції, що виробляється, економії сировини та матеріалів, що витрачаються, захисту навколишнього середовища.

Мета і завдання роботи. Метою роботи є розробка автоматизованої системи керування котлоагрегатом КВГМ-180. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні завдання:

-Виконати аналіз особливостей функціонування водогрійного котла КВГМ-180 та розробити схемотехнічні рішення системи автоматизованого управління котлом КВГМ-180.

-Розробити систему автоматичного регулювання роботи котла, яка повинна здійснювати управління подачею, температурою та тиском води, палива і повітря в умовах нерівномірності процесу горіння палива.

Об'єкт та предмет роботи. Об'єктом автоматизації є котлоагрегат типу КВГМ-180. Котлоагрегат призначений для покриття піків теплофікаційних навантажень ТЕЦ для опалення виробничих та житлових будівель, а також об'єктів соціального та культурно-побутового призначення. Предметом в даній роботі є основні параметри котлоагрегату, які необхідно контролювати для досягнення бажаного результату, а саме температура, тиск, витрату та вміст кисню у димових газах.

Наукова новизна одержаних результатів. В роботі було створено алгоритми і програмне забезпечення для розрахунку оптимальних параметрів і режимів роботи котла, що враховують витрату повітря та палива, а також аналізують результат згорання для зниження витрати палива та підвищення екологічності роботи.

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Сучасний стан галузі

З появою сучасних систем автоматизації котлового обладнання актуальною стає завдання модернізації систем автоматики даних котлів. Впроваджена ще в 70-80-х рр минулого століття котельня автоматика кардинально не відповідає вимогам існуючих на сьогоднішній день Державних Будівельних Норм України та правил безпеки. Не виконуються вимоги контролю герметичності газових блоків, автоматичного (без участі оператора) розпалювання пальників котла, автоматичного регулювання параметрів. Як правило, всі системи працюють в ручному режимі, що абсолютно неприпустимо за вимогами безпеки. Крім того, ручне регулювання потужності котла і параметрів горіння, а саме співвідношення паливо / повітря, призводить до неефективного використання палива в режимах надлишку або нестачі повітря для горіння.

Основні вимоги до систем автоматики котла.

Автоматика котла КВГМ-180 при роботі на газовому паливі відповідно до керівництва по експлуатації, правилами безпеки повинна забезпечувати:

- автоматичну перевірку герметичності газових клапанів;
- автоматичне розпалювання пальників котла;
- захисне відключення при підвищенні / зниженні тиску газу перед пальниками, тиску води на виході котла;
- захисне відключення при зниженні тиску повітря перед пальником, розрядження в топці, витрати води через котел;
- захисне відключення при згасанні факела в топці;
- захисне відключення при припиненні подачі електроенергії або зникненні напруги на пристроях дистанційного і автоматичного управління і засоби вимірювань;

Крім реалізації всіх обов'язкових вимог автоматика виконує:

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

- автоматичне регулювання потужності котла;
- автоматичне плавне регулювання співвідношення паливо / повітря, розрідження в топці котла, температури води, що надходить на вхід котла;
- управління і захист котла при роботі на резервному рідкому паливі.

1.2. Опис технологічної схеми об'єкту управління

Автоматизована система управління котлом реалізує завдання управління технологічним процесом і інформаційного обслуговування експлуатуючого персоналу. Структура автоматизованої системи управління є ієрархічною і розподіленою.

На нижньому рівні АСУ розташовуються датчики тиску, перепаду тиску, температури, рівня, витрати, виконавчі механізми, а також засоби дистанційного керування (місцеві пости) виконавчими механізмами (засувками, клапанами і ін.), що дозволяють оператору вести технологічний процес в ручному режимі або в процесі налагодження.

На середньому рівні реалізується логіка управління системи. На ньому розташований її основний модуль, який базується на промисловому програмованому контролері. Даний модуль виконує функції збору, обробки інформації, управління, регулювання та захисту котла від позаштатних ситуацій, подачі попереджувальних і аварійних сигналів, блокування, видачі сигналів в штатну котельню автоматику. Конструктивно контролер з необхідними блоками, модулями і релейно-контакторною апаратура управління виконавчими пристроями встановлені в шафі. На лицьовій стороні шафи закріплена панель для відображення параметрів.

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		6

Схемою автоматики шафи реалізується:

- контроль температури води на вході і виході котла;
- контроль температури газів, що відходять;
- контроль вмісту O₂, CO₂ у димових газах;
- контроль тиску повітря після дуттєвого вентилятора;
- контроль тиску газу перед пальниками;
- контроль тиску газу після регулюючого клапана;
- контроль тиску рідкого палива;
- контроль згасання основного факела і факела запальника;
- контроль розрідження в топці;
- контроль витрати води через котел;
- контроль герметичності клапанів;
- контроль положення виконавчих механізмів регуляторів;
- автоматичне регулювання витрати води через котел;
- автоматичне регулювання температури води на виході котла (подачею палива, що спалюється на котел);
- автоматичне регулювання тиску повітря на горіння в залежності від тиску газу відповідно або з урахуванням сигналів газоаналізатора;
- автоматичне регулювання розрядження в топці котла;
- автоматичне регулювання знесолення і автоматична продувка;
- динамічну підтримку максимального ККД котла в усьому діапазоні його навантажень в автоматичному цілодобовому режимі;
- ведення протоколу параметрів технологічного процесу протягом усього часу з подальшим записом в архів для аналізу;
- 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

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

дистанційного керування основним модулем контролера шляхом прямого регулювання або зміни параметрів і уставок регулювання.

Технічним засобом реалізації верхнього рівня є автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора на базі комп'ютера зі спеціальним програмним забезпеченням. АРМ встановлюється на центральному посту управління котельні і пов'язана з контролером по мережі Ethernet.

Крім зазначених вище функцій, верхній рівень АСУ забезпечує наступне:

- перегляд архівної інформації за вказаний проміжок часу;
- окремий архів тривог;
- розрахунок і архівування валових викидів СО в атмосферу;
- облік спожитого палива і електроенергії;
- облік виробленої теплової енергії;
- автоматичне регулювання температури води на виході з котла (подачею палива, що спалюється на котел) з точністю $\pm 0,5$ °С;
- автоматичний розпал котла;
- автоматичну перевірку герметичності газової запірної арматури;
- автоматичний прогрів котла з холодного стану;
- агрегатний облік енергоресурсів і виробленої теплової енергії;
- регулювання технологічних параметрів роботи котельної установки за сигналами газоаналізаторів;
- зберігання архівних даних протягом року;
- контроль роботи оперативного персоналу шляхом запису в пам'ять дати і часу всіх перемикань, що виконуються операторами.

На екрані АРМ оператора котельні забезпечується надання інформації про поточний стан котлів і всіх об'єктів управління, про вимірних значеннях контрольованих параметрів, а також про спрацьовування захистів. Зміст всіх баз даних в будь-який момент може бути переглянуто оператором.

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1.3. Загальна постановка задачі

АСУ ТП котла КВГМ-180 має бути сучасною системою керування, яка побудована на базі мікропроцесорної техніки. Пуск котла, робота в базовому режимі і при зміні навантаження повинні бути повністю автоматизовані. Участь машиніста в процесі пуску котла має бути мінімальною і визначатись виключно правилами безпеки в газовому господарстві (відкриття головної газової засувки і відкриття засувки запального газу має виконуватись машиністом котла з місцевого пульта керування, розташованого безпосередньо біля цих засувок).

У відповідності до технічного завдання АСУ ТП котла КВГМ-180 має бути реалізована на базі програмованих контролерів фірми «АВВ». Вони точні в обчисленні даних, довготривалі у роботі, надійні.

Верхній рівень системи має складатись із трьох операторських робочих станцій і одної інструментальної (інженерної) робочої станції.

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		9

2. ОПИС ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ

2.1. Характеристика технологічного об'єкту управління

Технологічним об'єктом управління є водогрійний газо-мазутний котел КВГМ-180 теплопродуктивністю до 180 Гкал/год (209,5 МДж/с), що працює під тиском води до 2,45 МПа. Водогрійний котел призначений для нагрівання води, яка використовується для гарячого водопостачання і опалювання. Вода, що йде до споживача, називається прямою, а що повертає назад від споживача в котел – зворотною. Вода використовується хімічно очищена, оскільки розчинені гази (кисень і вуглекислий газ), що містяться в природній воді, руйнують метал котельного агрегату і трубопроводи. Також використання природної води приводить до відкладення накипу, який викликає перегрів металу через погіршення відведення тепла. Для поповнення неминучих втрат води, потрібна вода для підживлення зворотної води. Живильна вода застосовується хімічно очищена. Нагрів води відбувається за рахунок тепла, що виділяється при спалюванні палива. Вода в котел надходить з температурою 70 °С – 110 °С і нагрівається до температури 150°С.

Вхідні продукти – вода, повітря, газ. Готовий продукт – гаряча вода. Вода, що поступає в котел, проходить хімічне очищення і деаерацію, і не повинна містити солі, гази. Основні показники води після очищення що поступає в котел: солевміст 245 мг/кг, лужність $pH=7$, вміст вуглекислоти недопустимий, вміст O_2 до 30 мг/кг, густина $\rho=1006,7$ кг/м³. Газ використовується природний. Газовим паливом є суміш горючих і негорючих газів (метан, етан, пропан, бутан, водень, окисел вуглецю, азот, вуглекислий газ, кисень). Основним елементів газової суміші є метан. Теплота згорання: $Q=8500-9500$ ккал/м³. Споживання газу: до 24 тис. м³/год. Готовим продуктом є вода з температурою 150 °С, витратою 2210- 4420 т/ч (613,9-1228 кг/с). Ця вода використовується для гарячого водопостачання і опалювання.

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

До пальника котла підводяться газ і повітря. Повітря подається вентилятором. Горюча суміш, яка утворюється в пальнику, згорає і віддає тепло в топкову камеру. В результаті процесу горіння утворюються газоподібні продукти – димові гази. Їх відсмоктує димосос, а потім викидає в атмосферу. Спалювання здійснюється факельним способом. При спалюванні газу необхідно забезпечити: хороше попереднє перемішування газу з повітрям, ведення процесу з малими надлишками повітря, розділення потоку суміші на окремі струмені. Підігрівання газоповітряної суміші і хімічна реакція горіння протікають дуже швидко. Основним чинником тривалості горіння є час, витрачений на перемішування газу з повітрям в пальнику. Для процесу горіння димососом створюється необхідне розрідження і забезпечується повне видалення продуктів згорання. Якщо досягти правильного співвідношення витрати повітря відповідно до подачі палива, процес спалювання здійснюватиметься з максимальною економічністю.

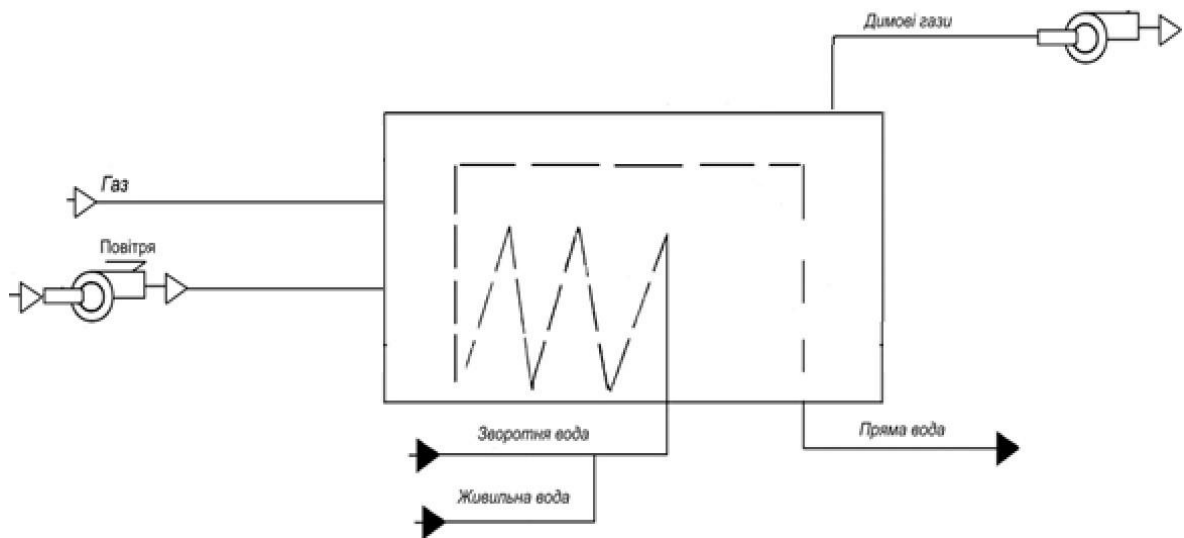


Рисунок 2.1 Зовнішній вигляд водогрійного котла KBGM-180

Водогрійний котел КВГМ-180 являє собою теплообмінний пристрій з примусовою циркуляцією води, обладнаний окремим димососом і вентилятором. Габаритні розміри: ширина котла - 14,4 м, довжина - 7,3 м, висота - 29,38 м.

Водогрійний котел КВГМ-180, як об'єкт автоматизації, має технічні характеристики, які представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Основні технічні характеристики котла КВГМ-180

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
Номінальна потужність котла	Гкал/год	180
	МВт	209
Тиск води	МПа	2,45
	кгс/см ²	24.5
Витрата палива:	м ³ /год	4420 2210
при максимальному навантаженні		
при мінімальному навантаженні		
Температура води на вході в котел:	°С	70-110 70-110
при роботі на газу		
при роботі на мазуті		
Температура води на виході з котла:	°С	150 150
при роботі на газу		
при роботі на мазуті		
Термін експлуатації котла	рік	30
Температура димових газів після котла повинна бути не нижче:	°С	80 200
при роботі на газу		
при роботі на мазуті		
Калорійність палива повинна бути не нижче	МДж/м ³ , МДж/кг	33,49
	Ккал/м ³ ,	8000
	Ккал /кг	
Коефіцієнт корисної дії при роботі на газу не нижче	%	93,5

2.2. Призначення і функції створюваної системи

Призначенням створюваної системи є:

- Підтримання режиму ефективного горіння палива в топці котла;
- Підтримання розрідження в топці котла на заданому рівні (-50 Па);
- Підтримання температури прямої мережевої води;
- Підтримання витрати прямої мережевої води;
- Керування регулюючим органом в ручному та автоматичному режимах;
- Реалізація функцій сигналізації та технологічного захисту;
- Здійснення обміну інформації з верхнім рівнем АСУ ТП;
- Відображення інформації про хід ТП на робочій станції оператора та на локальній панелі керування;
- Ведення бази даних та звіту подій.

Об'єктом автоматизації є котел КВГМ-180. Основною вимогою є його надійна і безпечна робота. Автоматизація котла повинна забезпечувати такі функції:

1. Функція контролю

Контролю підлягають такі параметри:

- 1) Температура зворотної мережевої води;
- 2) Температура прямої мережевої води;
- 3) Температура повітря;
- 4) Температура димових газів;
- 5) Тиск природного газу;
- 6) Тиск мазуту;
- 7) Тиск повітря;
- 8) Тиск прямої мережевої води;
- 9) Тиск зворотної води;
- 10) Тиск димових газів;
- 11) Витрата прямої мережевої води;

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

- 12) Витрата повітря;
- 13) Витрата природного газу;
- 14) Витрата мазуту;
- 15) Розрідження димових газів в топці котла;
- 16) Концентрація кисню в димових газах;

2. Функція регулювання

Регулюванню підлягають такі параметри:

- 1) Температура прямої мережевої води;
- 2) Тиск прямої мережевої води;
- 3) Витрата прямої мережевої води;
- 4) Витрата повітря;
- 5) Розрідження димових газів в топці котла;
- 6) Витрата природного газу;
- 7) Витрата мазуту;

3. Функція сигналізації

Технологічна сигналізація застосовується для оповіщення оперативного персоналу про:

- вихід фізичної величини за межі, які визначають надійність роботи обладнання;
- вихід фізичної величини за межі, які визначають безпечність роботи обладнання (аварійна сигналізація);
- попередження спрацьовування технологічного захисту;
- відмову окремих елементів обладнання;
- при втраті напруги у системі живлення; Сигналізація

забезпечується для таких параметрів:

- 1) Температура, тиск, витрата прямої мережевої води;
- 2) Температура димових газів;
- 3) Розрідження в топці котла;

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		14

- 4) Концентрація кисню димових газів;
- 5) Тиск, витрата природнього газу;
- 6) Тиск, витрата мазуту;

4. Функція блокування

Автоматичні захисти призначені для запобігання аварії обладнання у випадку відхилення параметрів за допустимі границі або при відмові окремих елементів устаткування.

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

При відхиленні вищезгаданих параметрів відбувається розрив ланцюга електромагнітного клапана, клапан зачиняється і припиняє подачу палива до пальників прямооточного котла КВГМ-180.

Технологічний захист використовується для забезпечення безпечної праці обслуговуючого персоналу та запобігання аварійних ситуацій, що призводять до часткових та повних зруйнувань елементів устаткування.

Блокування виконується для параметрів що регулюються:

1. Розрідження в топці котла;
2. Тиск палива.
3. Відключення димососу.
4. Тиск повітря.
5. Погасання факелу в топці котла.
6. Відключення дуттьового вентилятора.

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		15

2.3. Вимоги до реалізації функцій системи управління об'єктом

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 здійснюватись 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, швидкістю 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 розроблюється, є:

- Використання стандартних апаратних модулів ПЛК відомих фірм-виробників з добре налагодженою системою сервісного обслуговування;
- Використання базових програмних засобів реального часу (операційні системи) згідно зі стандартами Міжнародної електротехнічної

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		16

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 спеціалізованих пакетів SCADA провідних виробників таких систем, які підтримують протоколи, що використовуються в даній системі;

Середнє напрацювання на відмову повинно бути не менше:

- для інформаційної функції – 20000 год;
- для керуючої функції – 10000 год; Допустиме відхилення:
 - розрідження в топці котла від заданого значення, що не перевищує – 5 Па в сторону збільшення або зменшення;
 - витрати прямої мережевої води становить 500 кг/год в сторону збільшення або зменшення;
 - температура прямої мережевої води становить 15 °С в сторону збільшення або зменшення;
 - тиск прямої мережевої становить 0,2 МПа в сторону збільшення або зменшення.

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		17

3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ

3.1. Функціональна структура системи управління об'єктом

На нижньому рівні розв'язуються задачі контролю та безпосереднього цифрового керування.

Функції АСУ ТП слід відрізнити від функцій, виконуваних всім комплексом технічних засобів системи або його окремими пристроями. Вони можуть бути керуючими, інформаційними та допоміжними.

Функція керування реалізується на рівні регулювання. Тобто, на цьому рівні ми будемо проводити регулювання розрідження у верхній зоні топки котла, економічності горіння, теплового навантаження, вмісту кисню в димових газах програмованим контролером.

Інформаційні функції АСУ ТП — це функції системи по збору, обробці і наданню інформації про стан ТОУ оператору, або на наступну обробку в блок формування управляючих впливів. В процесі обробки інформації виконуються операції сумування, згладжування, обчислення непрямих показників, які не можуть бути визначені безпосередньо при контролі зіставлення поточних значень параметрів технологічного процесу із заданими. Тобто, здійснює введення сигналів датчиків, виведення сигналів управління на виконавчу апаратуру, візуалізація процесів та мнемосхеми, ведення алармів, ведення архівів, ведення системи звітності, обмін даними між верхнім і нижнім рівнем АСУ, вимірювання параметрів.

Одночасно можуть здійснюватися підготовка і передача інформації в суміжні системі управління, узагальнення результатів і прогноз стану ТОУ і технологічного обладнання. Відмінною особливістю управляючих і інформаційних функцій АСУ ТП являється їх направленість на конкретного споживача.

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		18

На верхньому рівні розв'язуються задачі:

- архівування подій;
- обчислення не вимірюваних технологічних параметрів;
- зведення матеріалів і енергетичних балансів;
- вироблення управлінь для запобігання розвитку аварійних подій;
- синхронізації та координації взаємодії технологічних операцій та обладнання.

До організації планування ТП відносяться комплекс операцій, що забезпечує ефективне завантаження обладнання та виконання планових завдань з максимальною швидкодією.

Синхронізація включає комплекс операцій для забезпечення співпадіння часу завершення і початку послідовних технологічних операцій.

Координація забезпечує ефективність функціонування декількох паралельних ТП в цілях максимально ефективного виробничого процесу. Функція координації параметрів відповідає за визначення оптимальних параметрів протікання процесу на верхньому рівні АСУ (адаптація) і застосування одного з режимів роботи в залежності від цих параметрів. В результаті визначення оптимального режиму роботи і оптимальних параметрів подається сигнал для регуляторів та інших приладів (нижній рівень).

Функція обміну інформацією допомагає реалізувати розподілений збір інформації, а також обмін даними між різними АСУ, що в свою чергу полегшує задачу інтеграції АСУ (наприклад АСУ ТП в АСУ всього підприємства). Для підтримки процесу згоряння палива з визначеним коефіцієнтом надлишку повітря α , повітря Q_v в топку подається за допомогою вентилятору ДВ.

Продукти згоряння, що утворюються в процесі горіння (димові газ), Q_r відсмоктуються з топки димососом і виводяться в атмосферу через димову трубу.

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		19

3.2. Розрахункова частина

Розрахунок параметрів налаштувань проведемо для контуру регулювання економічності процесу горіння, за схемою «паливо-повітря з коригувальним імпульсом за вмістом кисню в димових газах», який використовує ПІ-закон регулювання.

Оскільки допустимий діапазон зміни регульованого повітря досить вузький, то важливим критерієм якості регулювання є динамічний викид y_I . Його величина не повинна перевищувати 0,3 % O_2 при збуренні в 1 % PO . Дуже важливим показником якості регулювання від якого залежить економічна ефективність роботи АСР є час регулювання \square_p . Його величина не повинна перевищувати 500 с. Так як у реальних умовах роботи АСР параметри об'єкту керування і самого контролера можуть змінюватись під впливом різноманітних випадкових чинників, то АСР бажано повинна бути грубою. Будемо вважати що АСР є грубою, якщо відносний коефіцієнт чутливості при зміні параметрів об'єкту керування буде меншим за одиницю.

3.3. Зняття розгінних характеристик

Для опису даного ТОУ, з літературних джерел було взято дві криві розгону (витрата повітря та вміст кисню у димових газах), що розглядаються в роботі об'єкту управління.

Для початку розглянемо криву розгону для витрати повітря при вхідному впливі з боку заслінки на трубопроводі подачі палива, величиною 20%.

Крива розгону взята при роботі досліджуваного об'єкта при номінальному режимі.

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

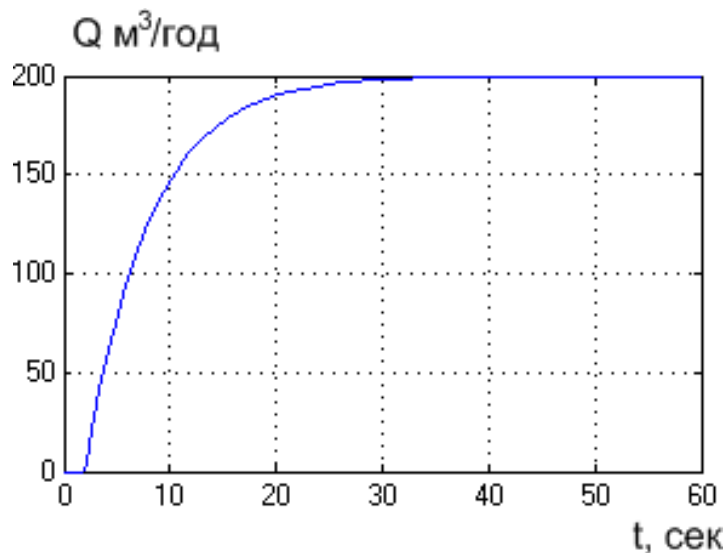


Рис. 3.1. Крива розгону котла при номінальному режимі по каналу «витрата повітря».

Крива розгону – зміна витрати повітря при збуренні положенням заслінки на трубопроводі газу.

Далі розглянемо криву розгону для вмісту кисню у димових газах при вхідному впливі збоку заслінки на трубопроводі подачі палива, величиною 20%.

Крива розгону взята при роботі досліджуваного об'єкта при номінальному режимі по каналу «вміст кисню в димових газах».

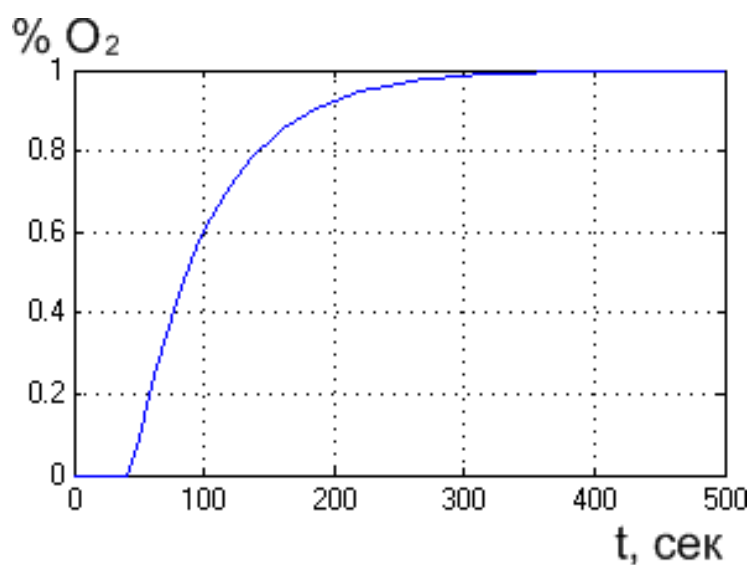


Рис. 3.2. Крива розгону котла при номінальному режимі по каналу

«ВМІСТ КИСНЮ В ДИМОВИХ ГАЗАХ»

Приведемо розгінну характеристику до прийнятого вигляду

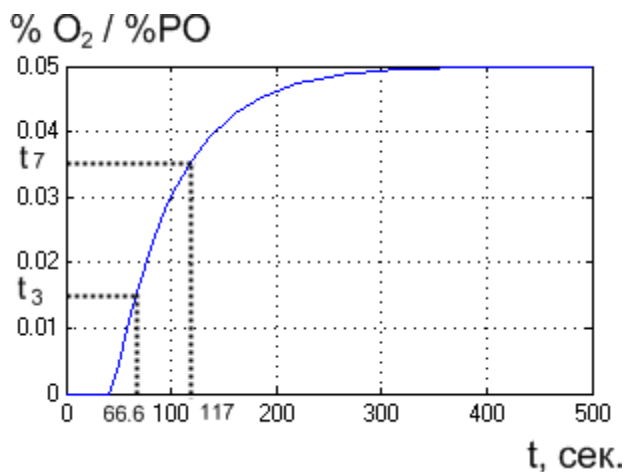


Рис. 3.3 Приведена перехідна характеристика по каналу «ВМІСТ КИСНЮ В ДИМОВИХ ГАЗАХ»

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Отримаємо перехідний процес в замкненій АСР з використанням пакету Matlab та розрахуємо показники якості перехідного процесу по каналам «завдання – вихід» та «збурення – вихід».

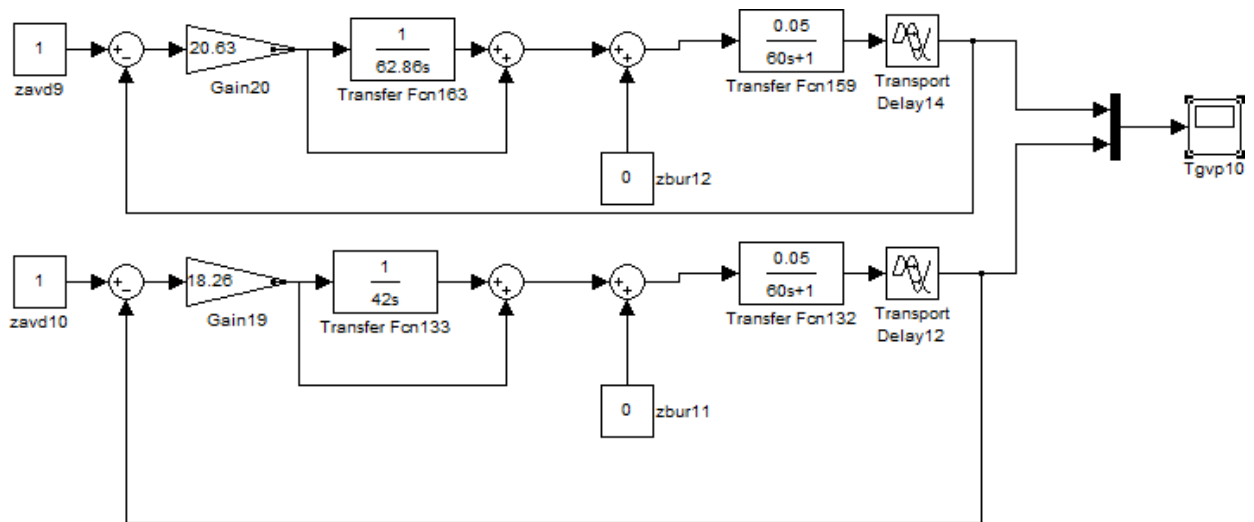


Рис. 3.4 Змодельована схема по каналу «завдання – вихід» в програмі

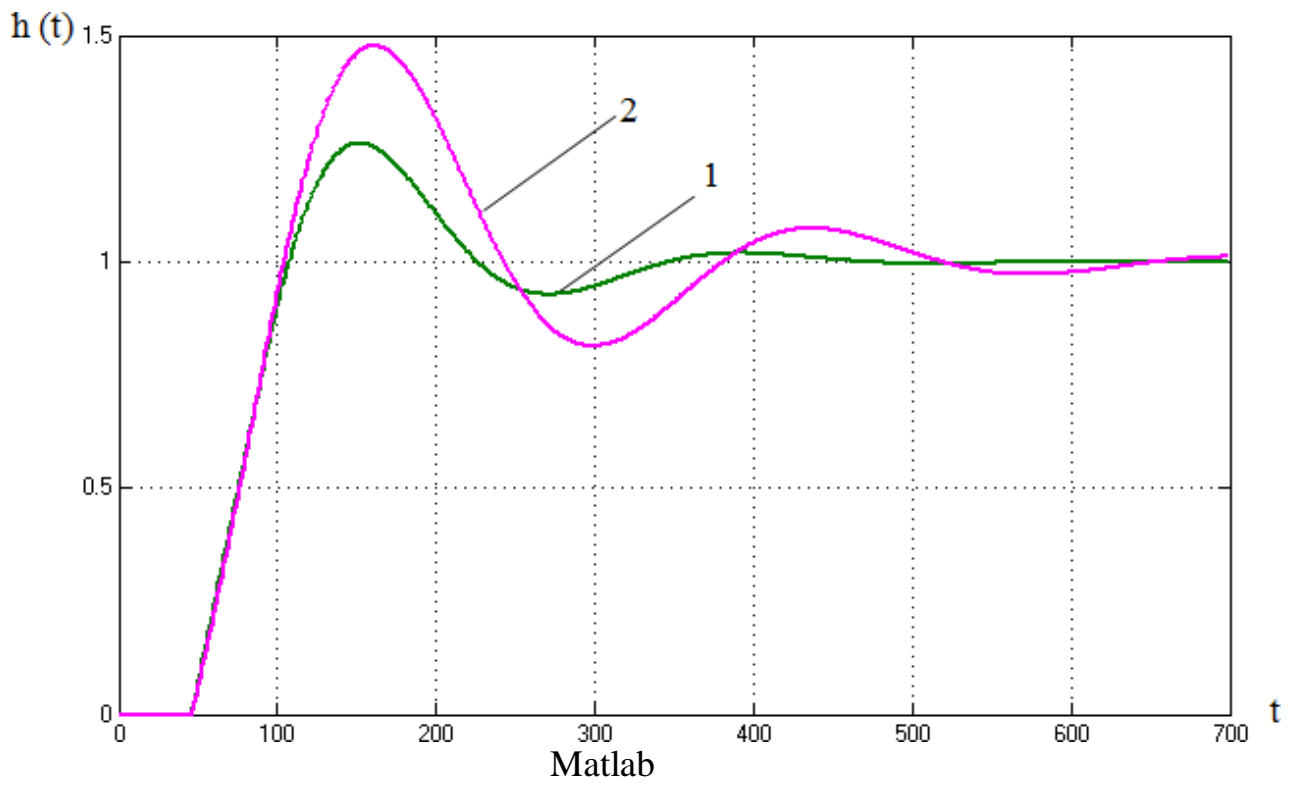


Рис. 3.5 Перехідні характеристики по каналу «завдання – вихід»; 1 – РАФХ, 2 – 20%-перерегулювання

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

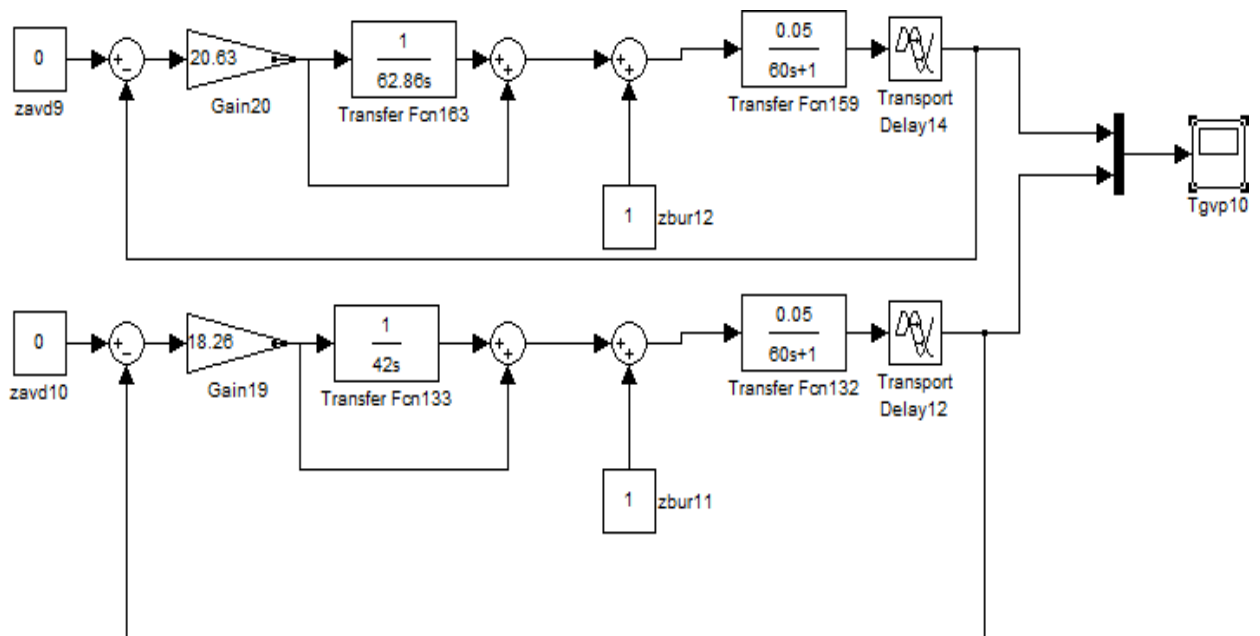


Рис. 3.6 Змодельована схема по каналу «збурення – вихід» в програмі

Matlab

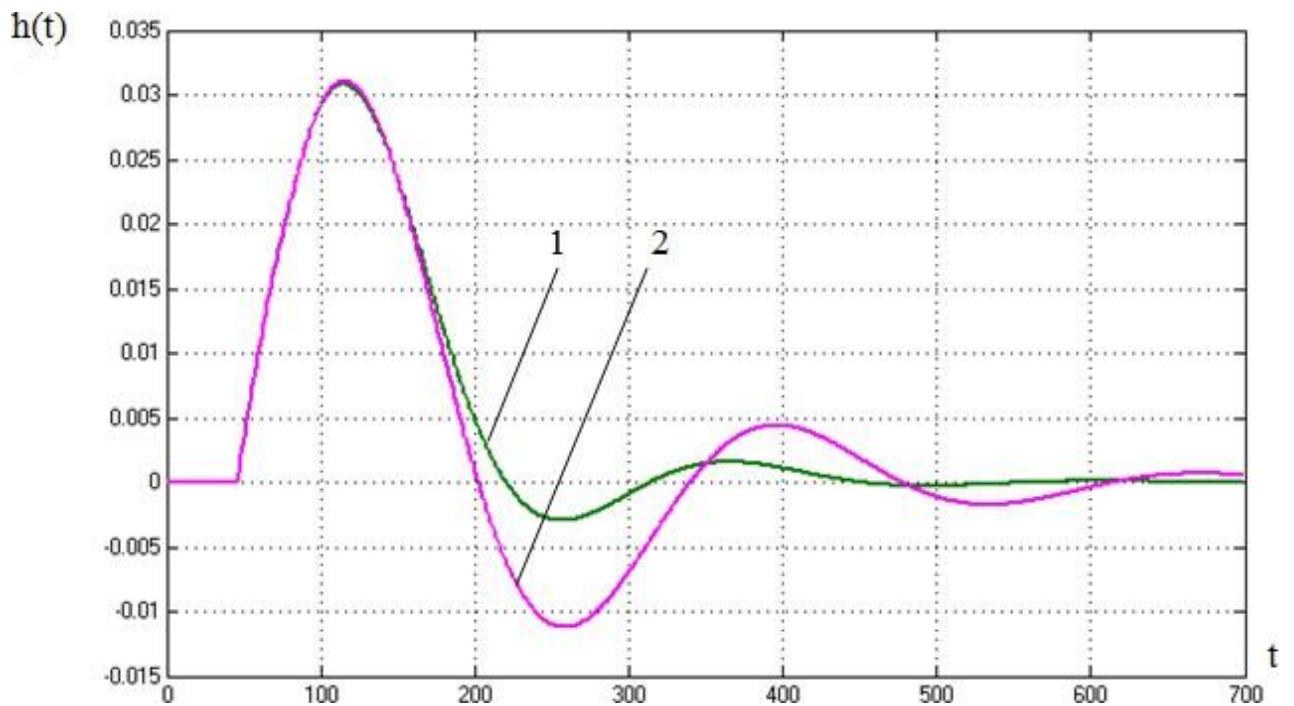


Рис. 3.7 Перехідні характеристики по каналу «збурення – вихід»; 1 – РАФХ, 2 – 20%-перерегулювання

3.4. Розрахунок каскадної системи регулювання

Для більш оптимального ведення економічності процесу горіння і підтримки технологічних параметрів на заданому рівні, можливо реалізувати каскадну схему управління. Каскадна система регулювання є однією з поширених систем регулювання з однією величиною, що регулюється в якій вводиться додаткова стабілізація деякої проміжної величини додатковим регулятором. Така система складається з двох контурів (внутрішній контур – стабілізуючий, зовнішній – коригуючий).

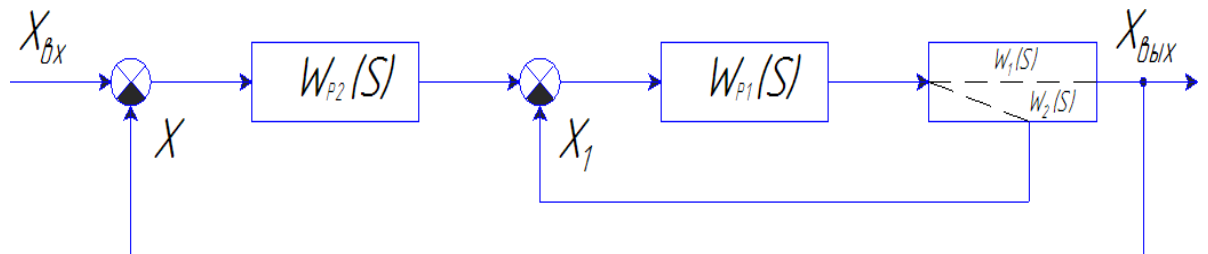


Рис. 3.8. Структурна схема каскадної АСР

де:

$W_{P1}(S)$ Передавальна функція веденого регулятора;

$W_{P2}(S)$ - Передавальна функція ведучого регулятора;

$W_1(S)$ - Передавальна функція об'єкта за основним контуру;

$W_2(S)$ - Передавальна функція об'єкта по внутрішньому контуру.

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		27

Регулятор P2 контролює основну величину X і при її відхиленні впливає не на регулюючий орган, а на завдання регулятора P1. А регулятор P1, в свою чергу, підтримує на заданому значенні допоміжну величину X1. Така система є двоконтурною.

Внутрішній контур, створений $W_{P1}(S)$ і $W_2(S)$ є стабілізуючим. Зовнішній контур, створений $W_{P2}(S)$ і $W_1(S)$ є коригувальним.

Розрахунок оптимальних налаштувань регуляторів для каскадної АСР

будемо проводити в наступній послідовності:

- 1) Визначаємо настройки регулятора внутрішнього контуру.
- 2) Визначаємо вид передавальної функції для еквівалентного об'єкта.
- 3) За передавальною функцією еквівалентного об'єкта визначаємо настройки регулятора для зовнішнього контуру.

Параметри регулятора будемо визначати за методом РАФХ.

Розрахуємо параметри регулятора для випереджаючого контуру. Для розрахунків використовуємо формули (3.4, 3.5). Побудуємо РАФХ контуру, задамо $m=0.42$, що відповідає $\psi = 0,9287$. Текст М-файлу:

$w=0:0.001:0.72; m=0.42;$

$p=w.*(-m+j);$

$W=10.*\exp(-2.*p)./(6.*p+1); Q=\text{imag}(W);$

$P=\text{real}(W);$

$Kp=(-m.*Q-P)./(Q.^2+P.^2);$

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

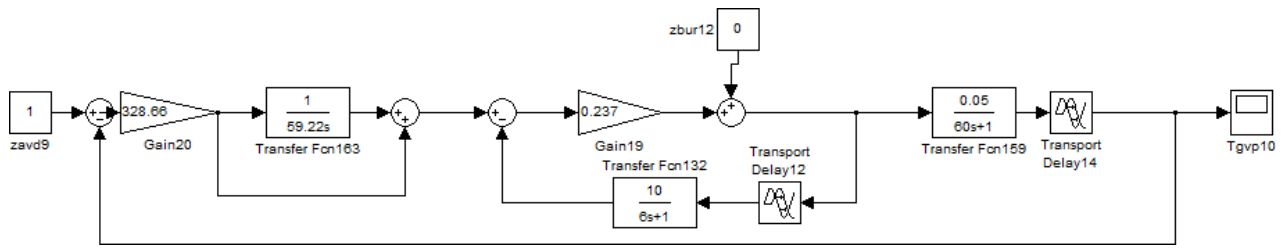


Рис.3.9 Структурна схема каскадної системи в програмі Matlab

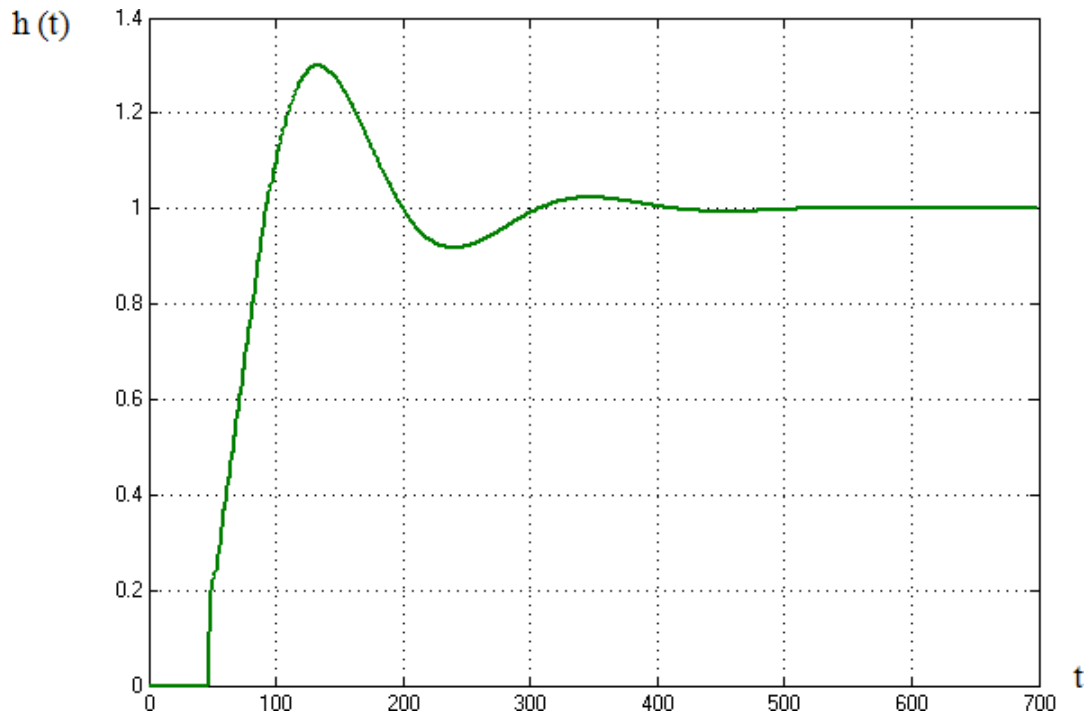


Рис. 3.10 Перехідна характеристика по каналу «завдання – вихід»

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

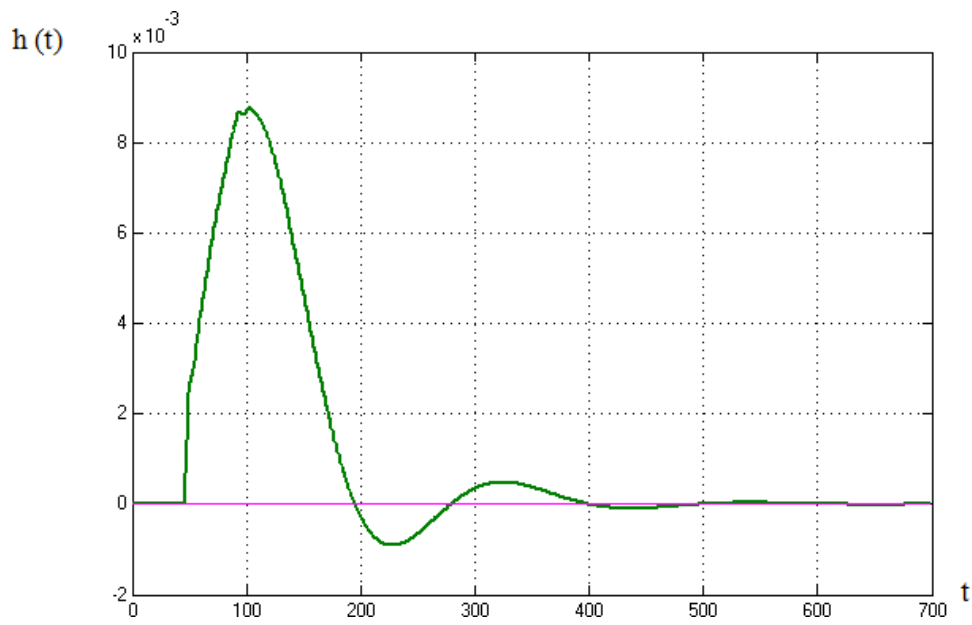


Рис. 3.11 Перехідна характеристика по каналу «збурення – вихід»

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

СУдн-81П.151.04.ПЗ

Лист

30

3.5. Розробка технічного забезпечення системи управління

Вибір технічних засобів котлоагрегату визначається характером об'єкта автоматизації і в зв'язку з цим, високими вимогами до надійності засобів. Надійність забезпечується застосуванням сучасної вимірювальної техніки з класом не нижче 0,5% (датчики "ABB", та ін), потужних контролерів високої надійності "Freelance" (виробництва "ABB").

Організаційно надійність досягається:

- застосуванням контролерів з системою "гарячого резервування";
- дублюванням мереж передачі даних;
- дублюванням датчиків основних параметрів;
- рознесенням в просторі блоків входів / виходів контролера;
- застосуванням джерел безперебійного живлення ДБЖ.

Апаратна частина САР котлоагрегату складається з первинних перетворювачів (датчиків), нормуючих перетворювачів, програмованих логічних контролерів (PLC), запірно-регулюючої арматури, блоків живлення, робочих станцій оператора та інженера, джерел безперебійного живлення. САР котлоагрегату складається з наступних підсистем:

Найменування підсистем	Призначення підсистем	Склад підсистем	Примітка
Підсистема введення технологічної інформації та регулювання	1. Введення сигналів датчиків і первинних перетворювачів технологічних параметрів. 2. Обробка сигналів датчиків. 3. Регулювання технологічних параметрів.	1. Датчики та первинні перетворювачі технологічних параметрів 2. Виконавчі механізми регулюючих органів 3. Програмовані логічні контролери (PLC)	

Підсистема оперативного введення і відображення інформації	1. Введення даних оперативного управління Формування і виведення оперативної інформації про стан технологічного процесу та стану обладнання	Станція оператора на базі персонального комп'ютера	Конфігурація персонального комп'ютера визначається на етапі процесі проектування
--	--	--	--

Структурно САР побудована таким чином:

- контролер основний;
- контролер резервний.

Усі контролери пов'язані між собою і з серверами системи САР по резервованій мережі передачі даних.

Польове обладнання

В склад польового обладнання входять:

- Термоперетворювач опору з уніфікованим вихідним сигналом ТСПУ, градуіровка Pt100, вихідний сигнал (4-20) мА, діапазон вимірювання (0...200)⁰С - 1 шт.;
- Датчик надлишкового тиску 261GS-F з вихідним сигналом (4-20)мА, діапазон вимірювання (0...10) кПа – 1 шт.;
- з вихідним сигналом (4-20)мА, діапазон вимірювання (-1...1) кПа – 1 шт.;
- Датчик надлишкового тиску 261GS-L з вихідним сигналом (4-20)мА, діапазон вимірювання (0...150) кПа – 1 шт.;
- Датчик різниці тиску 266MST-F з вихідним сигналом (4-20)мА, діапазон вимірювання (0...10) кПа – 1 шт.;
- Датчик різниці тиску 266MST-L з вихідним сигналом (4-20)мА, діапазон вимірювання (0...40) кПа – 1 шт.;
- Цирконієвий аналізатор кисню AZ100 з вихідним сигналом (4-20)мА, діапазон вимірювання (0...25) %O₂ – 1 шт.

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		32

Промисловий контролер AC900F

Контролер забезпечує виконання таких функцій:

- збір значень технологічних параметрів від датчиків;
- попередню обробку аналогових параметрів, включаючи лінеарізацію і фільтрацію;
- реалізацію алгоритмів ПІД - регулювання;
- видачу сигналів управління на виконавчі механізми;
- обмін інформацією в мережі з робочими станціями;
- збереження поточної інформації при збоях по живленню;

До складу системи програмованих логічних контролерів (PLC) входять:

- польовий контролер - 2шт.
- шасі корзин віддалених входів / виходів - 2 шт.
- модуль зв'язку - 6 шт;
- модуль аналогових входів - 2 шт;
- модуль дискретних входів - 6 шт;
- модуль дискретних виходів - 1 шт.

Автоматизована робоча станція оператора

Станція оператора котлоагрегату являє собою комплекс, до складу якого входять:

- персональний комп'ютер HP Compaq 8300 наступної конфігурації:
 - процесор Intel Core i5-3470 (3.2 GHz, 4Core);
 - оперативна пам'ять 4 ГБ;
 - жорсткий диск 500 ГБ;
 - мережева карта 1 Гбіт Ethernet;
 - клавіатура та маніпулятор «миша»;
 - звукова плата і акустичні колонки;
- монітор Dell U2713HM, з розміром діагоналі 27" та розширенням екрану 2560x1440;
- джерело безперебійного живлення;

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		33

- програмне забезпечення (операційна система Windows 7 Pro та інструментальний пакет «DigiVis»).

Станція оператора забезпечує виконання наступних функцій:

- збір інформації про об'єкт по локальній обчислювальній мережі та її обробка;
- настроювання ПДД-регуляторів;
- управління об'єктом шляхом подачі команд з контролера;
- відображення основних параметрів роботи об'єкта;
- реєстрація аварійних ситуацій;
- архівація основних параметрів роботи об'єкта;
- аварійна сигналізація при виході технологічних параметрів за аварійні уставки;
- протоколювання роботи САР;
- контроль справності контролера. Датчик надлишкового тиску

261GS-C

Автоматизована робоча станція інженера

Станція інженера котлоагрегату являє собою комплекс, до складу якого входять:

- персональний комп'ютер HP Compaq 8300 наступної конфігурації:
 - процесор Intel Core i5-3470 (3.2 GHz, 4Core);
 - оперативна пам'ять 4 ГБ;
 - жорсткий диск 500 ГБ;
 - мережева карта 1 Гбіт Ethernet;
 - клавіатура та маніпулятор «миша»;
 - звукова плата і акустичні колонки;
- монітор Dell U2713HM, з розміром діагоналі 27" та розширенням екрану 2560x1440;
- джерело безперебійного живлення;
- програмне забезпечення (операційна система Windows 7 Pro, інструментальні пакети «DigiVis» та «Control Builder»).

Станція оператора забезпечує виконання наступних функцій:

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		34

- збір інформації про об'єкт по локальній обчислювальній мережі та її обробка;
- налагодження програмного забезпечення програмованих логічних контролерів (PLC);
- конфігурування всіх функцій автоматизації, вікон і журналів інтерфейсу оператора і параметрів польових шин;
- перевірка функцій автоматизації, пошук помилок і їх виправлення;
- тестування та моделювання програм користувача з використанням емулятора контролера без підключення обладнання;
- здійснювати діагностику системи;
- настроювання ПД-регуляторів;
- управління об'єктом шляхом подачі команд з контролера;
- відображення основних параметрів роботи об'єкта;
- реєстрація аварійних ситуацій;
- архівація основних параметрів роботи об'єкта;
- аварійна сигналізація при виході технологічних параметрів за аварійні уставки;
- протоколювання роботи САР;
- контроль справності контролера.

3.6. Автоматичне регулювання та технологічний контроль

Система технологічного контролю

Система технологічного контролю передбачає застосування декількох типів датчиків.

В якості первинних датчиків температури застосовується датчики з уніфікованим вихідним сигналом ТСПУ градуїровки Pt100, виробництва промислової групи «Метран».

Для вимірювання надлишкового тиску та різниці тиску застосовуються відповідно датчики 261GS і 266MST, виробництва концерну ABB.

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		35

Для вимірювання вмісту кисню у відхідних димових газах застосовується цирконієвий аналізатор кисню AZ100, виробництва концерну АВВ.

Автоматичне регулювання

В системі передбачаються наступні автоматичні контури регулювання:

- регулятор палива –мазут;
- регулятор палива – газ;
- розпалювальний регулятор тиску газу;
- регулятор співвідношення «газ – повітря»;
- регулятор співвідношення «мазут – повітря»;
- регулятор розрідження;
- регулятор рециркуляції димових газів (дистанційно).

Регулятор палива – мазут.

Регулятор змінюючи витрату мазуту, підтримує задане значення температури мережевої води за котлом. В регуляторі реалізується ПІ-закон регулювання. Завдання регулятора формується в залежності від обраного машиністом котла режиму роботи, згідно з режимними картами котла.

Регулятор палива – газ.

Регулятор змінюючи витрату газу, підтримує задане значення температури мережевої води за котлом. В регуляторі реалізується ПІ-закон регулювання. Завдання регулятора формується в залежності від обраного машиністом котла режиму роботи, згідно з режимними картами котла.

Розпалювальний регулятор тиску газу.

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		36

Регулятор підтримує тиск газу перед пальниками згідно з завданням. Регулятор впливає на виконавчий механізм, тільки в режимі розпалювання. У регуляторі реалізується ПІ - закон регулювання.

Регулятор співвідношення «газ – повітря».

Регулятор пропорційно витраті природного газу та з урахуванням корегуючого сигналу за залишковим вмістом кисню в димових газах, на пальники котла подається необхідна кількість повітря. У регуляторі реалізується ПІ - закон регулювання. Завдання регулятора формується в залежності від обраного машиністом котла режиму роботи, згідно з режимними картами котла.

Регулятор співвідношення «мазут – повітря».

Регулятор пропорційно витраті мазуту та з урахуванням корегуючого сигналу за залишковим вмістом кисню в димових газах, на пальники котла подається необхідна кількість повітря. У регуляторі реалізується ПІ - закон регулювання. Завдання регулятора формується в залежності від обраного машиністом котла режиму роботи, згідно з режимними картами котла.

Регулятор розрідження.

Регулятор автоматично підтримує задане розрідження в верхній частині топки котла.

Кількість та структури регуляторів можуть бути змінені в процесі проведення пусконаладжувальних робіт.

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		37

Технологічна сигналізація

Основне завдання технологічної сигналізації полягає в попередньому інформуванні оператора про тенденції процесу про вихід за межі технічних вимог.

Така інформація подається за параметрами (обмежується кількістю сигналів заведених в САР):

- підвищення або пониження тиску природного газу;
- підвищення або пониження тиску повітря;
- підвищення або пониження розрідження в топці котла.

Значення уставок по технологічній сигналізації узгоджуються із замовником і встановлюються в процесі налагодження САР.

Передбачена сигналізація:

- стану вимірювальних каналів (вихід аналогового сигналу за межі 4- 20 мА або обрив ланцюга)
- стану елементів контролера (несправність окремих блоків)
- стану мережевого обладнання (немає зв'язку)

При спрацьовуванні сигналізації на екрані робочої станції з'явиться відповідне повідомлення і подається звуковий сигнал.

Реєстрація аварійних ситуацій

Для аналізу позаштатних ситуацій пов'язаних з роботою котлоагрегату (наприклад аварійне відключення котлоагрегату та ін.) в САР передбачається реєстрація аварійних ситуацій шляхом прийому дискретних сигналів зі схем захистів та основного обладнання, архівуванням цих сигналів і друком відомостей за заданий проміжок часу.

Реєстрація аварійних ситуацій відбувається по наступним параметрам:

- підвищення температури мережевої води за котлом;
- підвищення тиску мережевої води через котел;

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		38

- зниження тиску мережевої води через котел;
- зниження тиску газу перед котлом;
- зниження тиску мазуту перед котлом;
- зниження витрати мережевої води через котел;
- зниження тиску повітря перед пальниками у спільному коробі;
- підвищення тиску в топці котла;
- зниження тиску мазуту перед пальниками котла та зниження тиску пари на розпил мазуту;
- котел відключено ключем ручного зупину SA1;
- захист котла введено ключем SAM-1;
- ГОК на котел спрацював;
- положення ключа SA-2 – газ;
- положення ключа SA-2 – мазут;
- положення ключа SA-2 – газ-мазут;
- МОК на котлі спрацював;
- закритий шибер центрального повітря зліва - при пуску;
- закритий шибер центрального повітря з права - при пуску;
- іде вентиляція топки;
- закінчено вентиляцію топки;
- відключення димососу;
- відключення дуттьового вентилятору;
- засувка газу до котла Г-5 – закривається;
- засувка газу до котла Г-5 – відкривається;
- засувка по газу. Пальник №1 – закривається;
- засувка по газу. Пальник №1 – відкривається;
- засувка по газу. Пальник №2 – закривається;
- засувка по газу. Пальник №2 – відкривається;
- засувка по газу. Пальник №3 – закривається;
- засувка по газу. Пальник №3 – відкривається;
- засувка по газу. Пальник №4 – закривається;
- засувка по газу. Пальник №4 – відкривається;
- засувка по газу. Пальник №5 – закривається;
- засувка по газу. Пальник №5 – відкривається;
- засувка по газу. Пальник №6 – закривається;
- засувка по газу. Пальник №6 – відкривається;
- засувка мазуту до котла М-5 – закривається;

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

- засувка мазуту до котла М-5 – відкривається
- засувка вхід мережевої води котла 5С-11 – закривається;
- засувка вхід мережевої води котла 5С-11 – відкривається;
- засувка вхід мережевої води котла 5С-12 – закривається;
- засувка вхід мережевої води котла 5С-12 – відкривається;
- засувка мережевої води поза котлом 5С-10 – закривається;
- засувка мережевої води поза котлом 5С-10 – відкривається;
- засувка мережевої води поза котлом 5С-10А – закривається;
- засувка мережевої води поза котлом 5С-10А – відкривається;
- вентиль по мазуту до пальника №1 – закривається;
- вентиль по мазуту до пальника №1 – відкривається;
- вентиль по мазуту до пальника №2 – закривається;
- вентиль по мазуту до пальника №2 – відкривається;
- вентиль по мазуту до пальника №3 – закривається;
- вентиль по мазуту до пальника №3 – відкривається;
- вентиль по мазуту до пальника №4 – закривається;
- вентиль по мазуту до пальника №4 – відкривається;
- вентиль по мазуту до пальника №5 – закривається;
- вентиль по мазуту до пальника №5 – відкривається;
- вентиль по мазуту до пальника №6 – закривається;
- вентиль по мазуту до пальника №6 – відкривається.

3.7. Розробка та моделювання програмного забезпечення системи управління

Керування технологічним процесом виконується зі станції оператора за допомогою SCADA-системи. В якості програмного забезпечення SCADA обрано Freelance фірми АВВ.

SCADA система виконує наступні функції:

- відображає мнемосхему технологічного процесу, значення технологічних параметрів;
- виконує архівацію всіх технологічних параметрів;

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		40

- реєструє спрацювання технологічної сигналізації;
- відображає в виді графіків технологічні параметри із архіву і параметри в реальному часі.

HMI SCADA забезпечує диспетчерське управління і збір даних. Застосування SCADA - системи дозволяє досягти високого рівня автоматизації в рішенні задачі розробки, управління, збору, зберігання і відображення інформації. Повнота і наочність представленої на екрані інформації, дружність людино – машинного інтерфейсу, що надається SCADA – системою, зручність користування підказками і довідковою системою, доступність “важелів” керування і т.д збільшують ефективність системи і приводять до мінімуму небезпечні похибки при взаємодії людина-машина.

SCADA системи Freelance виконує велику кількість функцій таких як: введення/виведення сигналів і даних в контролер, а також реалізує НМІ функції (мнемосхеми, аларми, тренди).

Велика увага приділяється миттєвим і історичним алармам які сигналізують (звукове супроводження) про вихід того чи іншого параметру за задані межі. Миттєві аларми відразу після виникнення відображаються у вікні алармів. Оператор повинен проквітувати аларм, тобто клікнути на червоному алармі після чого він стане чорним. Історичні аларми зберігаються не у своїх внутрішніх базах, а в зовнішній

В системі реалізується відображення всіх технологічних параметрів ТОУ як у вигляді числових значень так і у вигляді трендів реального часу і історичних трендів (записуються у внутрішню базу даних). Всі параметри Freelance можуть архівуватися, архівування тегів відбувається у власних базах даних, які є звичайними cvs- файлами. Для перегляду історичних архівованих даних використовується історичний тренд і утиліта HistData. Історичний тренд підключається до внутрішніх архівів Freelance і виводить дані за даний проміжок часу.

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Керування технологічним процесом виконується оператором за допомогою SCADA-системи. В якості програмного забезпечення SCADA обрано Freelance фірми ABB.

SCADA – система є основою верхнього (супервізорного) рівня системи керування. HMI/SCADA-система, розроблена в даній роботі реалізує наступні функції:

- обмін даними з моделлю контролера;
- архівування даних;
- візуалізація технологічного процесу у вигляді мнемосхеми;
- ведення історичних алармів і алармів реального часу;
- побудова історичних трендів і трендів реального часу;
- видача уставок в контури регулювання.

Реалізовані вікна у Freelance: мнемосхема, меню, вікно реєстрації, вікно налаштувань, вікно трендів.

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		42

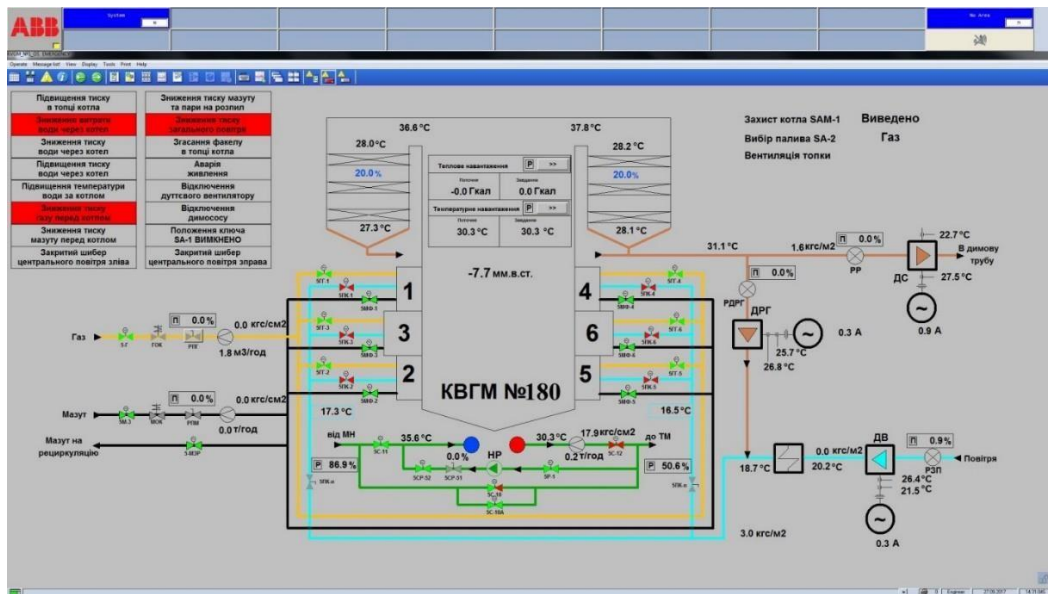


Рис. 3.12. Мнемосхема котла

На мнемосхемі схематично показуються елементи реального об'єкту а також деякі основні параметри, зокрема показано табло, яке фіксує і демонструє витрати води на вході в секцію. Також присутня шкала розрідження в топці котла. В даному вікні можна побачити наглядний приклад технологічного об'єкту (водогрійного котла KVGM-180). Можна спостерігати, як здійснюється процес подачі газу та повітря, при змішуванні відбувається горіння, де через факели підігрівається вода до відповідної температури.

Наочно відображаючи структуру системи, мнемосхема полегшує оператору запам'ятовування схем об'єктів, взаємозв'язок між параметрами, призначення приладів і органів управління. У процесі управління мнемосхема для оператора є найважливішим джерелом інформації про поточний стан системи, характер процесів, у тому числі пов'язаних з порушенням технологічних режимів, аваріями і т.д.

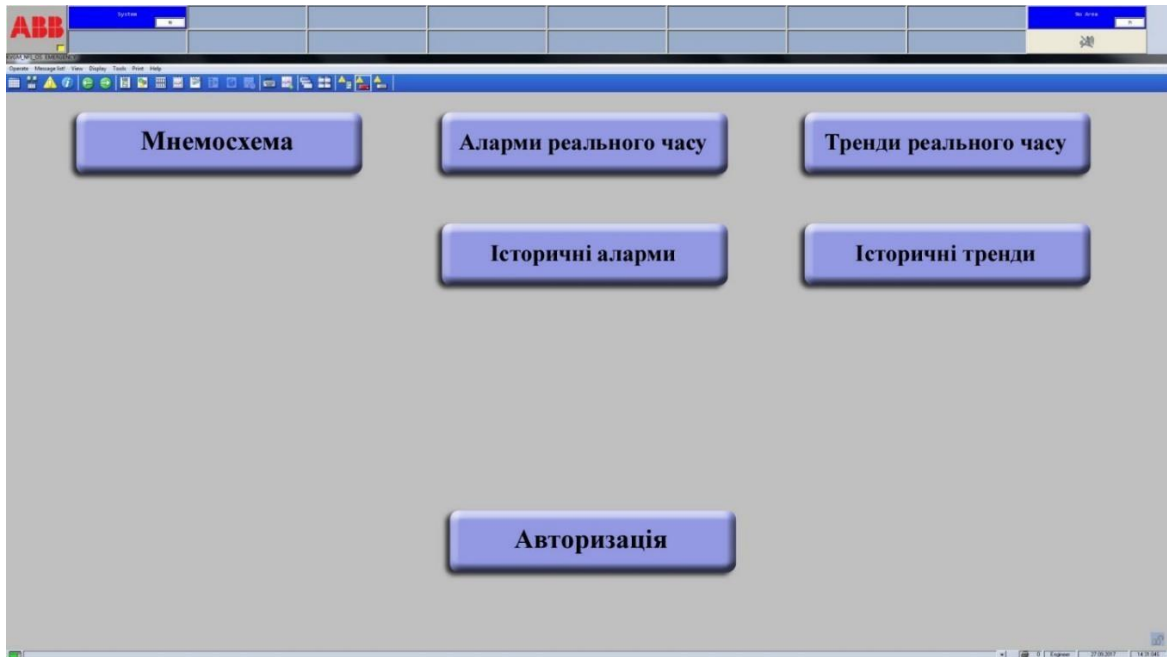


Рис. 3.13. Меню

В даному вікні здійснюється вхід оператора в систему, де він зможе подивитися, як проходить процес в даному об'єкті. При вході в систему кнопки переходу до інших вікон неактивні. Для роботи в SCADA-системі оператор має авторизуватися, тобто ввести логін: Operator123, та пароль: 123. У разі правильного вводу кнопки переходу на інші вікна стануть активними.

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		44

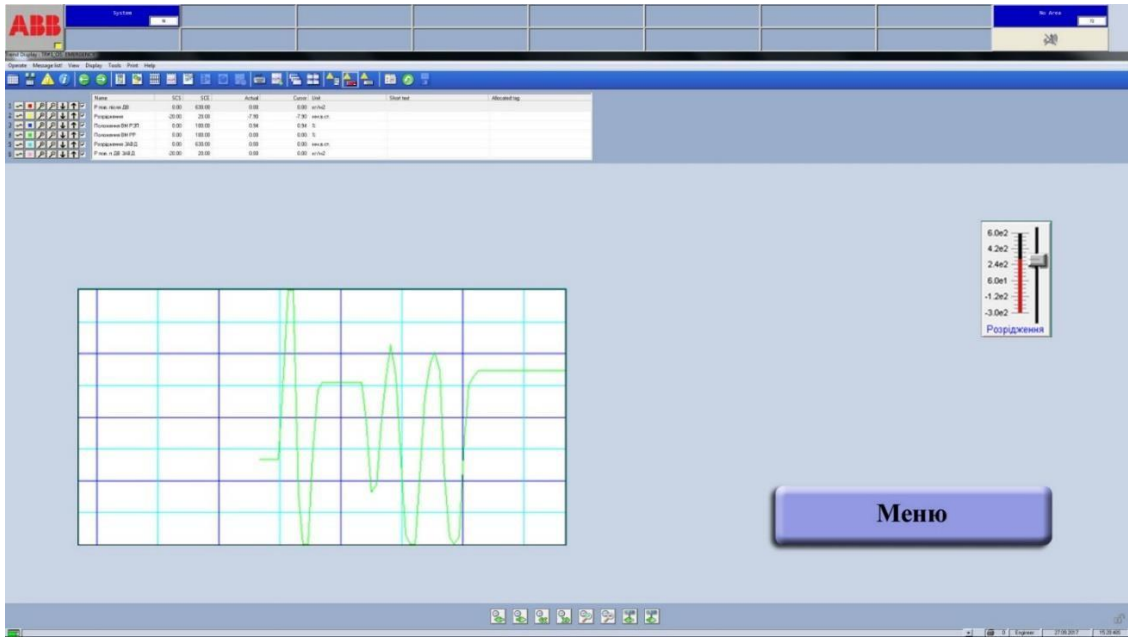
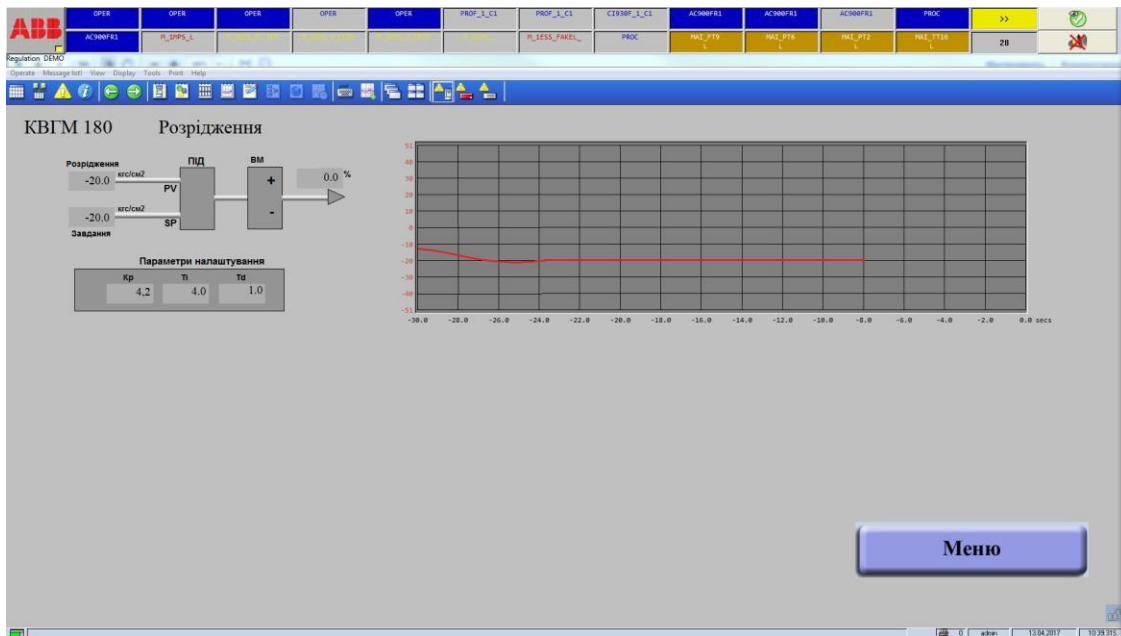


Рис. 3.14. Тренд реального часу

Тренди реального часу відображають будь-які зміни встановлених параметрів. Дана схема фіксує зміну значень параметру та його завдання. На

даному вікні продемонстровано певний процес встановлення нового заданого значення розрідження. В цьому вікні оператор може змінювати параметри регулятора та завдання, а отже може повністю здійснювати регулювання цього параметру з



операторського положення.

Рис.3.15. Схема регулювання розрідження

В даному вікні можна змінювати завдання параметру розрідження. Та за допомогою вікна для введення параметрів регулятора впливати на регулювання.

Висновки

Створена система дає можливість дистанційно у зручному режимі контролювати роботу системи, спостерігати за поточними значеннями параметрів котлоагрегату, змінювати налаштування та завдання, відслідковувати зміну в часі показників датчиків. Також з робочого місця оператор має змогу отримувати повідомлення про аварійні ситуації та можливість дистанційного впливу на них, що значно спрощує та знижує небезпеку таких ситуацій.

										Лист
										46
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	СУдн-81П.151.04.ПЗ					

4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Ідея розробленого проекту є автоматизація котлоагрегату КВГМ-180.

Дана розробка дає можливість:

- оперативного контролю стану технологічних параметрів котлоагрегату
- збільшити ефективність функціонування котлоагрегату
- полегшити та значно зменшити роботу обслуговуючого персоналу
- збільшити терміни експлуатації обладнання
- підвищити надійність роботи систем протиаварійного захисту

Ключовими перевагами проекту є іноваційність та технічна новизна розробки. Відсутність аналогів та конкурентна вартість на міжнародному та вітчизняному ринках, що дають досить значні переваги у продажі систем не лише на внутрішньому ринку, але також і на зовнішньому.

Основними споживачами є ТЕЦ та котельні на яких встановлено котлоагрегати такого типу як КВГМ-180, як Україні так і за кордоном. На даний момент в країні відбувається модернізація даних агрегатів таким чином значно зменшуються ризики даної розробки.

Говорячи про фінансово-економічні показники, то перший прибуток проект зможе принести вже на третій рік продажу та впровадження даних систем. Проте враховуючи попередні витрати то для повної окупності проекту необхідно три роки, після чого ми зможемо отримувати лише прибуток. Для реалізації проектних цілей необхідно залучити 2,5 млн грн коштів інвесторів, що будуть повністю повернені в термін до 4х років.

					СУдн-81П.151.04.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		47

ВИСНОВОК

В даному проекті було поставлено за мету розробити автоматизовану систему керування котлоагрегатом КВГМ-180. В ході виконання роботи було досліджено технологічний об'єкт управління, знайдено його передаточну функцію та досліджено перехідну характеристику. Розглянуто основні вимоги до АСР для заданого об'єкту, а саме: можливість тривалої роботи у відсутності людини, необхідну точність регулювання різних параметрів.

Функції контролю, індикації, сигналізації та регулювання були реалізовані за допомогою контролера Freelance ABB AC900F. Окрім цього, для спрощення зв'язку між даючим пристроєм та контролером, датчики були обрані цього ж виробника. Був проведений розрахунок точності вимірювальних каналів. За результатами розрахунків спроектовані канали повністю задовільняють поставленим вимогам. Також проведено розрахунок надійності виконання різних функцій даною системою. За їх результатами АСР виконує всі свої функції з високою точністю та надійністю.

Було досліджено основні контури регулювання, у тому числі контур регулювання економічності згорання палива. Була створена математична модель та розрахований регулятор.

Для отриманої АСР було проведено моделювання та дослідження системи на грубість. Як виявилось, АСР економічності горіння котла КВГМ- 180 не є грубою і деякі невеликі зміни якогось з параметрів об'єкту управління будуть викликати зміни критеріїв якості функціонування САР.

Для реалізації контролерного рівня обрано контролер Freelance ABB AC900F. На supervisory рівні знаходиться розроблена SCADA система.

Також було проведено моделювання роботи системи в реальному часі. Під час моделювання було виявлено, що система є працездатною і може підтримувати необхідні параметри на заданому рівні.

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		48

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Плетнев Г.П. Автоматизированные системы управления объектами тепловых электро- станций: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Изд-во МЭИ, 2018. – 352 с.
2. Демченко В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС. – О.: «Астропринт», 2018.
3. ГОСТ 12.2.003-74 ССБТ. Оборудования производственное. Общие требования безопасности.
4. СНиП 2.01.02-85. Строительные нормы и правила. Противопожарные нормы проектирования домов и сооружений.
5. СН 245-71. Строительные нормы. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
6. Інструкції щодо експлуатації водогрійного котла КВГМ-180, ALSTOM POWER s.r.o., 2019.
7. Інструкції щодо експлуатації водогрійного котла КВГМ-180. Окремі засоби. (Книга 2) ALSTOM POWER s.r.o., 2017.
8. Каталог Московського заводу теплової автоматики, Москва, 2002.
9. Плетнев Г. П. Автоматическое регулирование и защита теплоэнергетических установок. Учебник для энергетических и энергостроительных техникумов. Изд. 2-е, перераб. и доп., М., «Энергия», 2017. - 424 с., ил.
10. Збірник функціональних і структурних схем типових промислових АСР – К.: КП, ТЕФ, АТЕП, 2017. – 15 с
11. Збірник функціональних і структурних схем типових промислових АСР – К.: КП, ТЕФ, АТЕП, 2018. – 15 с.
12. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат. 1985. – 296 с., ил.

					<i>СУдн-81П.151.04.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		49

13. Автоматизированное проектирование систем управления / Под ред. М. Джамшиди и др.; Пер. с англ. В.Г. Дунаева и А.Н. Косилова – М.: Машиностроение, 2019. – 344 с.

14. Гостев В.И., Стеклов В.К., Скляренко С.Н. Оптимальные системы управления с цифровыми регуляторами: Справочник. – К.: КИРЦ «Сенс», 2018. – 484 с.

15. Елизаров Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 2019. – 264 с.

16. Изерман Р. Цифровые системы управления: Пер. с англ. – М.: Мир, 2019. – 541 с., ил.

17. <https://sitmag.ru/article/9977-mikroklimat-pomeshcheniy>

18. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of electrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 1999.

19. Ralf Joost and Ralf Salomon. “Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications”. In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-IECON, November 2018.