

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

Освітній рівень

Метод автоматизованого керування водопідігріву теплоелектроцентралі

Назва теми

КвРАКІТР.2023190.01.26 ПЗ

Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Шифр, назва

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Назва

Виконав:

студент II курсу, група АКІТРм-23-1

Підпис

Володимир ТРИГУБА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник

Підпис

Ірина ФОРКУН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри АКІТтаР

Підпис

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 20 » грудня 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Спеціальність 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Освітня програма Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТгаР

Валерій МАРТИНЮК

01 вересня 2024р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Тригубі Володимиру Андрійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Метод автоматизованого керування водопідігріву теплоелектроцентралі

Керівник роботи Форкун Ірина Валеріївна, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 26.08.2024 р. №60

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.12.2024р.

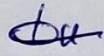
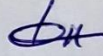
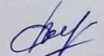
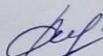
3 Вихідні дані до роботи Аналіз процесів виробництва пари всередині котлоагрегату

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Технологія виробництва пари в котлі теплоелектроцентралі. Автоматизація процесу виробництва пари. Розробка моделі керування. Експертні системи автоматизованого вироблення пари у водогрійному котлі. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТгаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТгаР		

7 Дата видачі завдання 01 вересня 2024р.

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Метод автоматизованого керування водопідігріву теплоелектроцентралі».

Автор роботи: Тригуба Володимир Андрійович.

Керівник роботи: Форкун Ірина Валеріївна, к.т.н., доцент

Пояснювальна записка: 84 с., 48 рис., 1 табл., 1 дод., 70 джерел.

Графічна частина: презентаційні слайди.

КОТЛОАГРЕГАТ, КЕРУВАННЯ, ІДЕНТИФІКАЦІЯ, НЕЧІТКА ЛОГІКА, ПОКАЗНИК ЯКОСТІ, АВАРІЙНА СИТУАЦІЯ.

Мета роботи: розробити метод автоматизованого керування водопідігріву теплоелектроцентралі. Дослідили процеси виробництва пари всередині котлоагрегату та проаналізували, які існують варіанти автоматизації цих процесів. Розробили систему автоматизації котлоагрегату, яка допоможе регулювати тиск пари на виході з котла, підтримувати стабільно ефективне та безпечне спалювання газу та стабільно наповнювати живильною водою барабан котла.

Експериментальні дані оброблено в математичному процесорі Matlab для ідентифікації каналу керування. Розроблений з використанням засобів Matlab нечіткий контролер на основі нечіткого контролера для автоматичного керування каналом «споживання газу-тиск пари» прямоточного котельного агрегату. Досліджено імітаційну модель нечіткої системи автоматичного керування, створену засобами Simulink. Проаналізовано аварійні ситуації в технологічній частині водонагрівання.



Підпис студента

02.12.24

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПАРИ В КОТЛІ ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ.....	6
1.1 Технологічні засади процесу пароутворення.....	6
1.2 Котел як об'єкт регулювання.....	11
1.3 Аналіз схем автоматизації керування котла	19
1.4 Висновки до першого розділу	24
2 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПАРИ	25
2.1 Дослідження параметрів пароводяного тракту котла.....	25
2.2 Опис системи автоматизованого керування котла.....	27
2.3 Технічні засоби автоматизованого керування.....	35
2.4 Висновки до другого розділу	41
3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ	43
3.1 Знаходження динамічних властивостей каналу управління засобами керування.....	43
3.2 Симуляція об'єкту дослідження в Simulink	47
3.3 Висновки до третього розділу	48
4 ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБЛЕННЯ ПАРИ У ВОДОГРІЙНОМУ КОТЛІ	50
4.1 Створення бази знань експертної системи для пошуку аварійних ситуацій типу	50
4.2 Керування нечіткою логікою процесами підігрівання води у котлі.....	52
4.3 Фаззифікація.....	57
4.4 Симуляція роботи системи автоматизованого керування в Simulink.....	66
4.5 Висновки до четвертого розділу	74
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	77
Додаток А Стаття у фаховому журналі.....	84

ВСТУП

Сучасна енергетика є набагато вищим рівнем організації і забезпечує комфортне життя людей і нормальну роботу не тільки промислових підприємств і установ. Важливими чинниками для їх нормального функціонування та розвитку є системи розподілу енергії, які забезпечують надійну, ефективну енергію, і споживачів різних рівнів. Виробництво, кількість і якість енергетичних ресурсів є основними визначальними факторами рівня політичної, економічної незалежності та безпеки, якими може насолоджуватися країна.

Такі як парові двигуни, газові турбіни, атомні двигуни та двигуни внутрішнього згоряння, теплові електростанції (ТЕС) є найпопулярнішим способом виробництва електроенергії в усьому світі. В останні роки проблема глобального потепління була сприйнята дуже серйозно через збільшення викидів парникових газів, які надходять з різних джерел, зокрема від спалювання викопного палива, що становить майже 98% внеску вуглекислого газу.

Сучасні технології дозволяють одночасно виробляти тепло і електроенергію в усьому світі. Це відоме як когенерація. Ця технологія скорочує втрати, які виникають при виробництві електроенергії традиційним способом. При розгортанні як єдиного виробника енергії «відпрацьоване тепло» може бути рекуперовано до 70% загальної енергії палива.

Комбіноване виробництво тепла та електроенергії (СНР) — це ефективний спосіб перетворення енергії за допомогою екологічно чистих технологій для зменшення викидів забруднюючих речовин і підвищення первинної енергоефективності до значно вищого рівня. Більшість міст використовують форми централізованого опалення, засновані на так званій «когенерації». Когенерація являє собою одночасне виробництво електроенергії та тепла, тобто електроенергії (або механічної роботи) і тепла від загальної системи для виробництва електроенергії звичайними електростанціями, у той

час як обладнання для опалення та охолодження задовольняє інші, не електричні потреби.

Теплова енергія може бути рекуперована та застосована для опалення або кондиціонування повітря промислових чи житлових споруд за допомогою когенераційної системи, яка є надто ефективною. Загалом, когенерація використовує теплову енергію, яку інші окремі механічні чи електричні системи виробництва втрачають, що робить її загальну потужність набагато кращою, ніж кожна окрема традиційна система.

Найбільш ефективні когенераційні системи генерують понад 80 відсотків усієї енергії, оскільки споживають велику кількість тепла та мало електроенергії. При якій температурі необхідно рекуперувати енергію, тим нижчим буде співвідношення потужності до теплової потужності.

Енергетика на теплових електростанціях Парові котли – обладнання, яке найчастіше використовується для виробництва електроенергії та тепла. Їхня робота оптимізована для високої ефективності та мінімального забруднення навколишнього середовища. Вищенаведена інформація дає уявлення про те, які аспекти є важливими з точки зору збереження ресурсів та екологічної безпеки та дійсно можуть мати значення за допомогою автоматизації процесів виробництва енергії:

Можливо, варто зазначити, що парові котли використовуються на теплових електростанціях для виробництва електроенергії за рахунок рекуперації, яка надходить у процесі, коли невелика кількість тепла виробляється як побічний продукт перетворення певних форм первинної енергії в електроенергію.

Енергоефективність: сучасні комплексні технології, такі як сучасні системи управління, регулювання та автоматизації, дозволяють різко підвищити ККД парових котлів; вони дозволяють оптимізувати робочі параметри для найкращого використання палива та зменшення споживання енергії;

Використання відновлюваної енергії: інтегруйте сонячну енергію, енергію вітру, енергію біомаси та інші джерела енергії, щоб зменшити

використання традиційних видів палива разом із викидами парникових газів.

Це забезпечить максимальне збереження ресурсів і в подальшому зменшить негативний вплив технологічного процесу на природу. Посилення контролю за якістю продукції за показниками якісної пари є додатковим завданням, яке необхідно вирішити фахівцям при створенні системи автоматизації.

Метою роботи є розробка методу автоматизованого керування водопідігріву теплоелектроцентралі.

Об'єкт дослідження процеси автоматизованого керування водопідігріву теплоелектроцентралі.

Предмет дослідження метод та математичні моделі автоматизованого керування водопідігріву теплоелектроцентралі.

Завдання що необхідно вирішити:

- дослідити процеси виробництва пари всередині котлоагрегату та проаналізувати, які існують варіанти автоматизації цих процесів;
- розробити систему автоматизації котлоагрегату, яка допоможе регулювати тиск пари на виході з котла;
- розробити з використанням засобів Matlab нечіткий контролер;
- дослідити імітаційну модель нечіткої системи автоматичного керування, створену засобами Simulink;
- проаналізувати аварійні ситуації в технологічній частині водонагрівання.

Наукова новизна полягає у розробці методу автоматизованого керування водопідігріву теплоелектроцентралі.

1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПАРИ В КОТЛІ ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ

1.1 Технологічні засади процесу пароутворення

Сучасна ТЕЦ містить багато технологічних складових. Він включає первинну та вторинну котельну систему. Котельня виробляє сильно перегріту пару з необхідними властивостями, що застосовуються для задоволення потреб населення та технологічних потреб природного газу, отриманого з нафтових продуктів виробництва, основного палива та нафти для подальшого використання.

До складу котельні входять паровий двигун, топка, економайзер, цегляна кладка тощо, як показано на рис. 1.1 [1] загальний вигляд теплоелектростанції (ТЕЦ/ТЕЦ).

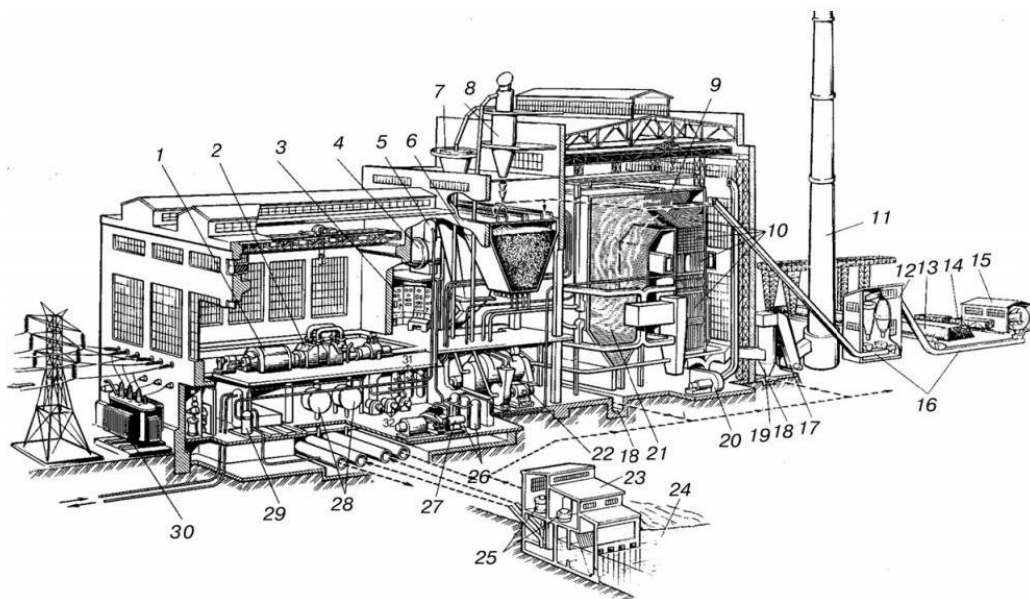


Рисунок 1.1 - Загальний вигляд теплової електростанції

На рисунку 1.1 введені наступні позначення: 1 – двигун; 2 – пропелер; 3 – перемикачі; 4 – переливна труба; 5 і 6 – бункери для пилу і золи; 7 – сепаратор; 8 – циклонний пиловловлювач; 9 – котел; 10 – теплообмінник; 11 – витяжна труба; 12 – дезінтегратор; 13 – резервні запаси палива; 14 - залізничний візок;

15 - розвантажувальне обладнання; 16 - конвеєрна стрічка; 17 - аспіратор; 18 - трубопроводи; 19 - зольник; 20 - повітродувка; 21 - плита; 22 - фреза. 23 - насосна станція; 24 - джерело води; 25 - циркуляційний насос; 26 - нагрівач; 27 – живильний насос; 28 - конденсатор; 29 – очищення води; 30 - трансформатор; 31 - нагрівач регенератора; 32 – конденсатний насос

Технологічна схема ТЕС/ТЕЦ як зазвичай представляється, так як показано на рисунку 1.2 [2].

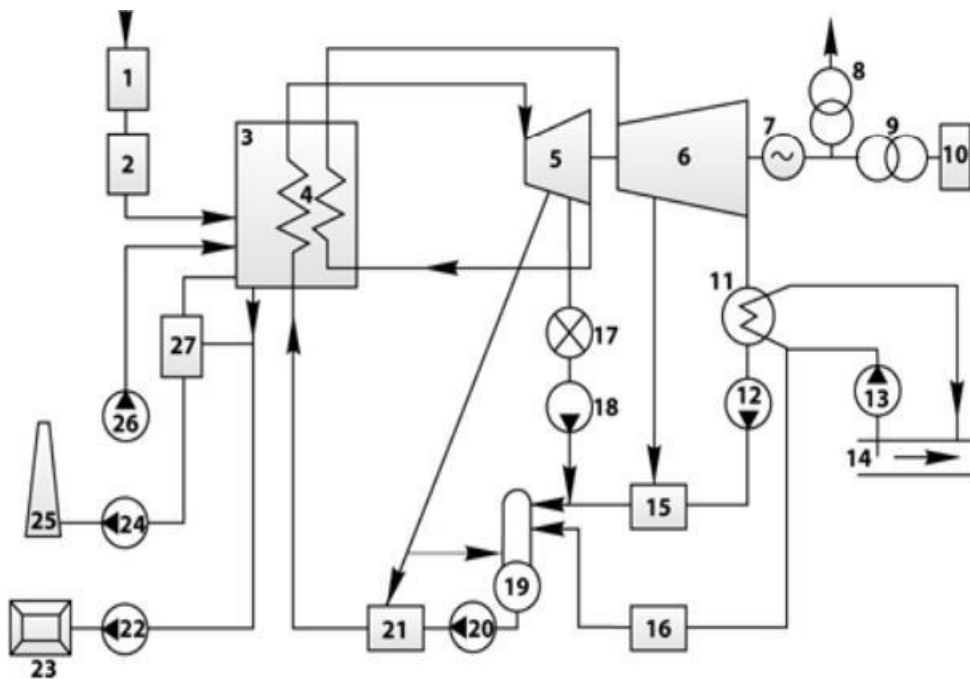


Рисунок 1.2 – Технологічна схема ТЕС

На рисунку 1.2 введені наступні позначення: 1 - економія палива; 2 - підготовка палива; 3 - котел; 4 - проміжний пароперегрівач; 5 - парова турбіна високого тиску (ПВТ або ПВТ); 6 - парова турбіна низького тиску (УНТ або ЦНД); 7 - електрогенератор; 8 - трансформатор власних потреб, 9 - трансформатор зв'язку; 10 - головний розподільний пристрій; 11 - конденсатор; 12 - конденсатний насос; 13 - циркуляційний насос; 14 - вихідне джерело водопостачання (наприклад, річка); 15 - підігрівач живильної води низького тиску (ПНТ); 16 - водоочисна установка (ВПУ); 17 - споживач теплової енергії; 18 - насос зворотного конденсату; 19 - деаератор; 20 - живильний насос, 21- ВВТ води високого тиску; 22 - угольник; 23 - золоотвал; 24 - димосос (ДС); 25 -

димова труба; 26 - вентилятор каналного (ВК); 27 – золотосборник

Процеси обробки палива на станції в технологічній класифікації палив і є численними допоміжними засобами щодо обробки палива. Вони включають обладнання для прийому та роздачі палива, транспортування палива до та з резервуарів для зберігання, механізми обробки палива та комунальні послуги, такі як дробарки вугілля. Інше обладнання, наприклад, мазутні насоси, обігрівачі, а також фільтри використовуються для остаточного виробництва мазуту.

Процес підготовки твердого палива до подальшого спалювання передбачає подрібнення та сушіння в спеціальній пилоочисній установці. Навпаки, спосіб виробництва мазуту починається з нагріву, потім фільтрації від механічних домішок, а іноді застосовуються спеціальні присадки. У бензині попередня обробка змінює тиск перед пальниками, щоб підтримувати належну температуру. Щоб отримати достатню кількість повітря для горіння, використовуються вентилятори, які нагнітають повітря в камеру згорання котла. Після згорання палива гази з палива виходять через «димову трубу» в атмосферу.

Щоб досягти кращої ігрової здатності на швидкості виробництва та мінімізації екологічних проблем щодо виробництва, радикальні, але доступні інновації можуть включати кращі послуги з утилізації відходів та більш ефективне споживання палива. Такі стратегії спрямовані на підвищення продуктивності та її стабільності.

Вода в котлі нагрівається до температури насичення і перетворюється на пару. Пара додатково нагрівається в котлі. Перегріта пара надходить по трубах до турбіни. Його теплова енергія перетворюється на механічну енергію, яка передається на вал турбіни. Відпрацьована пара з турбіни надходить до конденсатора, який віддає своє тепло воді, яка охолоджується та конденсується.

Так, на більшості сучасних електростанцій, які нагрівають пару до температури понад 100 градусів за Цельсієм, її перенасичують за допомогою структур проміжного перегріву. Ця турбіна складається з частин високого та низького тиску. Пар направляється в пароперегрівач із сектора високого тиску,

там він ще трохи нагрівається, після чого повертається назад у турбіну (у сектор низького тиску), де конденсується; це підвищує ефективність роботи турбінного апарату і підвищує його надійність.

Конденсат відкачується з конденсатора конденсатним насосом. Насос подає конденсат через нагрівачі низького тиску (LPH), перш ніж він досягне деаератора, як показано на рисунку 1.2. У цей момент велика кількість пари нагріває конденсат до температури, що перевищує температуру насичення, а кисень і вуглекислий газ виділяються з нього та виводяться із системи, щоб запобігти корозії обладнання.

Живильна вода з деаератора проходить через або «через» нагрівачі подачі високого тиску до котла у вигляді пари високого тиску. Конденсат із живильних нагрівачів низького тиску (LPH) разом із конденсатом із деаератора та живильної води з живильних нагрівачів високого тиску HP знову нагрівається паром, яка береться з виходу турбіни; цей тип процесу нагрівання відомий як регенеративне нагрівання, і його метою є рециркуляція тепла назад у турбінний цикл і подальше зменшення об'єму пари, яка надходить у конденсатор, щоб покращити термодинаміку паротурбінної електростанції.

Комплекс обладнання, пов'язаного з подачею води в конденсатори, називається системою технічного водопостачання. До нього входять: джерело води (річка, водосховище, або баштовий охолоджувач – градирня), насос, що переміщує воду, джерело водопостачання (річка, водосховище, або баштовий охолоджувач – градирня), зворотні трубопроводи. Ізобарний теплообмін гарантує, що при зниженні температури води в конденсаторі втрачається 55% теплової енергії води в парі, що надходить у турбіну; це тепло «витрачається» і не використовується для виробництва електроенергії.

Систему, можливо, доведеться піддати тонкому налаштуванню шляхом покращення управління відходами та підвищення ефективності використання палива, щоб максимізувати загальну продуктивність. Ці заходи спрямовані на підвищення сталості та ефективності виробництва. Енергозбереження можна суттєво виправити, якщо частина відпрацьованої пари піде разом з нашою турбіною на промислово-технологічні потреби або підігрів води для опалення

та приготування гарячої води. Таким чином, це будуть подвійні діючі електростанції, які вироблятимуть електроенергію та тепло одночасно. На цих станціях працюють роботи-нагрівачі, спеціалізовані роботи-витяжки. Конденсат пари, що подається споживачеві, знову подається на станцію через зворотні конденсатні насоси.

Внутрішня корозія парю та конденсатом є проблемою на теплових електростанціях; це через неідеальну герметичність уздовж пароводяного тракту всередині станції та втрати пари та конденсату до технічних вимог на електростанціях. Ці невідшкодовані втрати становлять приблизно 1,5% від загального об'єму пари, що проходить через турбіни.

Щоб уникнути цього та підвищити ефективність виробництва електроенергії, слід вжити подальших заходів для покращення герметичності пароводяного тракту, покращення управління парю та конденсатом, а також дослідити методи впровадження передових технологій та інновацій, які мінімізують пошкодження, підвищуючи загальну ефективність енергетичного обладнання.

Витік пари та конденсату зазвичай зовнішній, і вважається, що під час періодів зупинки промислові користувачі можуть постраждати від утворення тепла, що призведе до зовнішніх втрат пари та конденсату. Ці втрати зазвичай коливаються від 35% до 50%. Як зовнішні, так і внутрішні втрати пари і конденсату компенсуються за рахунок надлишкової води, попередньо наповненої на водоочисній споруді. Тому живильна вода для котла утворює суміш надлишкової води і конденсату турбіни.

Електричні частини електростанції включають, серед іншого, генератор, комунікаційний пристрій, головний вимикач разом із системою живлення для внутрішнього використання механічних компонентів через трансформатор.

Автоматичний захист і захист (автоматизовані засоби забезпечують дистанційним і дистанційним способом управління механізмами, управління основними процесами і захист від згоряння аварійного обладнання) створюють умови комфортної безпечної роботи електростанції.

Для цього необхідно буде впроваджувати нові технології та вносити

корективи в систему управління, щоб підвищити ефективність і довговічність установки, а також можна оптимізувати енергетичні процеси в установці.

Велика кількість електроустановок і приладів створює небезпечні умови, які часто призводять до виробничих аварій, про що свідчать аварії, пожежі та вибухи, зареєстровані на енергетичних установках.

Так, розслідуванням аварій і пожеж на теплових електростанціях встановлено, що основними осередками виникнення пожеж є основні виробничі приміщення, цехи, допоміжні виробничі приміщення, кабельні тунелі, котельні та інші приміщення, в яких розташовані установки.

Неправильні з'єднання, помилка з боку оператора, ослаблення та розрив масляної лінії, викликані вібрацією, а також аварії в електрообладнанні - це деякі фактори, які призводять до таких інцидентів.

Приблизно 90% пов'язані з несправністю обладнання, а інші 10% – через структурну несправність. Приблизно 72% припадає на машинні відділення теплових електростанцій; 23,5% - в котельнях; і близько 5% в кабельних сховищах. [3]

1.2 Котел як об'єкт регулювання

Паровий котел складається з пароперегрівача (1), барабана (4), показаного на малюнку крана (6), з'єданого від з'єднання нижньої частини з валом, що випускає пару (3), і пальника (2), як показано на рисунку 1.3 [4].

Обов'язково над стояком барабана котла вздовж стіни монтують зливний бак і напірні баки. З барабана труби видають безпосередньо. Таким чином, вода направляєється по трубах до насоса, потім її напрямок змінюється на зворотний, рекомбінуючи з трубою, що піднімається, таким чином, повертаючись до барабана. Пароперегрівач піднімається над барабаном котла. З одного боку, супернагрівач прикріплений до колектора пари, а з іншого боку до RP, який означає робочі простори турбіни. Саме він з'єднаний з робочими камерами турбіни (ТС).

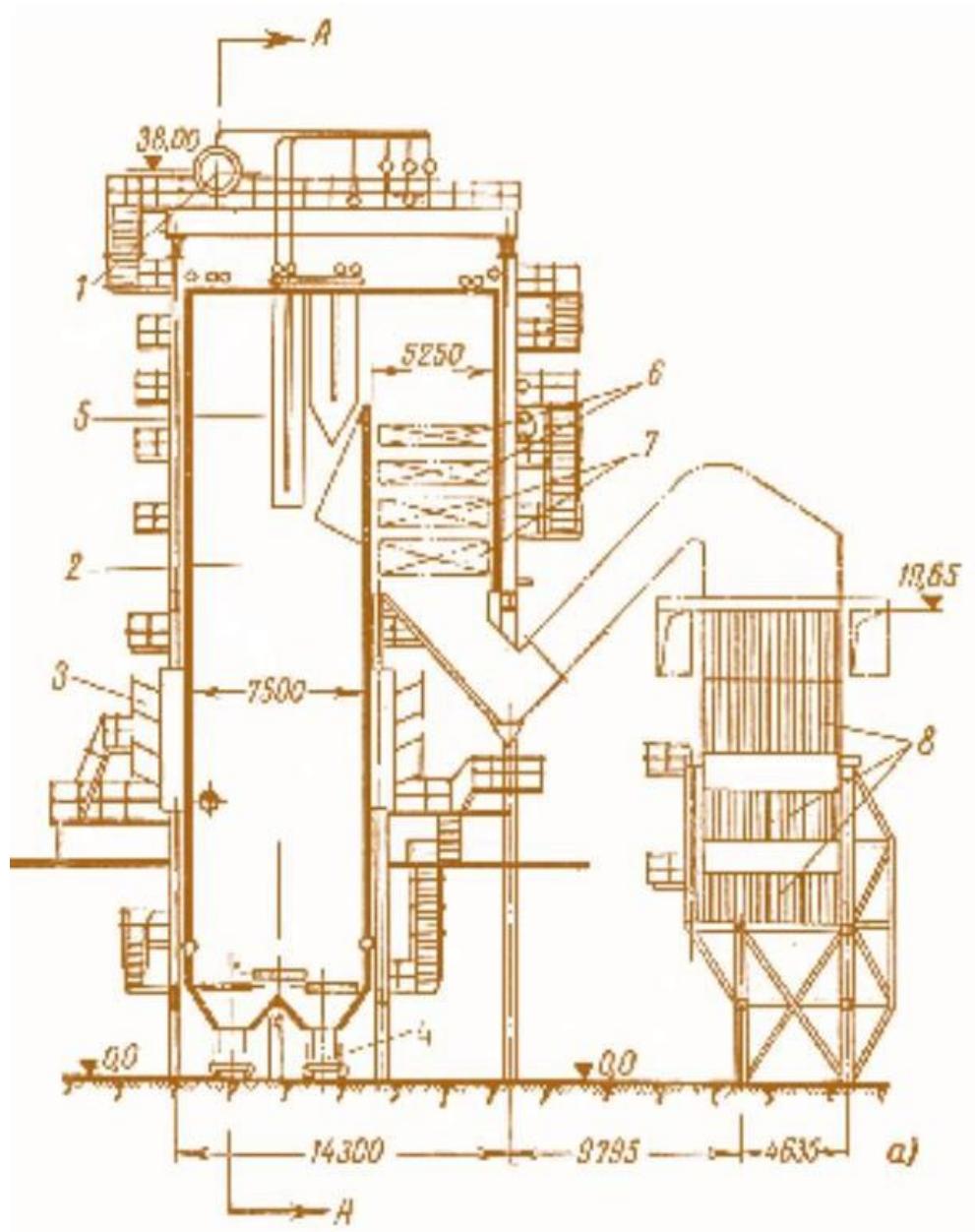


Рисунок 1.3 – Котел водогрійний: 1 – барабан; 2 – топка; 3 – 2 пальники; 4 – пристрої видалення шлака; 5 – ширми; 6 –перегрівач; 7 –економайзер; 8 – пароперегрівник трубчастий

Ротор турбіни механічно з'єднаний з генератором (G), а газ надходить у пальник, де змішується з повітрям; Інше повітря додатково подається за допомогою рекуперативного нагрівача (RH), нагрітого відпрацьованими газами. Вода, необхідна для роботи, пропускається через водяний економайзер, нагрівається і потім направляється по трубопроводу. Пара з турбіни повертається в конденсатор (КУ). Конденсат повертається в цикл котла. У топці

повітря змішується з газом (паливом), і воно запалюється. Тепло від процесу горіння змушує температуру води в трубах підвищуватися, після чого вона тече вгору до барабана через різницю тиску між трубою та барабаном, а також назад до барабана котла. Вода, розсіяна всередині барабана і обертається до повного простору всередині, є внутрішньою частиною котла. Негазована вода залишається в нижній частині котла, а верхня частина відбирається для сухої перегрітої пари. Волога пара, стиснута в барабані котла, піднімається в пароперегрівач, де висушується. Перегрівач подає перегріту суху пару до паропроводу турбіни, який потім подає його до турбіни. Лопаті турбіни, де обертається ротор турбіни, сконструйовані таким чином, що тиск пари, коли він входить, викликає обертання, це обертання призводить до ротора турбіни, а також до механічного руху до ротора генератора для генерації електрорушійної сили (ЕРС). Генератори електроенергії оцінюються приладами, відомими як вимірювачі потужності. Одним із поширених методів розрахунку загальної потужності є використання приладів для вимірювання потужності, якими є ватметри та вимірювачі потужності. TFC означає Turbine Frequency Controller, також відомий як контролери потужності, вимірює та регулює швидкість турбін, контролюючи потік пари до них через регулюючий клапан, що приводиться в дію дросельним важелем. Зазвичай енергетика складається з різних секторів на типовій електростанції: теплові електростанції мають одне джерело енергії. Блоки живлення з'єднані послідовно, вироблений постійний струм має фазну напругу 220 В, тоді як мережева напруга 380 В і частота фази 50 Гц. Для правильної та безпечної роботи системи споживача електроенергії необхідно збалансувати напругу та частоту струму. Це означає, що загальне виробництво електроенергії має змінюватися або зменшуватися до потреб усіх споживачів у системі електроенергії разом.

Допоміжне котельне обладнання включає в себе механізми підвищення, водопідготовки, подачі палива, відведення шлаку, золовикидання та прилади для контролю та автоматизації. Цикл отримання пари включає перетворення палива в пару за допомогою газопаливних пристроїв і спалювання.

Конструктивною частиною котла є триступенева решітка, яка розділяє

топку на чотири секції. Піч також має бічний і даховий екрани, останній частково кріпиться до переднього екрану. Через високу концентрацію екранування піч розташована на трубопроводі.

Поверхня нагріву значно вдосконалена, конвекційна поверхня нагріву – димовий канал, з 16 секційним економайзером. Ці секції розташовані з котушками, розташованими перпендикулярно до переднього фасаду заздалегідь визначеною схемою розташування. Пальники з прямими щілинами сприяють спалюванню газу завдяки яскравому полум'ю.

Газовий пальник розташований між вертикальними стійками джерела тепла. Продукти згоряння потрапляють в коридор конвекцією. Продукти згоряння виходять з камери в димохід, який лежить під стіною.

Тому необхідно використовувати воду хімічно чисту, оскільки гази природної води (кисень і вуглекислий газ) несприятливо діють на метал апаратів і трубопроводів.

Природна вода також спричиняє накип, який порушує хороший процес нагрівання та найкраще охолоджує метал, оскільки навіть цей метал перегрівається через поганий процес нагрівання. Існує потреба заповнити втрату природної води шляхом забезпечення її надлишком. Вода, що надається, проходить хімічну обробку. Вода отримує теплову енергію, вироблену при згоранні палива, ця теплова енергія транспортується до котла, її температура підвищується до 70°C-110°C і нарешті нагрівається до 150°C. Вода, повітря і газ тікають.

Вода, що повертається в котел, проходить хімічну обробку і дегазацію, щоб не містити солей і газів. Основні показники води, що надходить в котел після очищення: мінералізація 245 мг/кг; лужність, $p = 7$; вміст вуглекислого газу поза нормами введення; вміст кисню 30 мм рт.ст./кг; щільність 1006,7 кг/м³. Основним компонентом газової суміші є метан. Теплотворна здатність газу: $Q = 37836$ Дж/м³ Максимальна витрата газу: до 6,67 м³/с. Кінцевий продукт – рідина (вода) при температурі 150 градусів за Цельсієм і витратою: до 1,22 кг/с (613,9-1228 кг/с) [5-9]. Ця вода буде використовуватися для гарячого водопостачання та опалення.

Газ і повітря подаються на пальник котла. Повітря втягується через вентилятори. Хімічна суміш, яка горить у пальнику та виділяє тепло, називається горючою сумішшю. Тепло надходить у камеру згорання. Кінцевим результатом горіння є утворення газоподібних продуктів – димових газів. Ці димові гази забираються системою димових газів і викидаються в атмосферу. Процес спалювання відбувається у факельній системі.

Система димовидалення забезпечує достатньо місця для повного видалення всіх продуктів горіння під час горіння.

Він може повністю видалити продукти згорання, підтримуючи правильну пропорцію повітря до споживання палива. Процес згорання буде найбільш ефективним, коли є правильна пропорція палива та повітря. Процес подачі палива та повітря показано на рис. 1.4 [6].

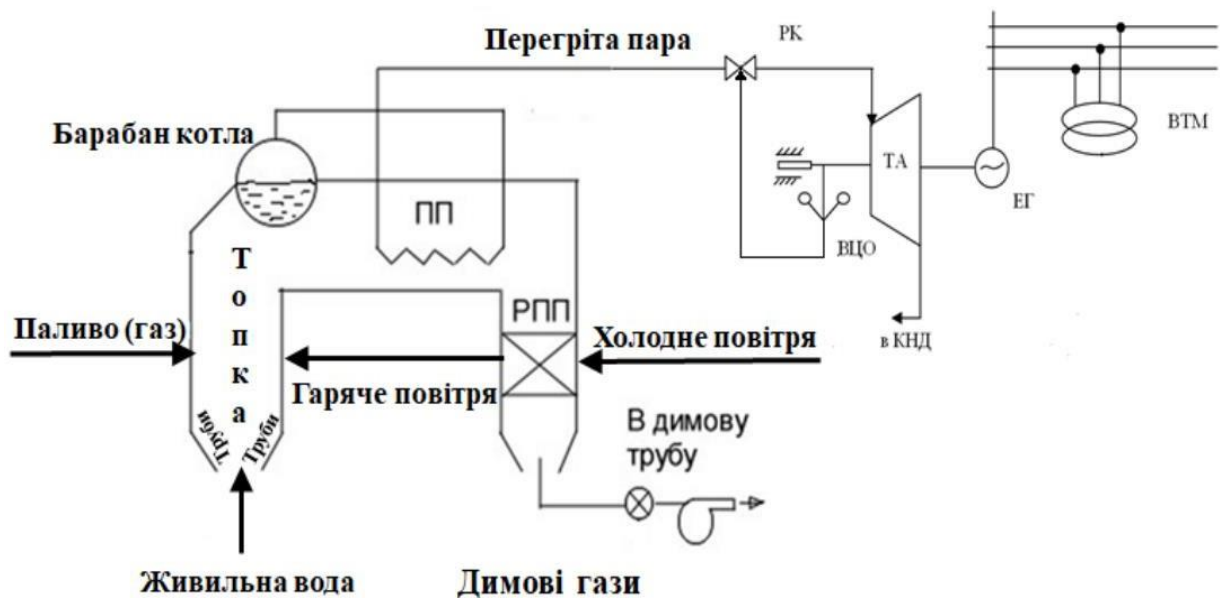


Рисунок 1.4 - Технологічна схема енергоблоку із барабанним котлом

Для оптимальної продуктивності збірка первинних підсистем у когенерації повинна діяти як єдина система для підвищення продуктивності роботи. Щоб успішно справлятися з різними умовами навантаження, двигуни повинні бути змінними, генератори повинні підтримувати постійну частоту та напругу, а обладнання для рекуперації тепла має добре використовувати

енергію. Кожен із основних компонентів когенераційної установки має власні панелі керування, які можуть бути як біля гаджета, так і в операційній. Основними компонентами є двигун, генератор і пристрій рекуперації тепла; тобто всі вони утворюють одне ціле. Стиль часто є одним з найважливіших факторів у роботі автомобіля.

У табл. 1.1 приведені технічні характеристики котла [10, 11].

Найчастіше до них відносяться регулятори та інші компоненти системи автоматичного управління в котельні; їхні параметри призначаються під час встановлення та ніколи не калібруються повторно. Часто такі регулятори не здатні забезпечити ефективне регулювання поведінки об'єктів нерегулярного типу. Однак цю проблему можна вирішити шляхом усереднення налаштувань параметрів. Щоб уникнути частого калібрування регулятора, інженери радше «послабили» параметризацію, щоб зробити систему менш чутливою до різних умов експлуатації.

У цьому випадку аспекти контролю якості системи можуть бути недооцінені. Отже, необхідно, щоб процес автоматичного контролю неминуче реалізовував задану якість навіть у найбільш «несприятливих» умовах; інакше така система навряд чи працюватиме адекватно. Вимоги до контролю для кожного випадку відрізняються, але основні характеристики контролю – час контролю та кількість динамічних помилок залишаються немінучими потребами процесу керування.

Керівництво повинно автоматично визначати оптимальні параметри контролера на підставі використання обладнання після змін або істотних змін атрибутів об'єкта. Автоматичні адаптивні контролери, по суті, завжди застосовуються, але часто з функцією адаптації, залишеною для досвідчених операторів. У зв'язку з цим створення систем, вільних від допомоги операторів/персоналу, залучених до управління об'єктами, матиме велике наукове і практичне значення.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики котлоагрегату

Найменування	Розмірність	Величина
Теплопродуктивність	ГДж/с	3,169* 10^{-7}
Робочий тиск	Па	1.1 – 2.6
Розхід палива: газ	м ³ /с	3,97 10^{-5}
Мазут	кг/с	3,294
Об'єм камери топки	м ³	398
Поверхня променесприймаюча	м ²	327
Теплонавантаження об'єму топкового	Вт/м ³	1171656 .0
Теплове навантаження променесприймальної поверхні:		
Газ	Вт/м ²	484484.0
Мазут	Вт/м ²	484484.0
Поверхня нагріву пучків конвективних	м ²	2385
Температура вихідних газів:		
газ	С	150
мазут	С	185
ККД котла: газ	%	92.7
ККД котла: мазут	%	91.6
Розхід води: основний режим	кг/с	0.3531
піковий режим	кг/с	0.3531
Гідравлічний опір:		
основний режим	Па	1660
піковий режим	Па	1660

Ефективна керована робота схем і обладнання – це ефективне використання енергії та ресурсозбереження, термін служби обладнання та

загальна вигода від контрольованого технологічного процесу чи системи в цілому. Проте однією з головних проблем є неефективне споживання палива. Тепер для підвищення ефективності спалювання газоподібного та рідкого палива та мінімізації обсягу небезпечних викидів потрібно вибрати найкращу систему палива. Ці параметри мають велике значення для підвищення чистоти та ефективності енергетичних процесів. Екологічний аспект разом з ресурсним потенціалом повинен бути основним пунктом при виборі паливної системи. Сучасні методи спалювання також здатні зменшити рівень теплового виробництва та відходів, одночасно збільшуючи виробничу потужність. Тоді підвищується рівень безпеки виробництва. Нові підходи до управління енергоресурсами та удосконалення систем керування, поряд з урахуванням інших факторів, можуть забезпечити максимальне використання паливної системи за умов високої продуктивності та економічності.

Це пов'язано з тим, що паливо сильно витрачається.

На сьогоднішній день краще модернізувати існуючі котли, ніж виготовляти нові. Це тому, що це підвищить ефективність котлів. Поточна модернізація переважно передбачає підвищення автоматизації, для чого впроваджені технічні нововведення в топковому обладнанні, які дозволяють досягти бажаних економічних і технічних результатів за розумних витрат.

Барабани котлів, які мають природний потік, здатні накопичувати значну кількість; особливо це стосується перехідних режимів. Важливо розуміти, що в залежності від багатьох факторів способи приготування пари відрізняються. Основними проблемами є споживання живильної води та температура навантаження споживача, споживання пари котлом при зміні навантаження, склад газу та вміст солей.

Зв'язок між вхідними та проміжними параметрами впливає з необхідності підтримувати рівновагу температури та матеріалу під час взаємодії парового котла та циклу турбіни. Кількість пари, що утворюється, має відповідати кількості спожитого палива. Крім того, він повинен відповідати кількості пари, що споживається через турбіну. Для ефективного процесу горіння важливо мати постійне споживання палива та повітря з належною

стабільністю полум'я в котлі.

Навряд чи будь-який котел може працювати без участі людини, а барабанний котел дуже важко автоматизувати. По суті, це велика кількість пов'язаних вхідних і проміжних змін таких параметрів, як споживання пари користувачами, дуже жорсткі вимоги до досягнення вихідних значень, точність системи автоматизації. Оскільки парові котли є досить складними динамічними системами, що мають велику кількість пов'язаних входів і результатів, під час проектування системи автоматичного керування необхідно розбити всю систему на кілька підсистем.

1.3 Аналіз схем автоматизації керування котла

Оскільки парові котли є складними динамічними системами, які мають велику кількість пов'язаних вхідних і вихідних змінних (див. рис. 1.3), то при проектуванні системи автоматичного керування необхідно розділити всю систему на кілька окремих систем.

З огляду на все, паровий котел можна вважати системою управління теплом, яка подається споживачеві у вигляді потоку пари з витратою пари. Разом з парою, що виходить з котла, передається теплове навантаження (теплонадходження), а тепло, що виділяється при згорянні палива в топці, включається. У статичному режимі роботи котла досягається рівновага між вхідним і вихідним теплом, і всі основні параметри підтримуються постійними. Змінюючи кількість пари, що використовується, споживач змінює тепловий баланс котла, що призводить до зміни первинних параметрів і введення динамічного режиму роботи. У цьому контексті система автоматизації повинна підтримувати стабільність теплового навантаження котла, в технологічній системі це досягається за рахунок витрати палива на котел. Зрозуміло, що руйнування палива вимагає споживання повітря, яке залежить від кількості палива, яке руйнується. У результаті контролер необхідний для регулювання частки кожної зазначеної вартості. Потоки повітря і палива подаються в топку, а продукти згорання (димові гази) видаляються з топки через відсмоктувач

димових газів. У разі відхилення від рівноважного потоку в печі, у верхній частині може статися зміна розрідження, що служить показником розподілу вхідних і вихідних потоків. В результаті запропоновано схему регулювання розрідження, яка впливає на виділення димових газів. Більша частина пари, що виходить з котла, спрямовується на парові турбіни, менша частина використовується в інших галузях промисловості. Усі групи мають спільне бажання підтримувати певну температуру пари. Контури контролю температури, які працюють, змінюючи потік холодної води, відповідають за подачу спеціальних парових охолоджувачів.

Значний вплив на роботу пароутворення має наповнення котла водою, рівень води не повинен сильно змінюватися. Як правило, витрата живильної води в котел є основним контролем за рівнем стабілізації.

Вода завжди солонна, невелика кількість якої виділяється разом з паром. Згодом солі будуть накопичуватися на поверхнях випарника системи, це призведе до зміни властивостей поверхні при теплообміні. При значному утворенні великого масштабу можливі аварійні ситуації. Як наслідок, у типових системах автоматизації використовується схема, яка контролює концентрацію солей через потік води, яка використовується для нагрівання котла. Специфічні властивості процесів виробництва пари в котлі та супутньому обладнанні дозволяють нам зробити висновок про основні способи автоматизації обладнання в котлі.

Як правило, типова барабанна котельня з автоматикою включає в себе наступні елементи керування [12, 13]:

1. Теплове навантаження котла (розраховується за тиском пари на виході з котла);
2. Ефективність спалювання палива (відповідно до хімічного складу продуктів згоряння);
3. Низька температура в горловині котла;
4. Температура перегрітої пари;
5. Рівень води в барабані котла;
6. Мінералізація живильної води.

Рисунок 1.5 ілюструє приклад системи автоматизації, яка включає всі типові контури керування, які вказані.

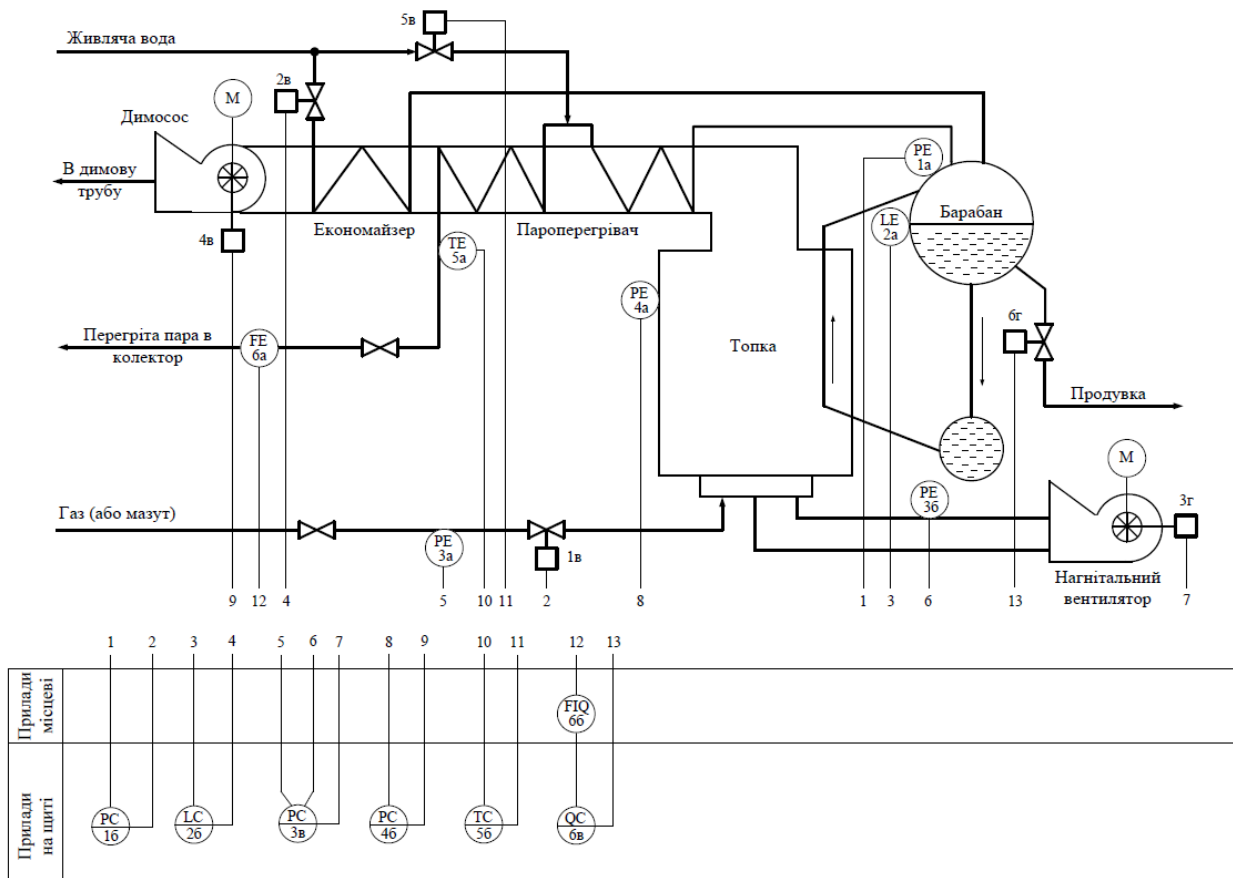


Рисунок 1.5 - Система автоматизації з загальними системами із одним контуром керування першорядних технологічних змінних

Позначення запропонованих меж. Контур 1, канал регулювання споживання газу (поз. 1а+1б), цей канал був розрахований на котел, і цей режим керування подачею палива називається номінальним параметром котла: контур 2, споживання води в каналі - рівень води в котел” (поз. 2а-2в); контур 3, канал «Відношення витрат тиску до тиску повітря і тиску газу в трубопроводах» (поз. 3а, 3г).

- контур 4, канал «Швидкість обертання двигуна розрідження димового вакууму в топці» (поз. 4а, 4с).

- контур 5, канал «Витрати живильної води – Температура пари в колекторі» (п. 5а-5в).

- контур 6, канал «Видалення солі з води /температура продукту псування/температура охолоджувальної води інжектора/потік залишку атмосферної дистиляції» (пункти 6а і 6г) [12].

На додаток до описаних вище простих систем управління застосовуються деякі більш складні структури систем і стратегії управління. Наприклад, для баків котлової води встановлюється єдиний механізм контролю перешкод. Передача пари та/або води вважається перешкодою. Будь-який такий пропуск є порушенням. Регулювання відхилення реагує на відхилення рівня води в барабані котла від заданого значення. Ця комбінована система (рис. 1.6) забезпечує стабільність при певному рівні води в барабані котла незалежно від навантажень котла чи інших перешкод.

Одним із перспективних шляхів підвищення ефективності теплоенергетичних процесів є системи управління більш складної структури.

Розглянемо систему регулювання температурного навантаження (ТН), блок-схема якої наведена на рис. 1.7 [14].

Питомим показником у ТН є витрати палива по відношенню до витрати кормової води. ТР магістральної лінії визначається температурою пари перед входом першої тр, що вводиться в середину лінії. На ТР додатково впливатиме співвідношення Σ/T , оскільки кожен фактор стосується чогось, що підлягає або маніпулюванню, або контролю.

Зазвичай первинний сигнал системи ТР для основного шляху приймається температурою потоку води або пари в одній конкретній точці.

Зв'язок між тр і коливаннями споживання палива і води є значним. Таким чином, RT видає попереджувальні сигнали від різних частин котла.

З рисунка 1.7 видно, що температура димових газів (або полум'я продуктів згоряння в топці) і витрата живильної води Гп.в. Перевагою такого типу системи управління вважається швидке реагування на зміни печі, а негативними сторонами швидкий вихід з ладу первинних перетворювачів температури через агресивний характер газу та пульсацію Θ_g .

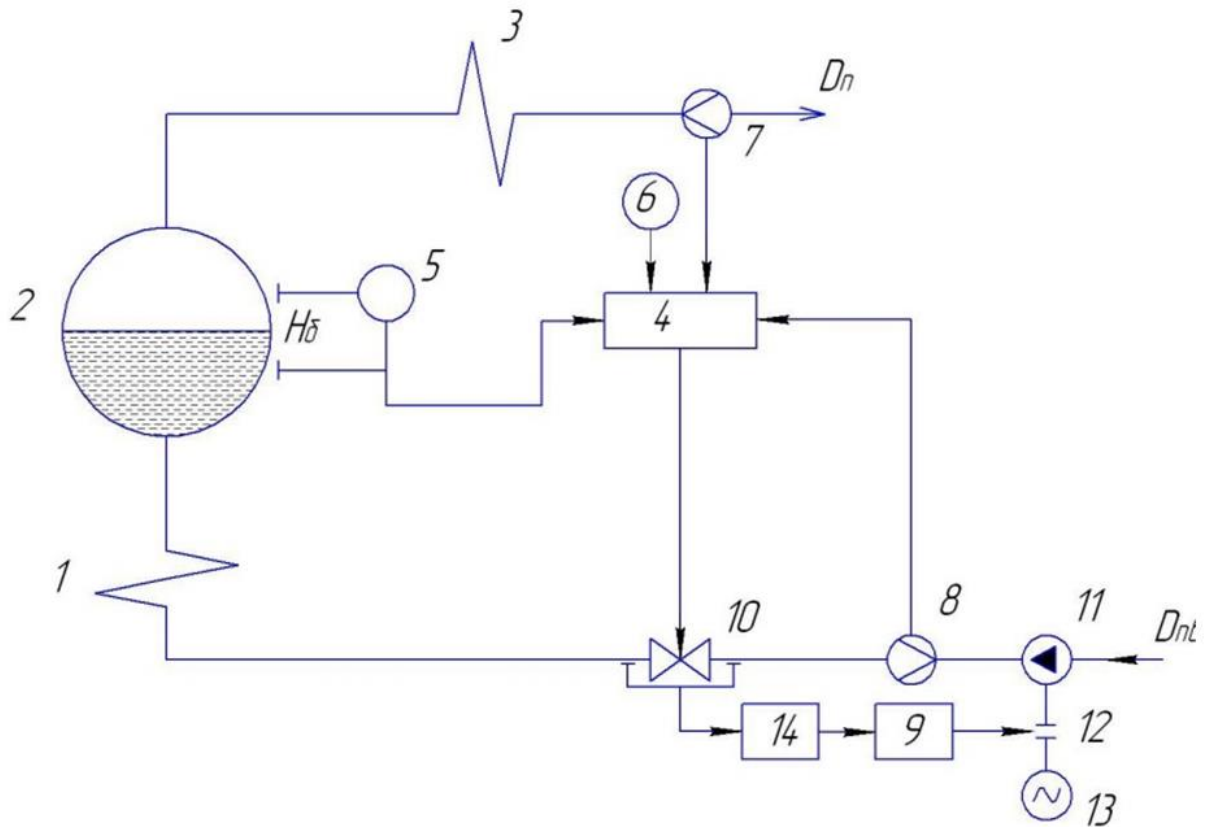


Рисунок 1.6 - Схема автоматизованого регулювання контурів живлення барабана у котлі [14]: 1 - господарська воронка, 2 - бочка, 3 - пароперегрівач, 4 - регулятор, 5 - скло вимірювальне, 6 - детектор, 7 - витратомір пари, 8 - витратомір живильної води, 9 - продуктивний стакан, регулювальний кран, 10 - вентиль. , 11 - живильний насос, 12 - гідромуфта, 13 - привід, 14 – манометр

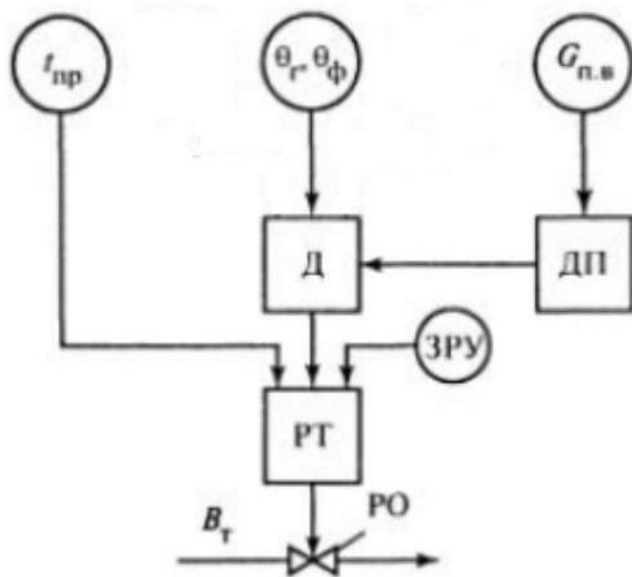


Рисунок 1.7 - Технологічна схема автоматизованої системи управління температури пари на виході первинного тракту

1.4 Висновки до першого розділу

У першому розділі проведено дослідження технологічного обладнання для виробництва пари. Визначено що для цієї цілі служать водогрійні котли. Проведено аналіз технологічних параметрів, а також їх вплив на точність та якість виконання робі. Розглянуті методи автоматизованого керування водогрійними котлами. Визначені задачі для подальшого дослідження.

2 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПАРИ

2.1 Дослідження параметрів пароводяного тракту котла

Системи автоматизації керування будуть залежати від наступних параметрів: режими описують технічну діяльність, а вихід описує режим оперативного керування, лише контрольовані компоненти та контрольовані компоненти зокрема. В обов'язковому порядку повинні контролюватися всі параметри - параметри режиму і виходу, на які впливає технологічна схема.

Створення системи автоматизації повинно забезпечити основу для регулювання та контролю технологічних змінних шляхом їх розподілу між контрольованими (зокрема режимними) і тільки контрольованими компонентами.

Потреби користувачів разом з умовами транспортування до кожного користувача визначають, при якій температурі перегрітої пари вона повинна бути в діапазоні і не залежати від кількості тепла, що виробляється котельним агрегатом. Допустимі відхилення залежать від типу котла і зазвичай не перевищують 10°C (з автоматичною корекцією 5°C).

Недостатнє розрідження в топці робить конвективний теплообмін у печі та димоходах неефективним, оскільки швидкість димових газів низька, а поверхні під час теплообміну забруднюються.

Необхідно переконатися, що в топці котла є розрідження. Його відсутність відчувається, оскільки видно, що полум'я чіпляється за стінку печі, отже, нездатність пальників і спалювання всього дистально до області, куди будуть спрямовані продукти згоряння (димові гази).

Збільшення розрідження приведе до порушення спалаху відносно горелки і прискореному відведенню продуктів згоряння, що покращує ефективність вилучального теплообміну.

Процентне співвідношення споживаного газу до повітря найбільш часто становить близько 1:10.

Будь-який надлишок або недолік газу знижує продуктивність котла, а надлишок пари призводить до падіння тиску.

Живильна вода насичена фіксованими солями, які з часом випадають у вигляді жорсткості або осаду. Ці тверді кристали становлять один із найважливіших інгредієнтів відкладень, які осідають у нижній частині барабана та колекторів.

Підвищений вміст солі у воді всередині котла призводить до збільшення накипу, що не сприяє ефективній передачі тепла. Перевищення концентрації солі допустимо. Однак, коли він перевищує цей рівень допуску, він може потрапити в пароперегрівач. Звідси виникає необхідність системного підходу до видалення солей з котлової води. Це можна зробити шляхом безперервної продувки.

Він також сказав, що ефективне управління сіллю в резервуарі може сприяти правильній роботі приладів і забезпечити ефективну роботу енергетичного обладнання в установі. Ефективність технологічної системи залежить від витрати пари або тиску на виході з котла. Виробництво відбувається переважно шляхом спалювання газу в нагрівачі.

Контроль рівня в барабані котла є одним із основних параметрів, що впливає на безпеку та надійність агрегату та пов'язаних з ним установок. Ці рівні збільшуються або зменшуються через збільшення або зменшення потоку пари, зміни теплового навантаження в печі та тиску в парі. Кількість має бути в розумному діапазоні, щоб забезпечити максимальне випаровування. Відхилення рівня в барабані котла від заданого також може призвести до перегріву в барабані і трубах екрану. Це буде результатом механічної міцності матеріалів труб і несправності котла.

Розглянуті особливості спалювання газу, а також те, що котел може задовольнити потреби в карті для цього, а саме наявність рівня в барабані перегрітої стації параметри рівня та шукати парупа се правітря для спалювання палива.

- температура на вході в водогрійний котел
- знижений тиск в топці котла;

- енергоспоживання котла в кВт/год.;
- швидкість потоку газу порівняно з повітрям;
- тиск пари в котлі;
- перегрів перегрітої пари після випаровування;
- початковий перегрів перегрітої пари;
- кінцевий перегрів перегрітої пари;
- надходження води з подачі в барабан котла за годину;
- швидкість потоку води в барабан 13.

Суміш повітря і СН₄, відома як детонуюча суміш, а точніше повітря, також може бути смертельною для життя людини. Ці змінні залежатимуть від аварійного сигналу, наприклад: - тиск газу перед каміном - концентрація метану в робочій зоні - концентрація оксидів вуглецю та кисню у вивільнених газах (димових газах) - викиди димових газів трапляються рідко [15-17].

2.2 Опис системи автоматизованого керування котла

Слідуючи основним положенням була побудована система регулювання пари. Схема системи автоматизації наведена на рисунку 2.1.

Функції, які виконує схема на рисунку 2.1:

- регулювання тиску в котлі в залежності від споживання газу (доріжка 1).
- регулювання температури пари на виході з котла (шлях 2);

Частка вуглекислого газу в газах, що пропонуються установкою, а також витрата газу відносно повітря (з урахуванням концентрації кисню в димових газах) також змінюється (контур 3):

- зміна швидкості вентилятора в зоні розрідження (шлях 4);
- контроль рівня води в барабані котла (шлях 5);
- контроль наявності полум'я в топковому просторі (контур 6).

Буде обговорено згадані процеси контролю та управління.

Від пристрою дистанційного керування (елемент 1А) сигнали тиску пари передаються до записуючого функціонального пристрою (елемент 1В).

Сигнал від органу надсилається до контролера з керуючим органом

(елемент 1В), який поміщений у потік газу.

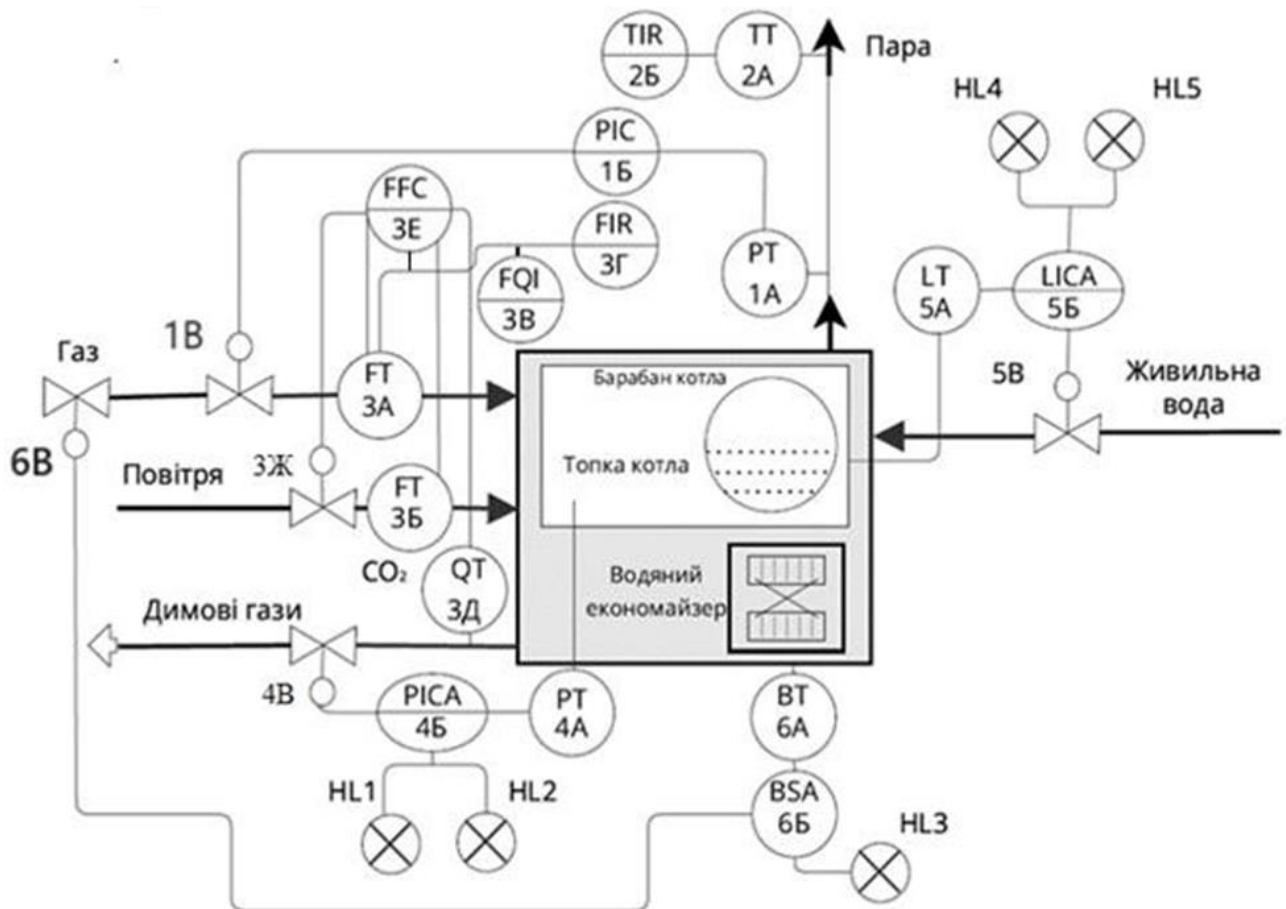


Рисунок 2.1 - Схема системи автоматизації котла

Температура пари на виході з котла вимірюється перетворювачем 2А та датчиком 2, витягнутим на віддалене місце. Він вказує та записує вторинний пристрій 2В.

Сигнали від витратомірів газу (3А) і повітря (3Б) надходять на регулятор співвідношення (3Е), який регулюється виконавчим пристроєм через керуючий елемент (3Ж), розташований у потоці повітря. Сигнал від вимірювання витрати газу. 3А також надсилається на лічильник використання газу (3С) і на монітор і реєстратор використання газу (3Г).

Співвідношення спожитого газу та повітря контролюється за сигналом вимірювача концентрації кисню в димових газах (сенсор 3Д).

З топкової кімнати сигнал витяжного вентилятора повинен передаватися по телебаченню в позицію 4А. Від позиції 4А до керуючого органу з

елементами керування та індикації 4В, встановленому на димоході котла відносної витрати газу з димоходу котла, виконується реле. Сигналізація перевищення як верхньої, так і нижньої межі освітленості.

Сигнал від датчика рівня в барабані з дистанційною передачею (пункт 5А) направляється на прилад індикації, реєстрації та керуюче-сигнальних функцій (пункт 5В); - з контролера сигнал подається на виконавчий механізм з регулятором (поз. 5V), що встановлюється в подається протягом води; - інформація про вибивання границь верхніх і нижніх меж світлової.

Сигнал від оптичного приладу про наявність полум'я в опалювальному приміщенні подається на сигналізацію (при відсутності полум'я) і аварійний виконавчий механізм разом з блоком управління (6В), який налаштований на потік газу.

Повітря, що подається в котел, регулюється в необхідному співвідношенні газ/повітря, а витрата повітря регулюється залежно від концентрації кисню в димових газах. Це зроблено для максимального підвищення безпеки роботи та системи, що є таким же важливим, як і ефективність роботи. Це коефіцієнт, який потрібно виміряти, щоб точно визначити склад газу та встановити пристрій, який регулює це співвідношення.

Контроль рівня води в барабані котла

Пропорційний сигнал щодо рівня рідини в котлі подається регулятором 4а. Він надходить до регулятора 3в через Ів, а потім до приводу, який контролює потік води.

Зміна частоти розрідження котла.

Концепція надійності системи використовується для оцінки поведінки автоматичної системи в експлуатаційних умовах. Механічні навантаження (вібрації, удари, постійне прискорення), електричні навантаження (напруга, електричний струм, потужність), умови навколишнього середовища (температура, вологість, тиск) належать до тих впливів, які впливають на автоматичну систему під час роботи.

Впливом цих факторів будуть спостережувані відхилення параметрів системи від їх номінальних (розрахункових) значень. Такі відхилення можуть

досягти такого рівня, коли система стає непридатною, оскільки помітно великі відхилення параметрів від розрахункових значень під час роботи системи призводять до аварії або виникнення браку у виготовленій продукції.

Коли система більше не задовольняє вимогам, які до неї висували, це означає, що вона вийшла з ладу. Отже, надійність є однією з якісних характеристик системи, і, як і інші властивості системи (точність, швидкодія), вона повинна оцінюватися кількісно на основі аналізу технічних параметрів системи в умовах експлуатації.

Оскільки на окремі технічні параметри системи впливає низка факторів (схемних, конструктивних, виробничих, експлуатаційних), і їх неможливо аналітично врахувати при детерміністському підході до аналізу системи, можлива кількісна оцінка надійності системи лише на основі теорії ймовірностей або її спеціальних розділів (процеси теорії випадкових подій) і математичних статистичних методів).

Можна сказати, що здатність такої системи зберігати всі значення параметрів у визначених режимах і умовах роботи забезпечує надійність протягом прийняттого діапазону часу.

Виходячи з конструкції, кожен пристрій має цільове призначення. Спеціальною функціональною системою може бути система автоматичного керування. Збурювальні ефекти приводять систему в різні стани, за допомогою яких вона виконує призначені їй функції. У кожному такому випадку якість виконання системою функцій буде різною. Наприклад, чим менша відповідність вихідних параметрів, що характеризують виконувану функцію, заданим, тим краще функціонування системи; тобто тим менш ефективна система. Ефективність системи передбачає функціонування заданих функцій при заданому значенні параметра.

Тому надійність автоматичної системи з урахуванням станів має бути повною ймовірністю, вираженою у формулі.

У деяких роботах оцінка якості автоматичної системи розбивається на дві задачі – дослідження точності та надійності. Така задача може бути вирішена шляхом правильного вибору функції ефективності стану системи.

Надійність, у цьому випадку, є властивістю продуктивності системи. Якщо про якість автоматичної системи можна судити достатньо, щоб описати її по надійності виконання її функцій в різних станах, то надійність зливається з ефективністю системи.

Зазвичай узагальнене кількісне значення надійності системи неможливо безпосередньо отримати з первинної інформації, і це не дозволяє оцінити вплив різних етапів розвитку та функціонування системи; отже, рекомендується, щоб надійність розглядалася з точки зору трьох основних компонентів, які є властивостями системи і можуть бути оцінені як якісно, так і кількісно: 1. надійність; 2. відновлюваність (ремонтпридатність); 3. ремонтпридатність.

Найважливішим і визначальним компонентом надійності системи управління є надійність системи.

Безвідмовна робота протягом необхідного інтервалу часу робить автоматику надійною системою.

Взаємозв'язок: Хоча будь-який елемент може вийти з ладу, але все обладнання продовжує працювати, автоматична система менш надійна, але дуже надійна.

Лише одиничний збій протягом необхідного проміжку часу означає, що автоматична система взагалі не працює.

Одиничний збій у заданому інтервалі часу при роботі АГН повністю перериває «повну автоматизацію».

Мабуть, найважливішим фактором, що визначає надійність від характеристик автоматичних систем, є те, що будь-який окремий пристрій у максимальній автоматизації не повинен призводити до будь-якої відмови.

Питання безпеки представлені як проблеми у формі залежності від автоматизації для певних функцій, що часто має критичний результат

Протягом заданого інтервалу часу безвідмовної роботи і при заданих умовах керування автосистема може перебувати в одному з двох станів: працюючому (стані, при якому значення параметрів, що характеризують здатність системи виконувати необхідну операцію, знаходяться в межах). передбачені нормативно-технічною документацією) і неробочі (стан системи,

при якому значення хоча б одного параметра виходить за межі встановлених меж).

Ці два стани системи будуть відповідати протилежним подіям, і тому для них буде вірною ця рівність, яку надалі будемо називати головним статичним рівнянням відмовостійкості системи.

Група окремих гаджетів, які проходять нескладальні операції на заводі, що робить їх єдиним цілим за функціональним призначенням. Таким чином, підсумок є сумою простіших підрозділів.

Загальна надійність системи може бути лише однією загальною властивістю, що дозволяє поставити питання про те, як надійність окремих компонентів системи відображається на надійності автоматичної системи. Для такого аналізу необхідно ввести поняття елемент і система.

Елемент цієї частини має визначене призначення та виконує необхідні функції, які зазвичай приймаються без подальшого поділу за ціле.

Система - це набір елементів, взаємодіючих між собою в процесі виконання визначених функцій.

Опис поняття «система» і «елемент» це те, що для будь-яких завдань є системою, в тому числі може розглядатися в якості елементів для інших в залежності від цілей дослідження, необхідної точності, відомої надійності та ін. д. Даже така складна система, як АСУ ТП, може бути розглянута в якості елемента більш складної системи управління підприємством.

Поділ автоматичної системи на елементи залежить від конкретної задачі, що вирішується. Таким чином стає можливим дізнатися, наскільки насправді надійна система чи пристрій. Як тільки систему або пристрій розбивають на елементи, можна вважати його відмовостійкість основною характеристикою елемента при оцінці надійності. Це дає можливість у більшості випадків оцінити надійність пристрою без безпосереднього зв'язку з функціональною природою елементів, їх конструкцією тощо.

Рівність визначає безвідмовність елементів. Його відношення може бути використано як характеристика відмови у формах розрахунку, а його зворотне значення – як оцінка ймовірності з тих самих причин. Яка з двох властивостей є

кращою, залежить від того, як сформульована конкретна проблема. Інколи зручніше використовувати ймовірність відмови як змінну розрахунку та як міру покращення системи, пристроїв чи елементів у певних задачах аналізу.

Де коефіцієнт підсилення системи $P_0 = 0,99$. Як і після виправдувального прикладу дублювання тракту, його надійність може бути підвищена до $P=0,9999$. Необхідно визначити ступінь підвищення надійності каналу підсилення.

Виграш у надійності будемо оцінювати коефіцієнтом r , як відношення надійності розширеної схеми до надійності початкової схеми, а втрату ймовірності відмови – коефіцієнтом S_r , як відношення відповідних ймовірностей відмов $S_r = P / P_0 = 0,9999/0,99 = 1,01$.

Таким чином, в першому випадку, якщо використовувати коефіцієнт S_r , надійність приладу збільшується в 1,01 рази або на 1%, що, на перший погляд, може виявитися не дуже значущим, хоча на самому надійність приладу збільшується значно.

Якщо використовувати коефіцієнт S ($S = Q/Q_0 = 1 * 10^{-4}/1 * 10^{-2} = 1 * 10^{-2}$), то ймовірність відмови від вдосконаленої схеми в порівнянні з вихідною зменшиться в 100 разів.

Така оцінка ступеня вдосконалення системи більш зручна і наочна, хоча описує все ту ж об'єктивну сутність зміни якості системи.

Поряд із методами оцінки відмовостійкості автоматичних систем за вихідними параметрами системи стає можливим також оцінка відмовостійкості системи за вхідними впливами, якими в конкретному випадку є збурення або навантаження, що характеризують умови експлуатації.

Відновлюваність є властивістю системи. Це передбачає стійкість системи до запобігання, виявлення та усунення причин відмови, включаючи відновлення з непрацездатного стану до працездатного шляхом технічного обслуговування та ремонту.

Відновлення — це дія, за допомогою якої система повертається з непрацездатного стану в працездатний. Це може передбачати реконфігурацію, калібрування, виправлення або ремонт несправного обладнання чи елемента,

або це може бути заміна несправного обладнання чи елемента на робочий. Таким чином, невідновлювані системи відносяться до тих систем, у яких їх відновлення після несправності вважається неможливим або недоцільним, тоді як відновлювані системи - це ті, у яких відновлення здійснюється відразу після відмови.

У цих же умовах застосування одна і та ж система може бути віднесена до нерегенерованим (наприклад, якщо вона встановлена в приміщенні, в якому не ведеться обслуговування, і доступ персоналу до технологічного узлу заборонено під час роботи) і регенерованим, якщо співробітники зможуть відразу приступити до відновлення після аварії.

Відновлюваність в якості автоматичної системи є якісною характеристикою автоматичної системи; Таким чином, відновлюваність можна визначити як властивість системи, яка дозволяє обслуговуючому персоналу з певною кваліфікацією відновлювати системи за заданих умов середовища.

Кількісна величина відновлюваності системи - це ймовірність того, що її параметри будуть відновлені до необхідних значень за цей проміжок часу обслуговуючим персоналом певної кваліфікації в навколишніх умовах.

Нездатність автоматичних систем відновлюватися навіть з відносно прийнятними характеристиками відмовостійкості призводить до величезних витрат на експлуатацію системи.

Здатність до відновлення має серйозний вплив на підготовку системи до виконання своїх функцій щодо запуску робочого циклу або зміни, систем автоматичного блокування тощо.

Існує два типи відновлення системи:

- профілактичний,
- коригувальні.

«Реактивний» означає ремонт, виконаний для відновлення нормального робочого стану несправної системи. Для визначення: «Запланований» — це робочий термін, який мінімізує ймовірність відмови системи шляхом регулювання, вирівнювання, очищення, змащування тощо. Деякі роботи з ремонтно-технічного обслуговування плануються для запобігання виникненню

збоїв системи під час експлуатації; здебільшого це заміни компонентів системи з критичними значеннями параметрів.

Таким чином, позаштатне відновлення потрібно при відмові системи. У той же час параметри системи коригуються або її частини змінюються із-за відмови або в результаті недопущеного зміни параметрів системи в робочому періоді.

2.3 Технічні засоби автоматизованого керування

Розглянемо можливі варіанти вирішення технічних питань підключення засобів автоматизації до систем моніторингу та управління.

Обговоримо структурну схему системи розрідження в топці котла (шлях 4), як показано на рисунку 2.2. Для вимірювання тиску можемо взяти PDP, налаштований разом із дистанційним контролером, як-от ARIES PD100, від основного перетворювача, і перевірити індикаторний записуючий пристрій із функціями керування та сигналізації (PPRKS), який можна виконати через ПЛК типу Siemens S7-300, а потім вироблений керуючий сигнал передається на перетворювач частоти (IF) (Siemens 312), який регулює швидкість двигуна (M) диму екстрактор.

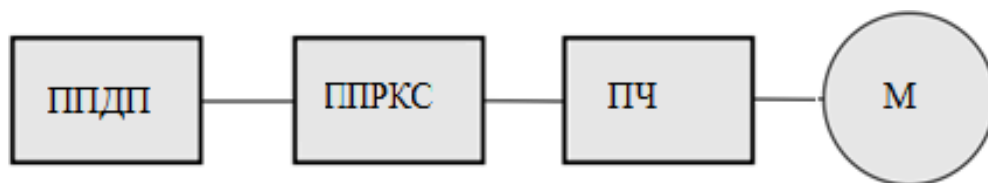


Рисунок 2.2 - Структурна схема автоматизованого регулювання тиску

Розглянемо блок-схему контролю співвідношення повітря та палива відносно атмосфери (шлях 3), як показано на рисунку 2.3. Первинні датчики використовують розподілене положення для дистанційної передачі сигналу, вимірювання спожитого газу та повітря. Варіанти 3А і 3В відповідають генам PPD1 і PPD2 відповідно. Сигнал від першого датчика 3А передається на вторинні вимірювальні пристрої поз. 3G разом з блоком інтегратора для

розрахунку загального обсягу спожитого газу. Комбінований вихід 3А та 3В надсилається до регулятора положення дозування. Отримане положення ПК: за допомогою цього можна скомпільувати логічний контролер Siemens. Сигнал дистанційного зчитування від первинного перетворювача дистанційного зчитування для відсоткового об'ємного вмісту кисню в димових газах поз. Зверніться до рисунку 3D (PPDKn), щоб вирішити проблему споживання газу та повітря. Сигнал 3Е через правило 3Е подається на перетворювач частоти (Siemens типу 312) (IF) для керування вентилятором нагнітача.

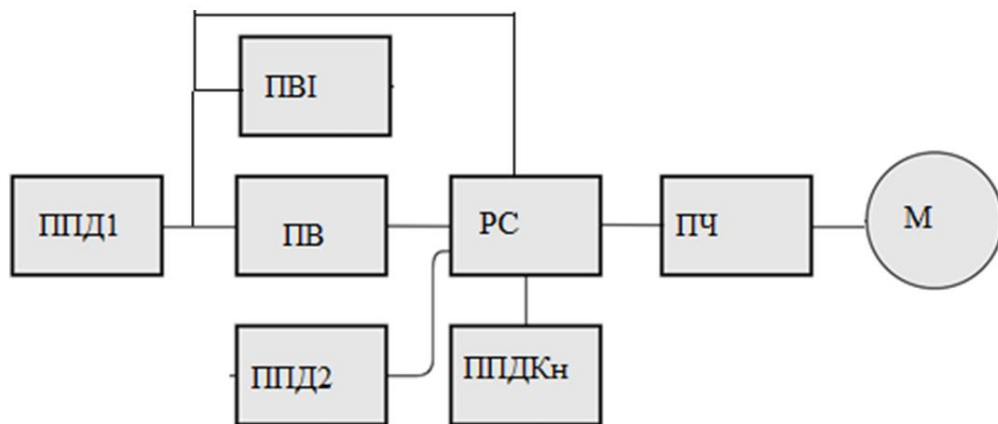


Рисунок 2.3 - Структурна схема автоматизованого контролю співвідношення палива та повітря

Розглянемо структурну схему температури пари (контур 2) представлену на рисунку 2.4. Для вимірювання температури будемо використовувати базовий калькулятор позиції 2А (наприклад, ARIES DTS-105), що має загальний вихід постійного струму 4-20 мА (PPD) і передасть сигнал на пристрій запису, пристрій відображення або позицію 2В (PPR).

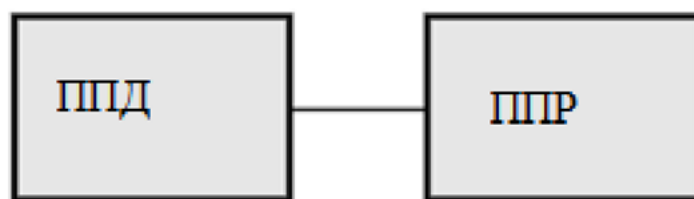


Рисунок 2.4 - Структурна схема автоматизованого контролю температури

Найдем технічні засоби автоматизації, які можуть бути використані для автоматизації процесу нагрівання води. Теплообмінник ДТС-5 призначений для монтажу в приміщеннях, де знаходяться вибухонебезпечні суміші газів і парів рідин, що запалюються в повітрі. На рис. 2.5 представлений загальний вид перетворювача. Ціль полягає в його використанні з максимальною ефективністю в системах управління, не маючи додаткових нормалізуючих компонентів.



Рисунок 2.5 - Вигляд перетворювача температури ДТС5

Діапазон перетворення температури для ARIES PD100 становить від -50 до 500 градусів Цельсія, напруга живлення 18-42 В постійного струму, точність < 0,5 °С.

PD100 виробництва ARIES може вимірювати розрідження. Діапазон виконує постійні вимірювання від тиску до потужності, включаючи абсолютний, манометричний, диференціальний, вакуумний тиск, гідростатичний тиск і надлишковий вакуумний тиск у нейтральному та неінтуїтивному середовищі, тобто матеріал у контакті. Керуючий сигнал — це постійний постійний струм від 4 до 20 мА плюс цифровий сигнал, сумісний з HART, або цифровий сигнал, сумісний з RS485.

Основними функціями загальнопромислового перетворювача PD100 є вимірювання надлишкового тиску в середовищах, які не взаємодіють зі сталлю, наприклад, газу, пара або вода. На рис. 2.6 показаний загальний вигляд перетворювача тиску; похибка 0,5%.



Рисунок 2.6 - Вигляд перетворювач тиску

Пускач являє собою магнітний пристрій, що діє через вузькостворене магнітне поле, розмежоване з якорем пускача, в якому жорстко з'єднані силові контакти. На рис. 2.7 показаний принциповий вигляд одного із зображень магнітного пускача.



Рисунок 2.7 - Вигляд магнітного пускача

Електричні однооборотні виконавчі органи досить поширені в сучасних

системах автоматичного керування, що забезпечують керування технологічними процесами за оперативністю та точністю. Пристрій повинен мати можливість переміщати тіло, забезпечене функцією регулювання для керування різними параметрами на основі сигнального контролера та пристрою.

Вони мають ефективну взаємодію з іншими вузлами автоматики та досягають високої швидкості та коректності виконання команд.

Розглядається сучасний стан розробки даних механізмів і практичне застосування їх принципів в автоматичних керуючих системах в [15-19]. В загальних рисах вузол виконавчого органу показано на рис. 2.8.

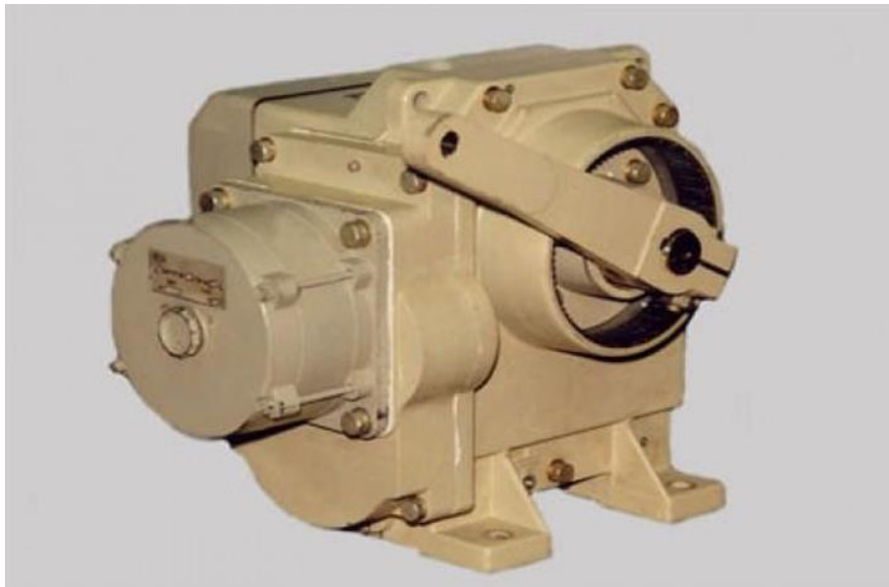


Рисунок 2.8 - Вигляд виконавчого механізму

Датчик призначений для точного вимірювання концентрації газу та забезпечення їх постійного контролю в навколишньому середовищі. Рис. 2.9 показує загальний вигляд одного з варіантів газових моніторів серії IG.Его перевага- це можливість змінити вид газу за допомогою механізму кнопки. При досягненні накопиченого газу порогового значення відкладається індикація з періодичним звуковим сигналом.



Рисунок 2.9 - Вигляд газоаналізатора ПГ-9

Прилад визначення загальних солей з водою мінералізації 6032 EZODO (торгова марка EZODO), має портативну форму. Даний вимірювач солоності дуже точний і може плавати; крім того, він не деформується під час поливу. Пристрій солеметрів представлено нижче на рисунку 2.10.

EZODO 6032 знаходить промислове застосування, особливо в котельних системах, які підігривають солі так, щоб можна було регулювати концентрацію солей в теплоносії. Проблема цих гаджетів полягає в калібруванні та тестуванні при зміні умов [20].



Рисунок 2.10 - Вигляд солеміра EZODO 6032

Тому в системах, де може бути важко індивідуально контролювати

полум'я кожного пальника, вибіркоче керування основними пальниками є надзвичайно корисним. Це, у свою чергу, допомагає ще більше підвищити точність і чутливість системи керування.



Рисунок 2.11 - Блок контролю за полум'ям

Обговорюване керування полум'ям позбавлене складності окремого керування кожним пальником, але в той же час забезпечує ефективний моніторинг, який здебільшого неможливо здійснити іншими засобами, забезпечуючи тим самим необхідний рівень безпеки та високу ефективність автоматизації енергетичних установок.

2.4 Висновки до другого розділу

У цьому розділі зведено в таблицю всі параметри та вимоги, яким повинна відповідати конструкція системи автоматизації для регулювання виробництва пари. З розглянутих процесів згоряння газу, тепломасообміну всередині котла можна зробити висновок про основні завдання системи автоматизації.

Деякі параметри, що викликають важливе занепокоєння, включають рівень води в барабані, температуру перегріву пари, нерівномірність між топкою та димоходом і надлишок повітря, який використовується для спалювання. Прилад повинен вимірювати наступне: тиск, температуру, витрати

газу та повітря, рівень рідини в барабані, розрідження в топці та наявність полум'я, розм'якшення палива, а також повітряний потік для рівномірного згоряння. пальне.

Оскільки газова суміш з повітрям може бути вибухонебезпечною і отруйною, необхідно підкреслити, що сигналізація контролює тиск газу перед топкою, концентрацію газу в робочій зоні, а також концентрацію вуглекислого газу і кисню у вихідних газах і їх розведення.

Попереднє дослідження представляє цілісний спосіб управління та регулювання параметрів парових котлів при проектуванні енергетичних систем. Визначений контроль не тільки створить стабільність і ефективність у процесі виробництва пари, але за допомогою аналізу хімічного складу газу, скорегує співвідношення газ-повітря і підвищить ефективність і стабільність роботи котла.

Структурні схеми системи управління і розглядаються в окремо для контролю. Пропонується розглянути нові методи технологічної автоматизації, які використовуються в даний час при модернізації котельних.

3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ

3.1 Знаходження динамічних властивостей каналу управління засобами керування

System Identification Toolbox MATLAB

Сьогодні перед машинобудуванням постає питання максимальної ефективності енергоспоживання. Парогенератори, як паровий котел, відіграють велику роль у забезпеченні парою технологічних процесів. Одним з найважливіших факторів щодо ефективності парових котлів є тиск пари.

Метою даної роботи є визначення залежності між тиском і споживанням газу в паровому котлі. Споживання газу певним чином є показником ефективності споживаної енергії. Тому життєво важливо розуміти це співвідношення, щоб можна було оптимізувати роботу парових котлів у напрямку досягнення максимальної продуктивності за мінімальних витрат. [21-25]

Ідентифікація загалом розуміється як процес створення адекватної математичної моделі об'єкта та технічних вимог до нього, а точніше – як виділення параметрів із вимірювання вхідних/вихідних сигналів. Потім ці параметри використовуються для визначення математичної форми, яка разом із вимірними сигналами складає математичну модель. Оцінені параметри допомагають побудувати математичну модель у термінах спочатку невідомих змінних.

Ймовірно, найскладніше питання в ідентифікації системи полягає в тому, щоб знайти адекватну структуру моделі, яка дасть хороший результат. Підгонка моделі до конструкції (оцінка параметрів) зазвичай не є проблемою. Золоте правило моделінгу: забудьте те, що ви вже знаєте. Іншими словами, при виборі структури моделі слід використовувати попередні знання про систему та фізичне розуміння.

Визначити взаємозв'язок між споживанням котлового газу та тиском

пари в практичному паровому котлі. Визначити оптимальну робочу настройку котла, яка б призвела до найкращої ефективності використання газу. Об'єкт дослідження можна визначити як «чорний ящик», який має вхід і вихід, як показано на рисунку 3.1.

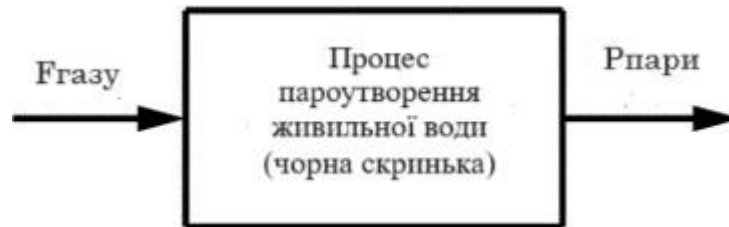


Рисунок 3.1 - Узагальнена схема об'єкту дослідження

Математичне моделювання, засноване на ідентифікації та моделюванні, є невід'ємною частиною всіх галузей техніки. Час розробки лінійних моделей чорного ящика короткий; однак вони мають велику кількість параметрів, і якість моделі здебільшого «локальна», тобто дійсна поблизу робочих умов системи, як отримано з ідентифікаційного експерименту.

System Identification Toolbox надає утиліти, які спрощують побудову математичних моделей динамічних систем, що працюють у лінійному режимі введення/виведення. Такі утиліти мають чіткий графічний інтерфейс для зручної організації даних і розробки моделей без участі в командно-орієнтованому моделюванні.

Котел, як підсистема, модель навантаження як регулятор b -може вважатися з'єднаним послідовно з камерою згоряння, паровою частиною, барабаном і пароперегрівачем. Цей набір зв'язків уздовж каналу «Надзвуковий тиск у перегрітій парі» демонструє властивості аперіодичного зв'язку першого порядку з транспортною затримкою.

Експерименти проводитимуться при різних тисках пари з фіксованою швидкістю потоку газу. Кореляція буде встановлена між цими двома параметрами шляхом вивчення та розділення отриманої таким чином інформації. Відповідні експериментальні результати, використані у дослідженні представлені на малюнках 3.2 і 3.3.

Два набори даних з двох елементів кожен були створені в MATLAB, один для вхідних сигналів, а інший для вихідних сигналів. Команда `ident` використовувалася з панеллю інструментів ідентифікації системи, і ця програма панелі інструментів викликала цю команду.

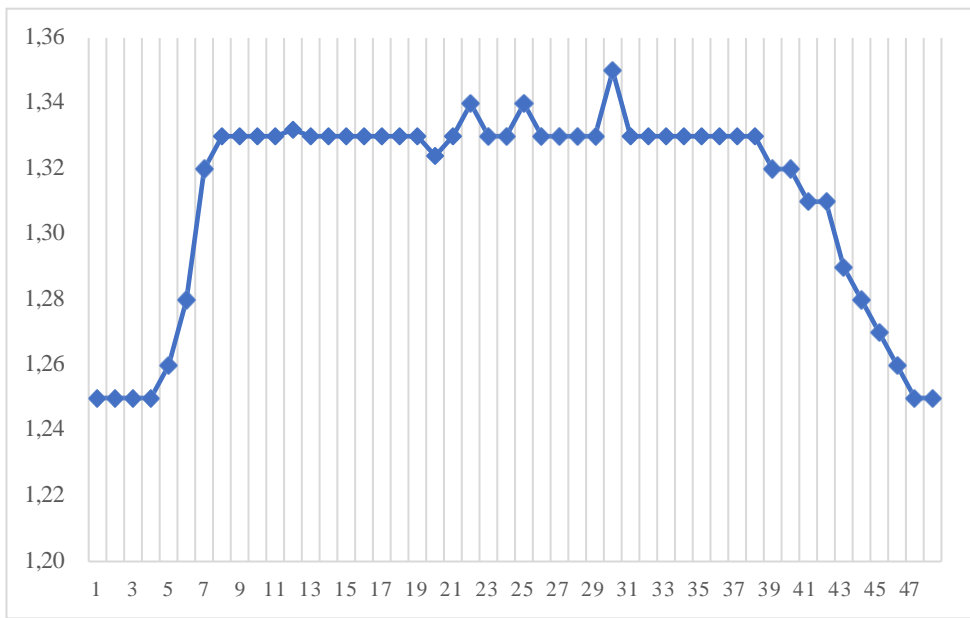


Рисунок 3.2 - Залежність зміни розходу газу у часі

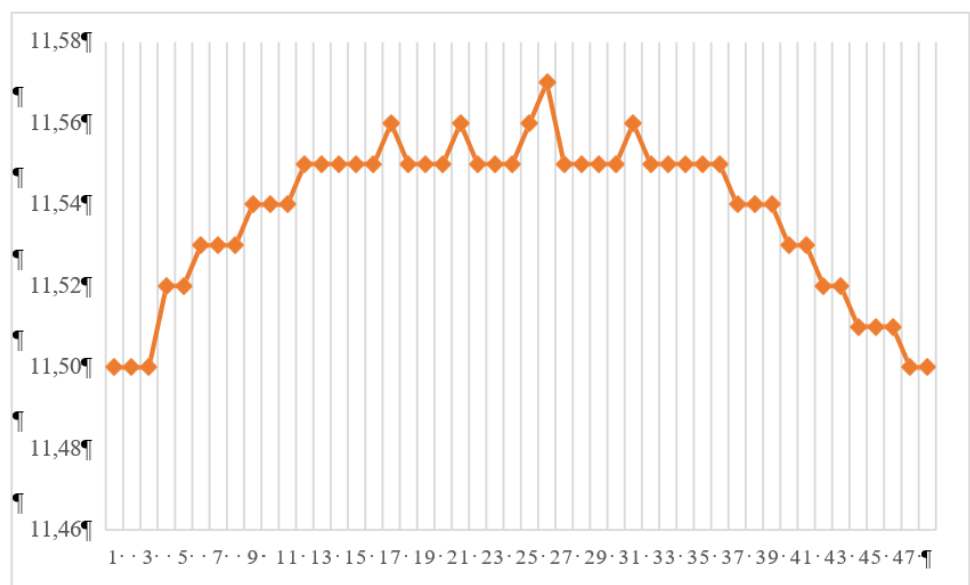


Рисунок 3.3 - Залежність зміни тиску пари у часі

За допомогою System Identification Toolbox ідентифікація взаємозв'язку між тиском пари та потоком газу була виявлена та представлена. Різноманітні

методи ідентифікації дають можливість вибрати найбільш відповідний вид математичного представлення, яке було б достатньо точним для опису динаміки системи. [26-29]

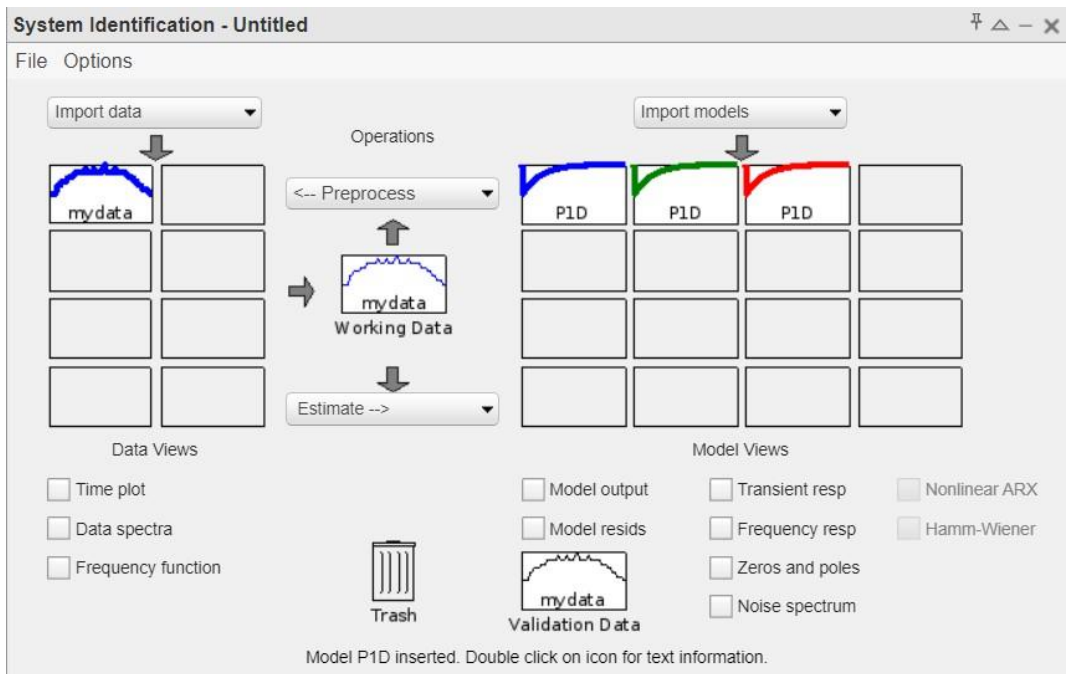


Рисунок 3.4 – Представлення графічного інтерфейсу System Identification Toolbox

Щоб перевірити непостійність зв'язку, було розглянуто кілька інших ситуацій, і була обрана найбільш ефективна.

```
Process model with transfer function:  
Kp  
G(s) = ----- * exp(-Td*s)  
      (1+Tp1*s)(1+Tp2*s)  
  
Kp = 0.183  
Tp1 = 11.87  
Tp2 = 0.00025874  
Td = 26.13
```

Рисунок 3.5 - Параметри матмоделі P2D

В результаті функція каналу керування «Витрата газу – Тиск пари на виході» буде наступною:

$$W(p) = \frac{0,183}{(1 + 11,87 * s)(1 + 0,00025874 * s)} * e^{-26,13*s} = \frac{0,183}{0,30712s^2 + 11,87s + 1} * e^{-26,13*s}$$

$$W(p) = \frac{0,183}{0,30712s^2 + 11,87s + 1} * e^{-26,13*s}$$

Завдяки отриманим раніше результатам тепер можна зробити остаточне твердження про те, які умови роботи парового котла вважаються оптимальними, це фактори, які максимізують ефективність використання газу та в той же час зберігають загальну стабільність системи в довгостроковій перспективі. Таке дослідження було б корисним у розробці рекомендацій щодо оптимізації роботи парових котлів, щоб зменшити вплив на навколишнє середовище, пов'язаний з використанням енергії пари, за рахунок використання енергетичних ресурсів.

3.2 Симуляція об'єкту дослідження в Simulink

Середовище Simulink програмного пакету Matlab було використано для отримання конфігурації контролера, як показано на рисунку 3.5. Там буде схема об'єкта керування із зв'язками затримки процесу та лічильником графічного представлення того, скільки часу займає процес.

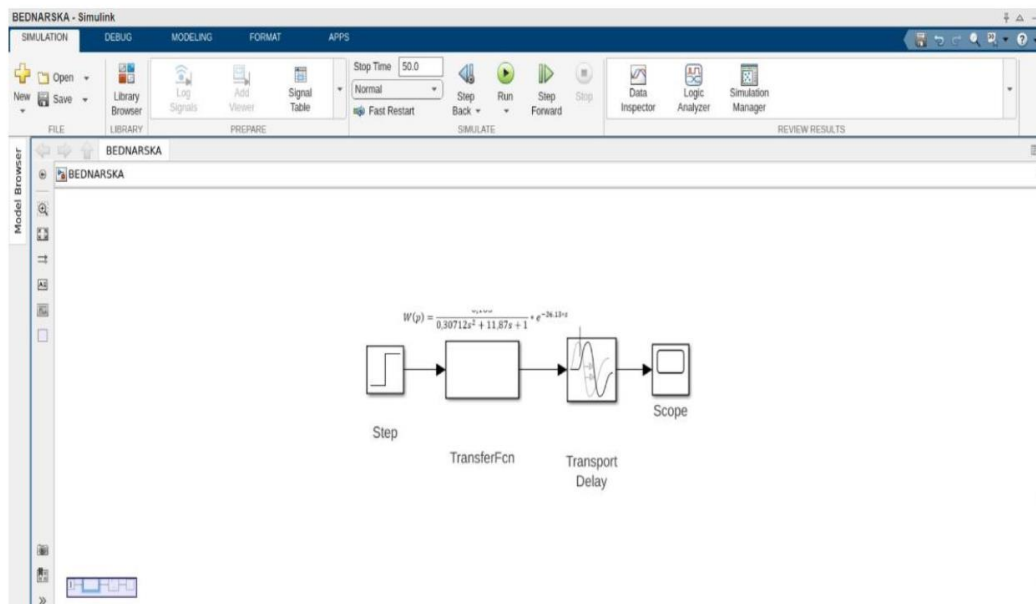


Рисунок 3.6 - Структурна матмодель об'єкту управління в Simulink

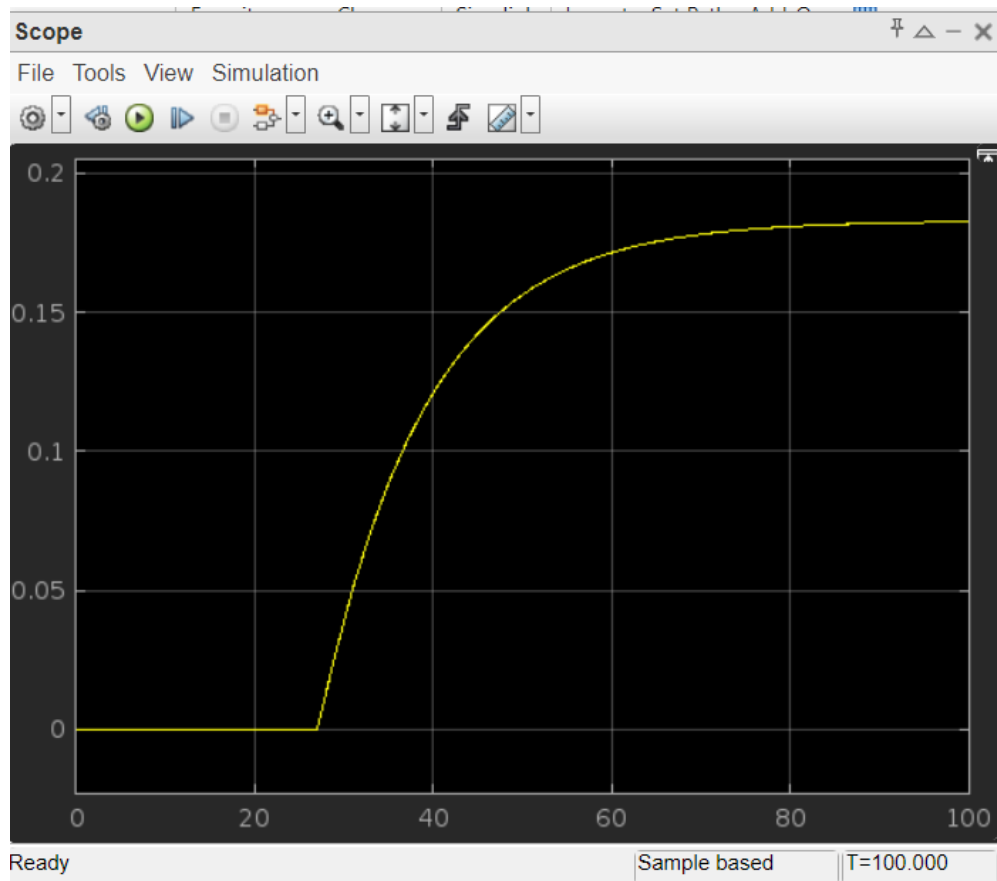


Рисунок 3.7- Характеристика перехідна пароутворювача за каналом “Розхід газу – Вихідний тиск пари ”

3.3 Висновки до третього розділу

У третьому розділі розроблена математична модель водогрійного котла. Це допомагає моделювати та аналізувати складні динамічні системи. Реалізація математичної моделі тиску пари споживання газу перевіряє точність і узгодженість результатів. Було виявлено, що зміна тиску пари справді впливає на кількість газу, який споживає паровий котел; всі інші фактори залишилися незмінними. Таким чином, це може бути використано в майбутньому для покращення умов праці та покращення використання ресурсів.

Додавання Simulink дозволяє бачити та говорити про реакцію системи на зміни тиску пари. Це робить віртуальні «експерименти» набагато простішими у виконанні, щоб знайти найкращі умови.

Споживання газу пов'язане з рядом інших параметрів, таких як температура, склад палива тощо. Подальші дослідження можуть покращити

розуміння процесу та сприяти розробці ще більш точних і цілісних моделей.

Таким чином, він показує співвідношення між тиском і потоком газу через паровий котел, а також дає кілька корисних порад щодо максимізації роботи системи та підвищення ефективності виробництва.

4 ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБЛЕННЯ ПАРИ У ВОДОГРІЙНОМУ КОТЛІ

4.1 Створення бази знань експертної системи для пошуку аварійних ситуацій типу

Розглянемо перелік фактів, які можуть привести до аварійних ситуацій. Для котлів головними причинами аварій є :

- зниження тиску газу перед пальниками;
- підвищення тиску газу перед пальниками;
- зниження тиску повітря перед пальниками;
- пониження розрідження в топці;
- згасання полум'я пальника;
- аварійний рівень речовини в барабані;
- загазованість повітря.

На рисунку 4.1 зображена структурно-параметрична схема роботи котла

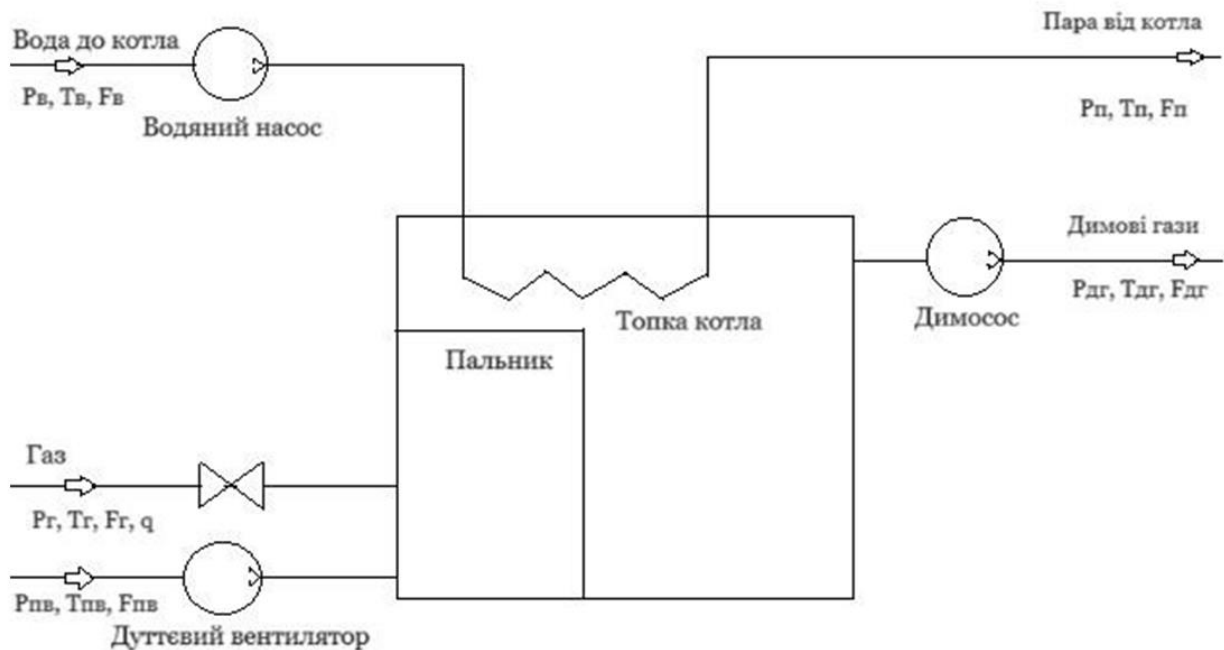


Рисунок 4.1 – Схема технопроцесу пароутворення в котлі

Усі технологічні компоненти на рисунку 2.1 були проаналізовані в сумі, щоб з'ясувати, яким чином вони порушують технологічний закон.

Метою дослідження є побудова графа (дерева), який представляє зв'язки між можливими аварійними станами в роботі котла. Це дерево дозволить легко визначити причини кожної аварії та, таким чином, спрогнозувати подальші небезпечні ситуації. Побудова дерева базується на встановленні зв'язків між різними подіями аварій, тому формальний пошук інформації про аварії є обов'язковим. Факти – це, як правило, випадки значень значущих технологічних змінних, які перевищують допустимі діапазони, визначені для них у технологічному регламенті. [30-39]

Розглядаються всі основні властивості кожного з потоків у розглянутій системі (технологічній системі). Досліджуючи деталі аварій на цій діаграмі, можемо простежити їх зв'язок і створити дерево аварій (рис. 4.1), яке легше оцінити та погодити групою експертів.

При вирішенні задачі проектування дерева необхідно враховувати аспекти щодо можливого виникнення аварійних ситуацій в заданих конкретних умовах виробництва: втрата якості, наявність дефектів, відхилення параметрів від допустимих меж та інші «негаразди». явища.

Нарешті, ризик збільшення дефектів і, отже, погіршення якості продукту є однією з критичних проблем, які необхідно ретельно планувати при проектуванні дерева. Взяття їх до уваги допоможе розробити ефективні стратегії автоматизації та контролю, які уникають принаймні мінімізації виникнення таких несправностей в енергетичних установках. Наведемо приклад щодо одного з цих непередбачених випадків. Можна спостерігати неефективність котла тому, що не вистачає палива, оскільки занадто багато вторинного повітря було використано для споживання. У цьому випадку можна застосувати деяке затемнення споживання третинного повітря.

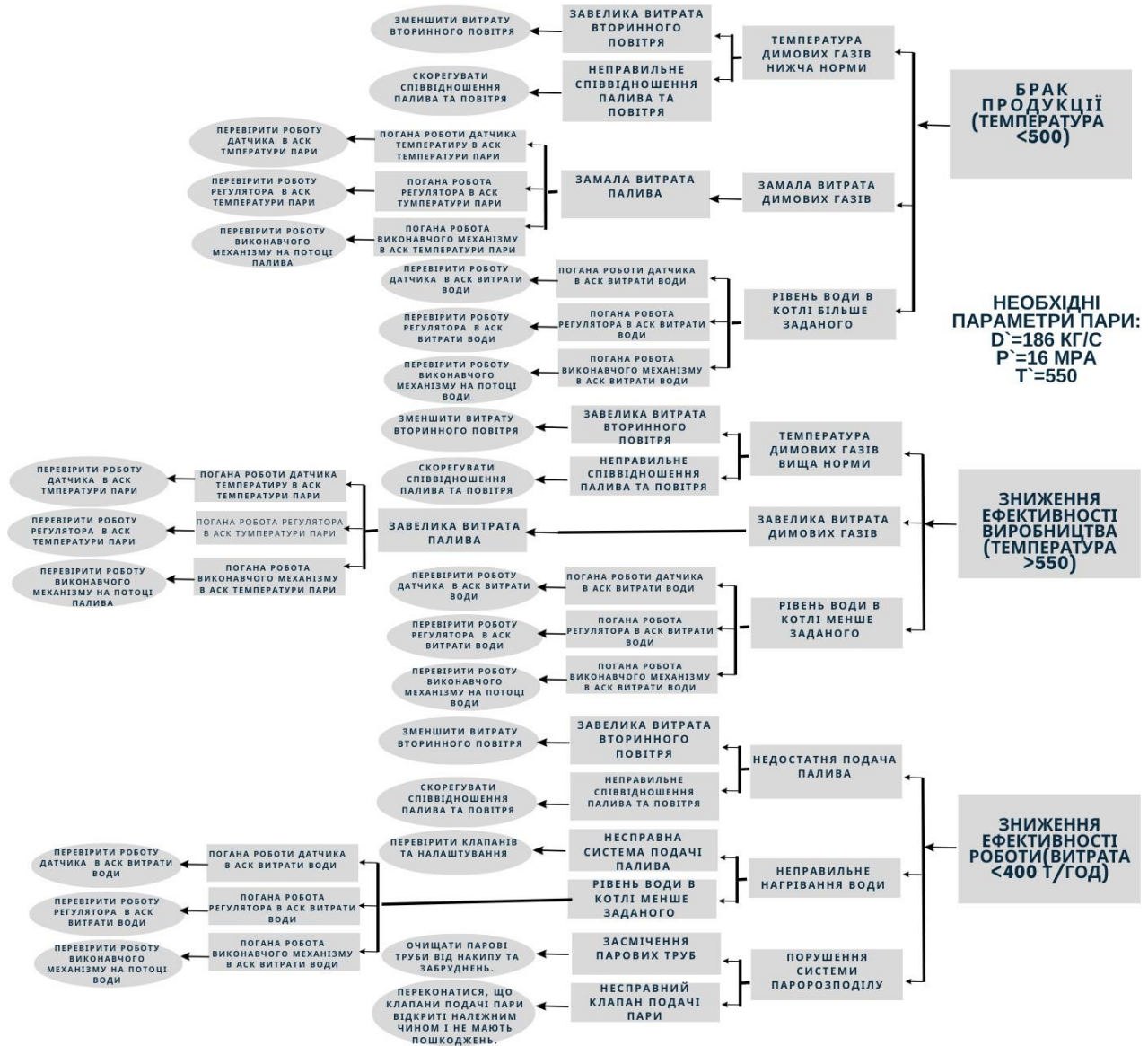


Рисунок 4.2 - Дерево нештатних ситуацій у водогрійному котлі

4.2 Керування нечіткою логікою процесами підігрівання води у котлі

У цьому розділі проілюструємо процес розробки нечіткого контролера з метою управління паливом, що подається в паровий котел на ТЕЦ. Розглядаються етапи процесу розробки, застосована методологія та алгоритми, структура нечіткого контролера.

Нечітке управління – це режим управління, сформований нечіткою математикою на основі теорії нечітких множин, який застосовний за умов значної невизначеності, пов'язаної з об'єктом управління, а також значного досвіду експлуатації та складної ситуації, яку важко розпізнати, приймаючи багато часу, а також у ситуаціях, що вимагають знань експерта.

Нечіткий контроль можна продемонструвати на таких звичайних установках, як доменна піч, дистиляційна колона або прямоточний котел. Математичні моделі зазначених систем зазвичай містять велику кількість емпіричних параметрів, часто регульованих у широкому діапазоні, що ще більше ускладнює ідентифікацію. Такими системами могли б ефективно керувати їх досвідчені оператори, використовуючи інструменти та досвід.

Формулювання нечітких правил якщо-тоді також допомагає моделювати нечіткі ідеї операторів більш зручним способом. Імовірність того, що теорія нечітких множин може прижитися за останні 30 років, надзвичайно зросла, і ця зміна пояснюється в основному великою кількістю опублікованих досліджень у цій галузі. Крім того, було засновано більше 10 міжнародних журналів, які спеціалізуються на теорії та застосуванні нечітких множин. [40-43]

Щоб зробити нечітке управління, повинні вибрати керовані змінні та їх фазування.

Першим етапом дослідження є загальна діагностика системи керування паровим котлом ТЕЦ. Основні принципи та властивості процесів системного аналізу. Цей аналіз надав базові знання, які дозволили визначити вхідні та вихідні змінні для нечіткого контролера, як показано на рис.

Було визначено, що цей аналіз передбачає відстеження коливань температури, коливань об'єму пари, змін у навантаженні та інших робочих параметрів, що впливають на коливання, як основних факторів, що визначають ефективність і надійність системи. Таким чином, це дає базовий аналіз, який інформує про те, що буде відомо пізніше, перш ніж вказувати вхідні та вихідні параметри, які формують основу для проектування нечіткого контролера.

Це включає перевірку системи керування, властивостей та специфікації властивостей, що вивчають тип проблеми та умови, за яких гнучкі системи керування³ можуть ефективно працювати для різних умов експлуатації теплової електростанції.

Слід зазначити, що з нечітким логічним керуванням, незважаючи на обсяг літератури, можна розрізнити два режими роботи щодо компонентів керування: один для самого контролера; а інший для вузла, який уточнює параметри PI, які

може приймати контролер. Таким чином, відсутність блоку нечіткої логіки в основному контурі керування дозволяє розглядати систему в будь-який даний момент як лінійну, використовуючи звичайні методи аналізу та лінійного синтезу системи, як-от системна частота 20.

На основі щойно розглянутих принципів IPDI можна надати наступну класифікацію нечітких систем автоматичного керування, що використовуються в даний час, у порядку збільшення ступеня інтелекту.

Нечіткий регулятор в прямій схемі, побудований на основі нечіткої логіки, яка організовує зворотний зв'язок з об'єктом управління безпосередньо через датчики і шляхом реалізації однієї з доступних схем нечіткого виведення. Такий пристрій може бути надзвичайно простим і дурним, оскільки він використовує лише попередньо введені знання, зібрані експертом на етапі проектування, а потім втілені в базу правил системи нечіткого висновку, але нульову можливість змінювати цю базу правил самостійно та будь-які модифікації в ній виконується програмістом ззовні, то така система управління має мінімальний ступінь інтелекту. [44-48]

Гібридна нечітка САУ. Замкнуте управління зі зворотним зв'язком, в якому прямий ланцюг містить гібридний нечіткий контролер як регулятор - дворівневий ієрархічний пристрій, який забезпечує стан об'єкта управління датчиками на першому рівні та застосовує керуючу дію на цьому першому рівні. шляхом виконання складеного лінійного або нелінійного закону керування, отриманого з класичних методів ТАУ (наприклад, ПД-регулювання, релейний регулятор тощо). На другому рівні цього гібридного нечіткого контролера параметри до контролера адаптуються за допомогою однієї з раніше розглянутих систем нечіткого логічного висновку відповідно до будь-якого з цих варіантів здійснення, де в цьому випадку вхідними змінними є поточні стани змінних об'єкта керування; а вихідні змінні є параметрами закону керування, застосованого на нижчому рівні (наприклад, коефіцієнти підсилення ПД-регулятора). Система керування є більш інтелектуальною, оскільки такий пристрій мав би певну адаптивність до змін у характеристиках керованого об'єкта та самостійно змінював би закон керування відповідно до встановлених

правил, заснованих на знаннях – Вищий ступінь інтелекту в системі може бути реалізований, якщо алгоритм керування та методи його модифікації використовують методи, які належать до штучного інтелекту. Адаптивні нечіткі СКУД здатні задовольнити ці вимоги.

Адаптивна нечітка САУ. Система являє собою регулятор закритого типу зі зворотним зв'язком, в якому керуючий вплив у прямому колі здійснюється від адаптивного нечіткого регулятора – регулятора, організованого у два ієрархічних рівнях, який після опитування об'єкта керування щодо його стану отримує на першому рівні виконання. однієї з розглянутих раніше схем нечіткого виведення. На іншому етапі цього рівня, згідно з деякими евристичними, один із методів нечіткого логічного висновку вибирається для модифікації бази правил системи нечіткого висновку. Таким чином, зміна умов роботи нечіткої адаптивної САУ призвела б до інтелектуального налаштування на верхньому рівні системи нечіткого виводу нижнього рівня, яка сама по собі є автоматом для автоматичного прийняття рішень на основі експертних знань.

Ця класифікація нечітких систем ні в якому разі не є вичерпною, оскільки в даний час докладаються зусилля для подальшого підвищення інтелекту нечітких ACS, дотримуючись усіх принципів IPDI та амбіції переходу від малих інтелектуальних систем до величезних інтелектуальних систем. Ці цілі будуть досягнуті шляхом поєднання багатьох інших методологій для розробки інтелектуальних систем у багаторівневі інтелектуальні контролери, що синтезують нечіткі висновки, ситуаційний контроль, інженерію знань, нейронні мережі та еволюційне моделювання. У цьому аспекті найбільший потенціал, з точки зору автора, пов'язаний з розробкою інтелектуальної АСУ на основі нейронних мереж нечіткої логіки, що пов'язує як методи роботи з нечіткою інформацією та знаннями, так і самоадаптацію системи. [49-55]

У переважній більшості випадків при синтезі САУ з нечітким контролером вся робота зводиться до проектування основи нечітких продукційних правил. Якщо база продукційних правил побудована в лінгвістичних змінних, що характеризують стан об'єкта, то при реалізації керування нечітким контролером реалізується управління станом. І тут мета

управління як цільовий стан об'єкта управління неявно потрапляє в основу правил експерта при створенні бази нечітких правил виробництва. етапи Архітектура АСУ з нечітким контролером, що реалізує управління станом.

Узагальнений об'єкт керування включає безпосередньо керований технологічний процес, підсилювально-перетворювальні механізми, органи регулювання та датчики вимірювання змінних стану об'єкта керування. Вхідні змінні, що характеризують реальний і бажаний стан об'єкта керування, фазифікуються та поширюються через систему нечіткого логічного висновку. Система нечіткого висновку включає базу узагальнених правил нечіткого виробництва. «Завдяки цьому шляхом нечіткого висновку досягаються чіткі значення вихідних змінних разом із відповідним керуванням технологічним процесом.

Тепла та холодна вода подається до змішувача через дві труби разом із відповідними витратами та температурами t_{hol} , G_{hol} та t_{hir} , G_{hir} . Таким чином, змінюючи витрату гарячої води G , що надходить у змішувач, здійснюється регулювання температури води t на виході із змішувача. Розглянемо приклад нечіткого керування узагальненим динамічним об'єктом техніки – краном, що складається з вентиля та вентиляційного отвору посилення k , крана та блоку, що вимірює температуру з функцією пропускання $W_{dat}(s)$. Буде розроблено нечіткий контролер, який синтезує дію u , що дорівнює куту повороту клапана крану, у відповідь на оцінку рівня комфорту теплої води на виході з отвору.

Евристичні правила, що застосовуються після повороту клапана вправо/вліво для гарячої води на виході змішувача відносно середнього положення, що відповідає комфортній температурі гарячої води на виході змішувача:

- якщо «вода гаряча», то «поверніть клапан на великий кут праворуч»;
- якщо «вода не дуже гаряча» то «поверніть кран на невеликий кут праворуч»;
- якщо «вода тепла», то «залиште положення клапана»;

- якщо «вода прохолодна», то «перемістіть клапан під невеликим кутом ліворуч»;
- якщо «вода холодна», то «перемістіть клапан на великий кут ліворуч».

Лінгвістичні змінні допомагають формалізувати опис температури води на виході зі змішувача та кутового повороту крана гарячої води; кортеж з п'ятьма нечіткими змінними.

4.3 Фаззифікація

Таким чином, необхідною вхідною змінною є вибір контрольованих змінних і фазова їх фаза. Оскільки вибрані змінні, якими керує користувач, є тиск пари та споживання газу. Далі лише обговорення цих двох змінних: пояснюємо їх з достатньою кількістю деталей. [55-59]

Лінгвістична змінна «Тиск пари» :

малий
 ⟨Тиск пари; нормальний; $11.35 < P \leq 11.75$ ⟩
 великий

Опишемо функції належності:

$$P_{\text{малий}} = \begin{cases} 1, P < 11.475 \\ \frac{11.525-P}{0.05}, 11.475 \leq P \leq 11.525 \\ 0, P > 11.525 \end{cases} \quad (4.1)$$

$$P_{\text{Нормальний}} = \begin{cases} 0, P < 11.5 \text{ або } P > 11.6 \\ \frac{P-11.5}{0.05}, 11.5 \leq P < 11.55 \\ \frac{11.6-P}{0.05}, 11.55 \leq P \leq 11.6 \end{cases} \quad (4.2)$$

$$P_{\text{Великий}} = \begin{cases} 1, P > 11.625 \\ \frac{P-11.575}{0.05}, 11.575 \leq P \leq 11.625 \\ 0, P < 11.575 \end{cases} \quad (4.3)$$

Лінгвістична змінна «Витрата газу»:

НИЗЬКА
 ⟨Витрата газу; нормальна; $1.1 < F \leq 1.56$ ⟩
 ВИСОКА

Опишемо функції належності:

$$F_{\text{Низька}} = \begin{cases} 1, F < 1.255 \\ \frac{1.305-F}{0.05}, 1.255 \leq F \leq 1.305 \\ 0, F > 1.305 \end{cases} \quad (4.4)$$

$$F_{\text{Нормальна}} = \begin{cases} 0, F < 1.28 \text{ або } F > 1.38 \\ \frac{F-1.28}{0.05}, 1.28 \leq F < 1.33 \\ \frac{1.38-F}{0.05}, 1.33 \leq F \leq 1.38 \end{cases} \quad (4.5)$$

$$F_{\text{Висока}} = \begin{cases} 1, F > 1.405 \\ \frac{F-1.355}{0.05}, 1.355 \leq F \leq 1.405 \\ 0, F < 1.355 \end{cases} \quad (4.6)$$

Розробимо нечіткі моделі розглянутих змінних для НчАСК в середовищі Matlab

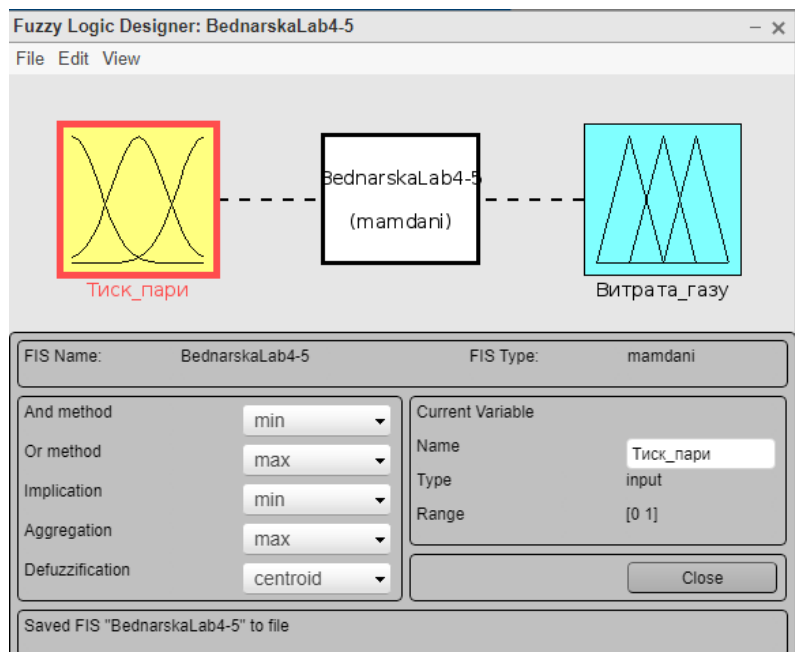


Рисунок 4.3 - Вигляд редактору що визначає керовану та керувальну змінні

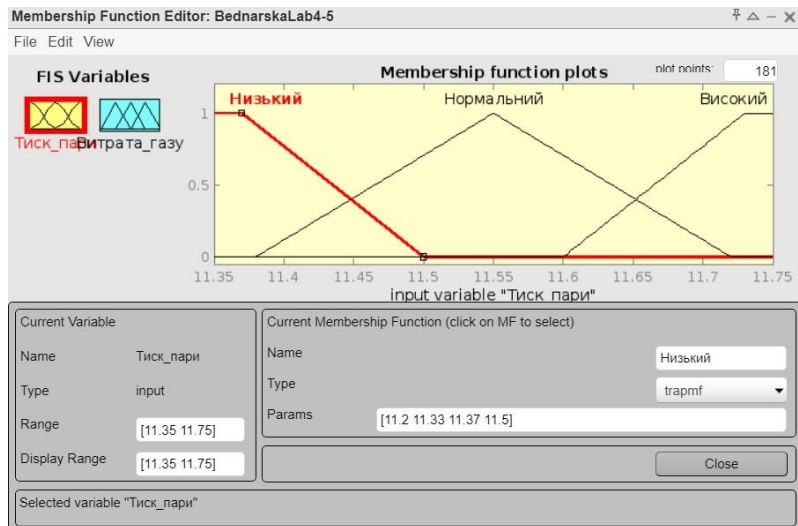


Рисунок 4.4 - Функції належності змінної «Тиск пари»

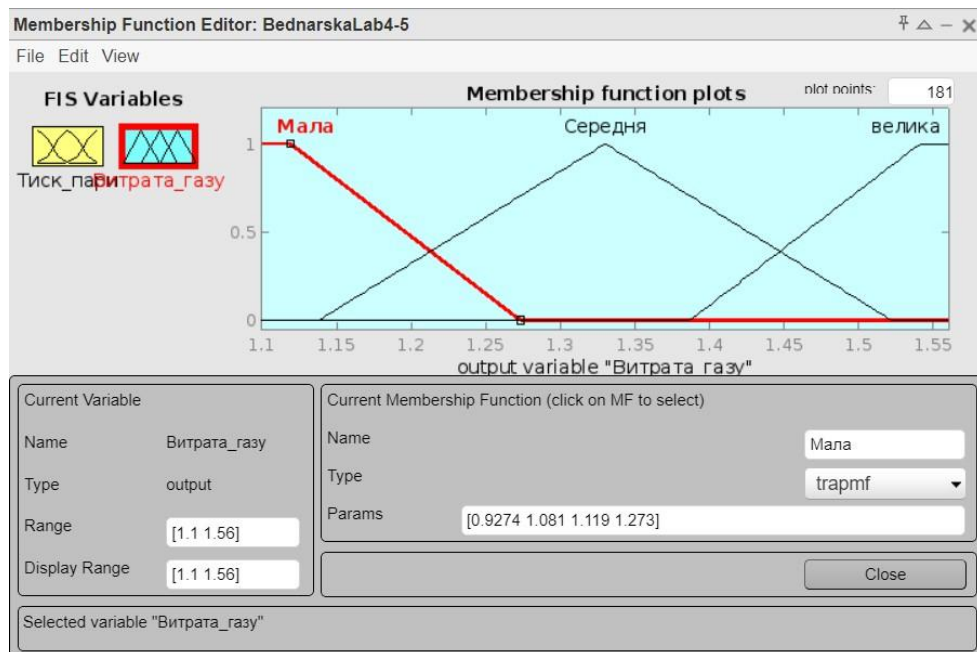


Рисунок 4.5 - Функції належності змінної «Витрата газу»

Для організації нечіткого керування сформуємо правила продукції (нечіткого висновку) у виді:

ЯКЩО Тиск пари «Низький» ТО Витрата газу (повинна бути) «Велика».

ЯКЩО Тиск пари «Нормальний» ТО Витрата газу «Нормальна».

ЯКЩО Тиск пари «Високий» ТО Витрата газу «Мала».

Розробимо правила продукту в середовищі Matlab (рисунок 4.6).

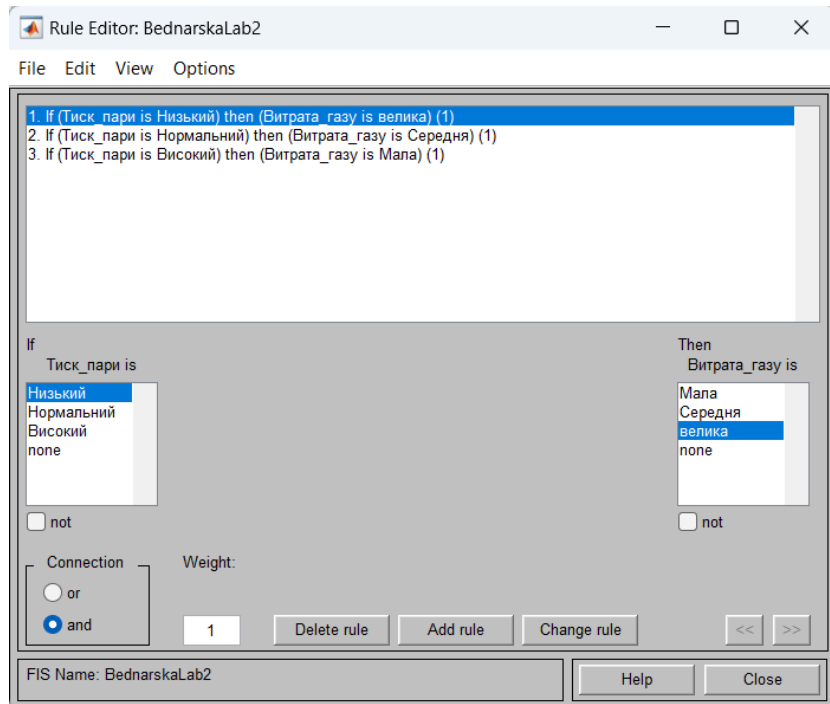


Рисунок 4.6 - Вікно редактора для правил нечіткого виводу

На рисунку 3.7 показано використання нечітких підмножин у перевірці контролю тиску пари шляхом реалізації NHASK за допомогою діаграм.

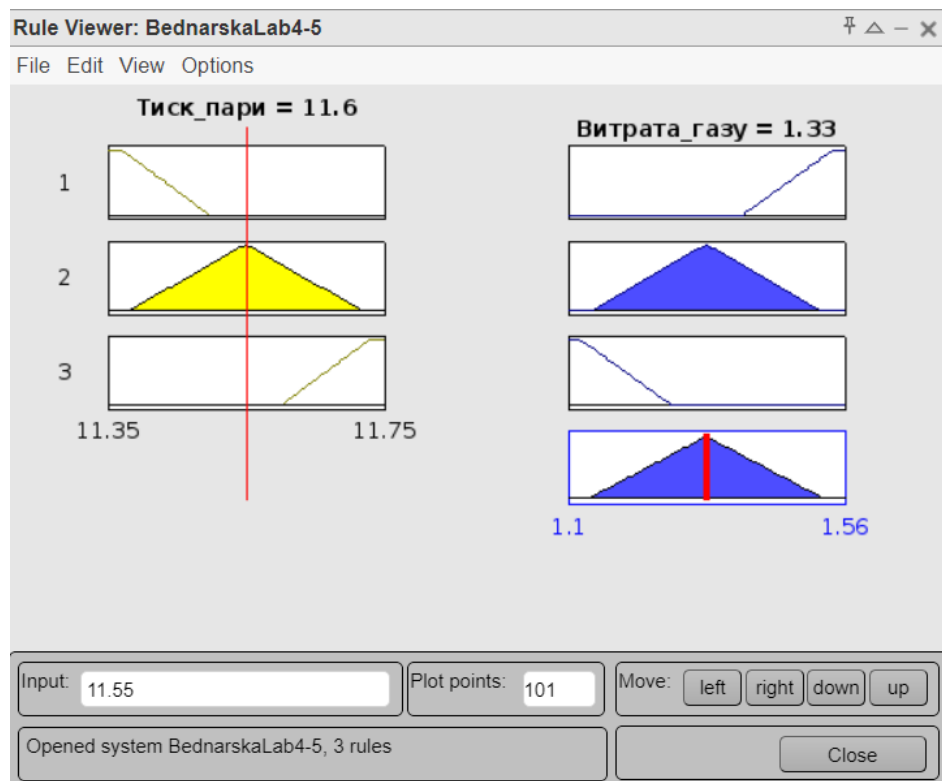


Рисунок 4.7 - Вікно результату впливу правил продукту для вхідних змінних

Вигляд розходу газу від тиску пари показано на рис.4.8.

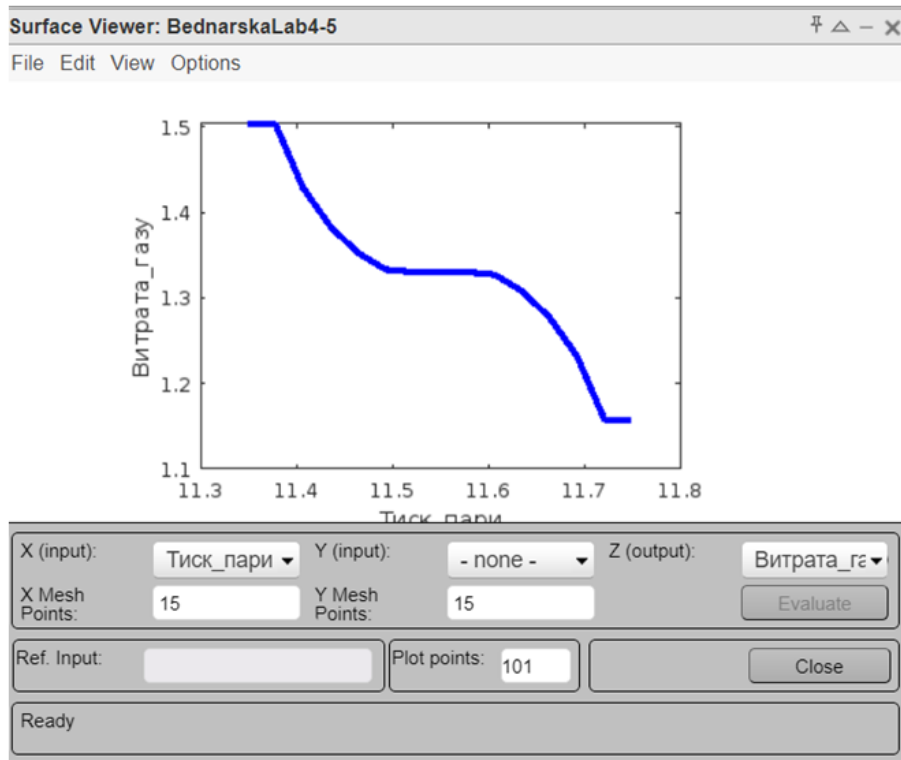


Рисунок 4.8 - Вигляд розходу газу від тиску пари

Ці ж правила для продукту із змінною за реакції на експоненційну залежність (рис.4.9).

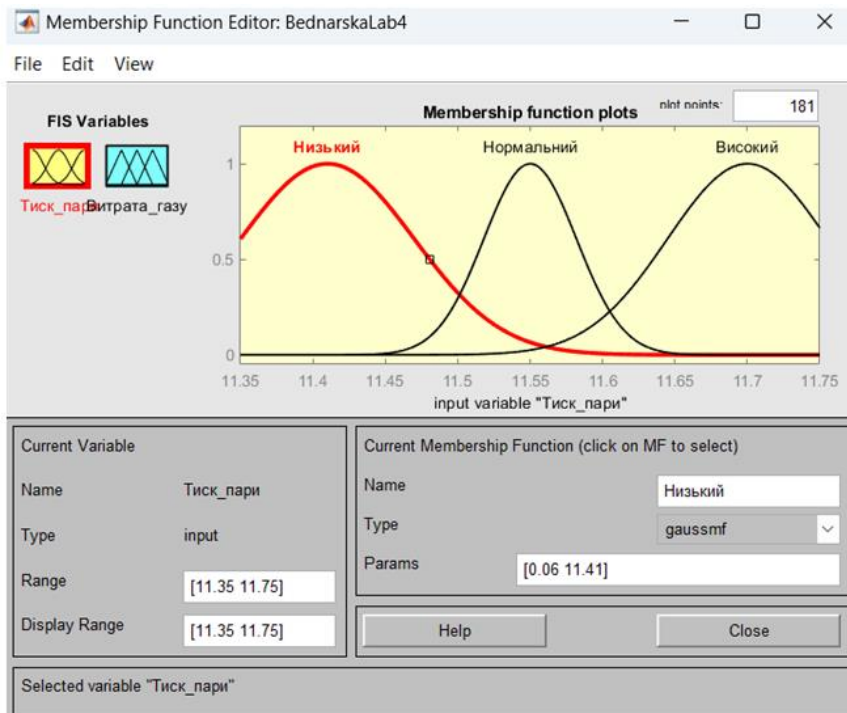


Рисунок 4.9 - Функції належності змінної «Тиск»

Функції належності змінної «Витрата газу» показано на рис.4.10.

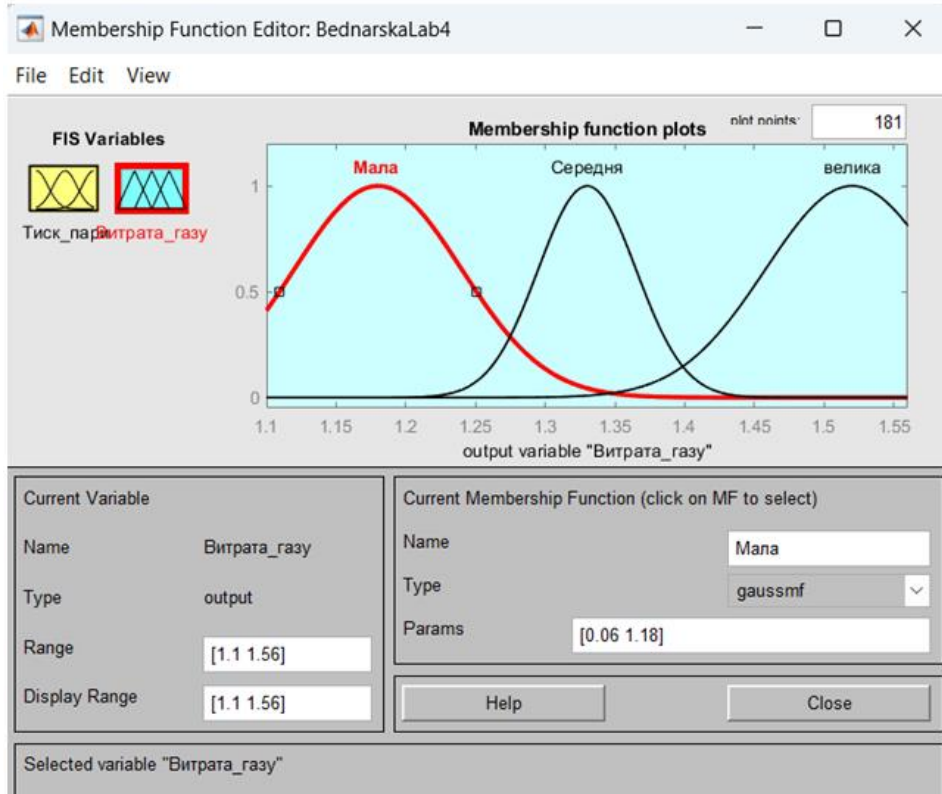


Рисунок 4.10 - Функції належності змінної «Витрата газу»

Таким чином, вид правил зміниться (рис.4.11).

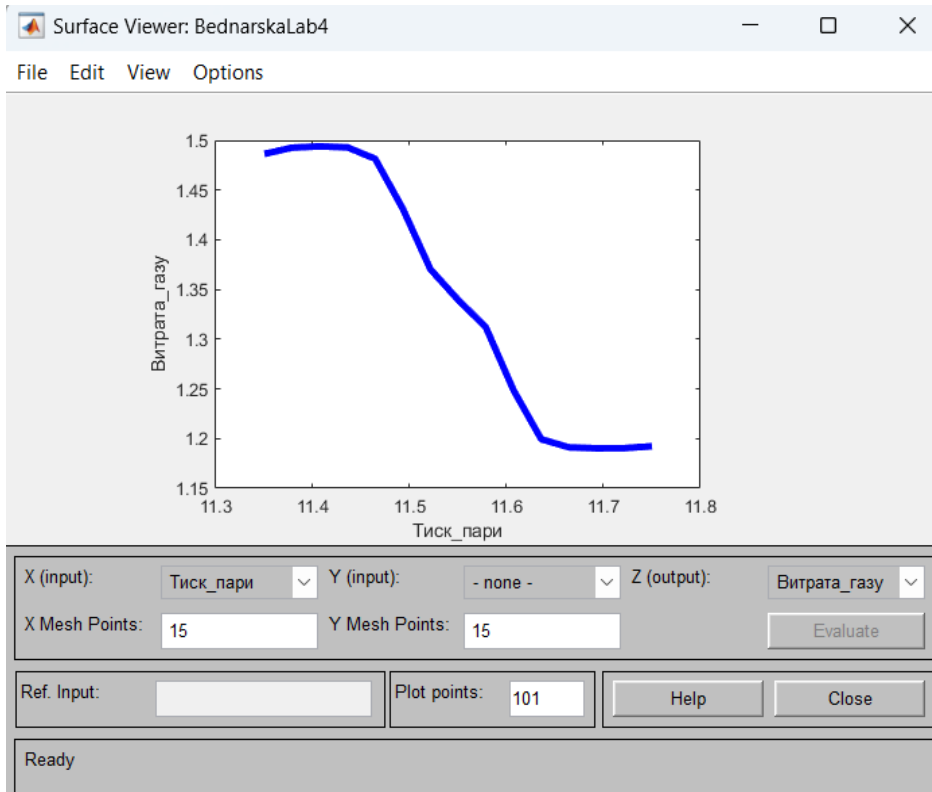


Рисунок 4.11 - Залежність розходу газу від тиску пари

Правила виробу (рис. 4.12)

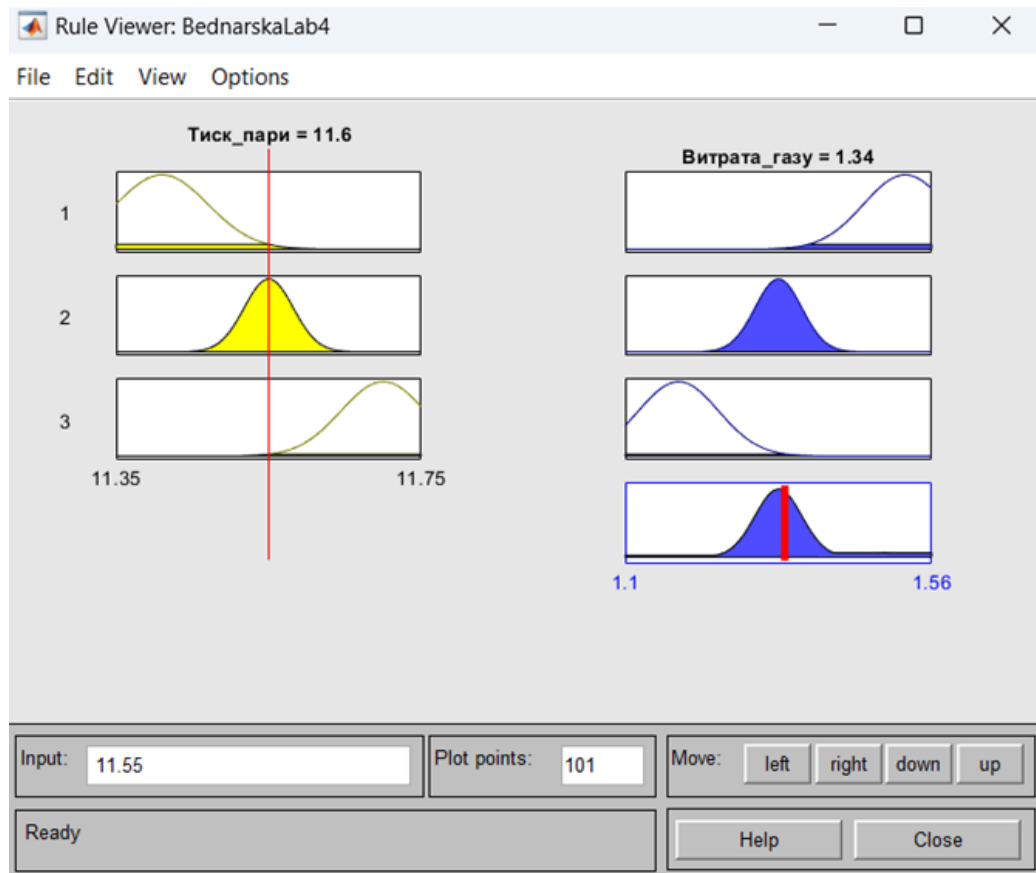


Рисунок 4.12 - Правил продукції

Отже, прямий тип не вніс жодної різниці у вихідне значення змінної.

Ще одне дослідження було проведено з метою оптимізації нечіткого контролера, пов'язаного з нагріванням води в паровому котлі. Замість трьох термі-гаусів для кожної лінгвістичної змінної збільшили її до п'яти. Тобто «дуже низький», «низький», «середній», «щільний» і «дуже високий» для властивості «Тиск», а також «дуже низький», «низький», «середній», «щільний» і «дуже високий» для властивості «Споживання газу».

Це допомогло б розглянути вищі рівні лінгвістичних змінних і, таким чином, підвищило б універсальність і точність нечіткої системи. Чим більше термі-гаусів використовується, тим ширше охоплення вхідного простору стане можливим і точніший контроль потоку газу по відношенню до змін тиску пари. Це показано на малюнках 4.14 - 4.17.

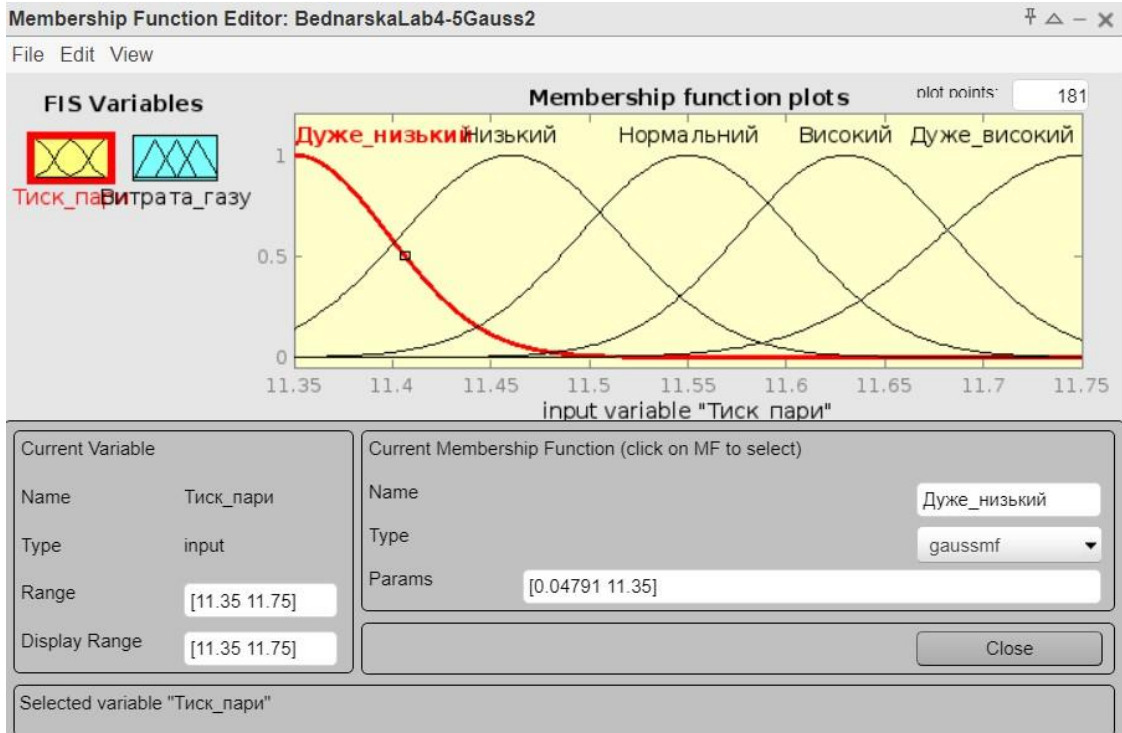


Рисунок 4.14 - Функції належності змінної «Тиск пари»

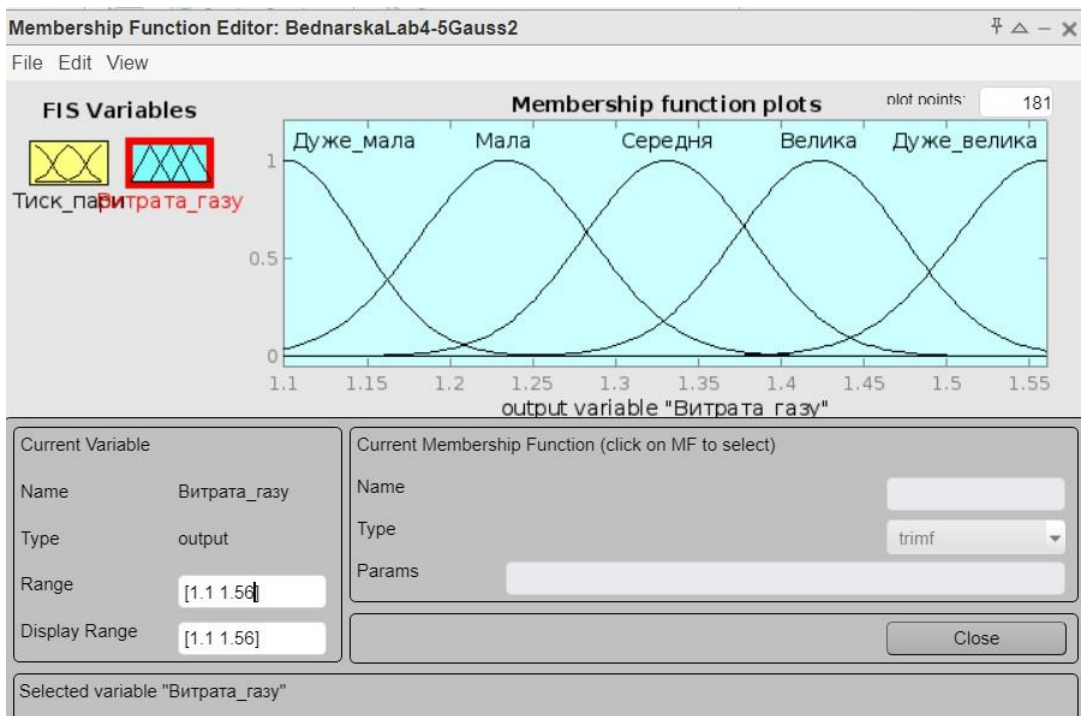


Рисунок 4.15 Функції належності змінної «Витрата газу»

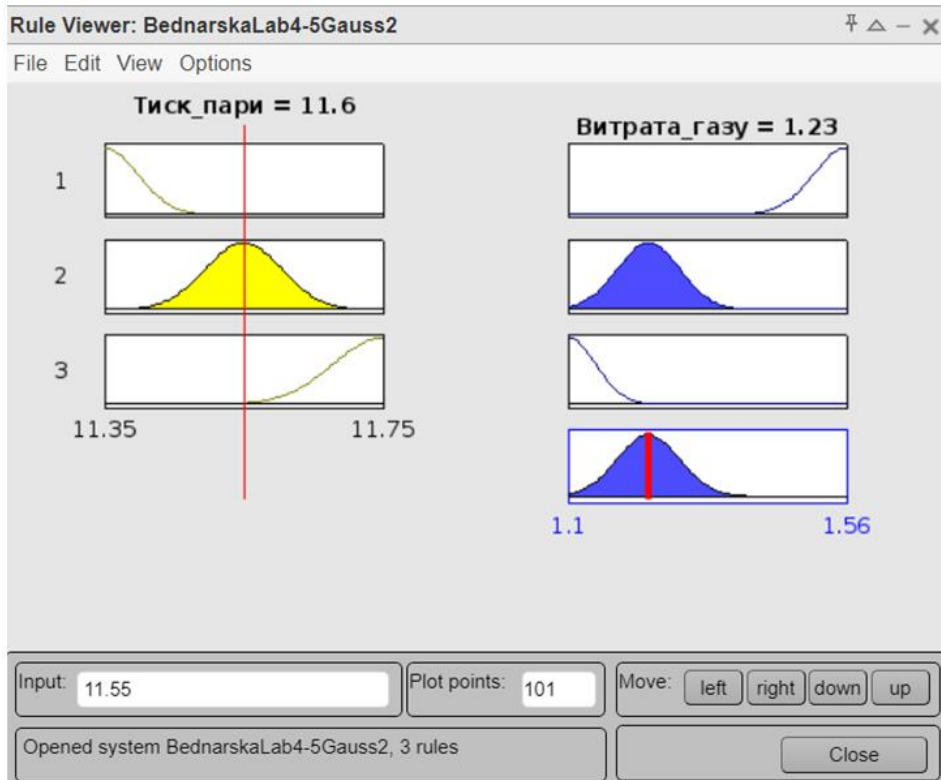


Рисунок 4.16 - Правила продукції

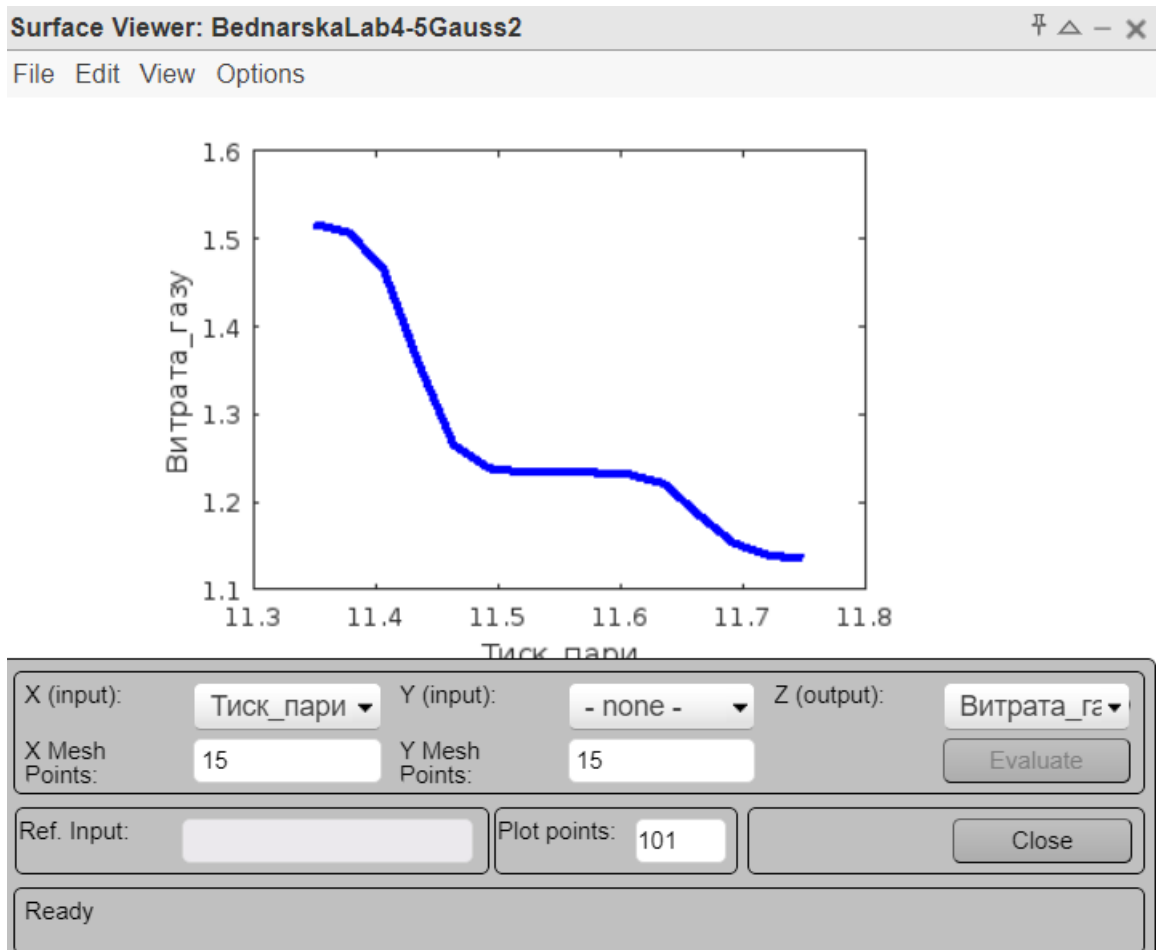


Рисунок 4.17 - Правила продукції

Більш ефективний новий набір правил продукту для контролю потоку газу на основі тиску пари.

Як наслідок, рекомендована кількість пари, яка буде використовуватися в кожній одиниці виробництва, зменшується з кожною наступною ітерацією експоненціальної форми.

4.4 Симуляція роботи системи автоматизованого керування в Simulink.

Традиційна теорія автоматики передбачає наступний порядок формування АСУ: формалізоване визначення об'єкта керування та механізму керування → встановлення критеріїв керування об'єктом → безпосереднє проектування АСУ. Характер підзадач, що виникають при покроковій реалізації вищеприписаної послідовності, і, відповідно, методи їх вирішення були повністю та методично визначені обраною оптимальною формою та типом опису, що визначає об'єкти управління та розглядувані об'єкти (ОК). і пристрій керування (ОК), що утворюють систему керування. Крім того, увага була в основному зосереджена на третьому етапі, на якому, як зазвичай, дослідники ТАУ підійшли до існування правила управління, спрямованого на сприяння сприятливій або оптимальній продуктивності керованого об'єкта. Проблема оптимального класичного керування ТАУ завжди залишалася фундаментальною, а її розв'язання передбачало, щоб моделювання керуючої системи в точних термінах формальною моделлю достатньою мірою відображало її справжній стан і результативність зовнішніх операцій. Мабуть, скромна модель керуючих систем призвела до методів помірною дозволу при синтезі АСК для цієї сутності. Тим не менш, популярні спрощення та лінеаризації в зображенні реальних технологічних процесів часто призводили до створення АСК, які працювали лише на папері, на суворо гіпотетичних конструктах обраних ідеалізованих моделей для системи управління. Таким чином, модель системи управління є вихідною умовою, вибір якої залежить від природи та продуктивності реальних АСК. [60-65]

Моделі систем управління будували і модифікували, оскільки вимоги до АСУ зростали, а виробничі процеси ускладнювалися. Досить часто кожна нова модель системи керування породжувала як нові критерії, так і нові методи синтезу АСУ. Були запропоновані численні типи класифікацій моделей систем керування: за їх функціональним призначенням, за формою математичного представлення елементів системи, за характером зміни фізичних величин тощо. Не розглядати численні досить складні моделі, включаючи всі десять типів моделей, які так чи інакше імітують людські дії та процеси мислення, наведемо дещо спрощену класифікацію моделей систем управління саме з цієї точки зору. Враховуючи характер інформаційного контакту ОУ із зовнішнім середовищем, можна виділити три класи моделей систем управління, які оцінюються за кількістю та якістю інформації, процес управління включає:

- автономні – системи із замкнутим циклом, оскільки вони приймають дані про фактичні зовнішні збурювальні сили, тобто системи є «закритими» до зовнішнього світу;

- формалізовані – вони беруть дані про фактичні зовнішні збурювальні сили у формі ідеалізованих формальних математичних моделей, тобто систем, що існують у технічному суб'єктивному зовнішньому світі;

- інформаційні системи, які приймають прямі дані про фактичні зовнішні збурювальні сили, тобто системи, які існують у реальному зовнішньому світі.

Це системні попередники теорії автоматичного регулювання, яка на початковому етапі називалася теорією автоматичного регулювання. Потім учитель початкових класів автоматизував єдину конкретну операцію — Y -вектор, зберігаючи символ у вихідних змінних ОУ, що представляє службову функцію, яку виконують об'єкти, якими потрібно керувати. Функціонування в системі стабілізації режиму було реалізовано шляхом участі в ньому участі людини-оператора ЛПР у формуванні вхідних змінних G -вектора, що задають режим роботи об'єкта в конкретному випадку лише налаштування регулятора. Для підтримки бажаних значень вихідних змінних вектор керуючих впливів U , створений контролером, далі подавався на вхід ОП.

Однак можна констатувати, що, будучи далеко не завжди оптимізованими та оперативними, рішення LPR щодо визначення налаштувань для технології процесу все ж були правильними. Досвідчені LPR, залучені до технології процесу, певною мірою вирівнюють низьку адекватність моделі лише системи керування. У певному сенсі така АСУ зберігає певний зв'язок із зовнішнім середовищем через те, що людина може відчувати, сприймати та надавати значення будь-якого типу неправдивої інформації як про систему керування, так і про режими її роботи як Крім того, якщо працювати в автоматичному режимі без втручання LPR, ця прихована приналежність розривається, а системи контролю стають повністю незалежними.

Ці проблеми стабільності та локального оптимального керування, тобто можливість виконання налаштування виходу OPC за будь-яким критерієм оптимальності (найкоротший час перехідного процесу, найменше максимальне перерегулювання в системі, найменше загальне квадратичне відхилення заданої точки/ OP параметри виходу тощо), як правило, вирішуються ACS. [66-70]

Розширення класів науково-технічних задач, що вирішуються методами ТАУ, і прагнення до повної автоматизації управління технологічними процесами призвели до систем управління (систем, в яких вектор вихідних змінних враховує будь-які зміни вектора вхідних змінних, які можуть бути апіорі невідомі) і програмні системи управління (системи, в яких вектор вхідних змінних є функцією часу, створеної за допомогою певних технічних засобів). LPR був джерелом вхідних змінних для системи керування, тоді як технічний процес, досліджуваний пристрій, досліджуваний фізичний процес, сигнал, виданий системою тощо, точніше, кіберпростір навколо САУ є реальним світом. Системи стабілізації також стали більш складними та багаторівневими ієрархічними, через що все частіше джерелом вектора вхідних змінних у системах стабілізації була не людина, а автоматичний пристрій верхнього рівня. Таким чином була усунена можливість отримати опосередковану трансформаційну інформацію щодо реального світу за рахунок оперативної участі в процесі управління людиною – єдиним на той час «пристроєм» спритно сприймати та спритно реагувати на непередбачувані

впливи зовнішнього світу. Цей недолік автономних систем був певною мірою усунутий у подальшому розвитку формалізованих систем.

Системи другого роду – формалізовані системи містять, як правило, в режимі роботи вихідну інформацію про світ, надану деяким формалізованим описом: детермінованим, стохастичним, логічним тощо. Тоді як зовнішній світ для такої системи стає деяким грубим формалізованим. модель. Цей клас охоплює відкриті та закриті системи стабілізації, стеження та програмного керування з додатковою явною та (або) прихованою корекцією збурень.

Якщо UU означає наявність датчиків перешкод і додаткового коригувального UU . У зв'язку з цим прихованою корекцією від збурення має бути синтез $U3$ з урахуванням формального опису реальних збурень і систем керування моделями відповідних типів (стохастичні САПР, оцінювальні системи, інтервальні САПР, робастні САПР, САПР з нестабільними параметрами), інваріантні САПР).

Таким чином, АСУ враховує вплив зовнішнього світу, але ефективність її функціонування безпосередньо залежатиме від того, наскільки формалізована модель взаємодії системи керування та зовнішнього середовища наближена до реальності. Формально всі системи постійно дивляться навколо себе в образі «риб'ячого ока» кількісного опису всього, і не все в реальній природі можна описати кількісно з бажаним ступенем точності. Тим часом, повторне управління LPR у процесах управління необхідне для реального розпізнавання і, отже, належного реагування на зовнішню реальність, що призвело до форми систем управління обробкою інформації.

Системи управління інформацією, які використовують пряму інформацію про світ і автоматично, з урахуванням вхідних даних, адаптуються до змін зовнішніх умов і властивостей ОУ. Сюди входять адаптивні САУ: самоналагоджувальні – шляхом варіювання параметрів НУ, самоорганізовані – шляхом зміни структури НУ, самонавчальні – з параметричною та (або) структурною адаптацією в поєднанні з корекцією алгоритмів налаштування. Адаптивні оцінювачі та фільтри є пристроями адаптивної СКУД.

Область застосування інформаційної АСУ – це автоматизація сутностей,

властивостей або станів підприємства, виробництво якого не є чітко формалізованим або тимчасовим. Ступінь «свободи» такої АСУ є максимальною з трьох видів систем нагляду. З зовнішнього вигляду ці системи співвідносяться з деякими розумними АС, оскільки вони можуть автоматично налаштовуватися відповідно до змін у характеристиках ОУ та оточення. Тим не менш, слід мати на увазі, що механізм адаптації не буде готовий викликати всі потенційні умови з усіх зовнішніх позицій, оскільки можливості безмежні в реальних сценаріях, які можуть розвинути під час управління об'єктом. Адаптивні системи самонавчання інформації АСУ матимуть максимальний ступінь адаптивності в певних, а не нескінченних межах, оскільки обмежений набір методів корекції адаптивних алгоритмів неможливий для всіх ситуацій, що виникають під час взаємодії системи керування з реальним світом. У зв'язку з цим було б вкрай необачно залишати таку САУ для управління об'єктом. Ніхто не знає, коли може виникнути ситуація, з якою АС для інформації може не впоратися. Тому ЛНР час від часу змушений буде самостійно коригувати адаптивні алгоритми САУ до інформації, спираючись на свій досвід і спостереження.

Тоді добре зробити висновок, що еволюція ТАУ йшла шляхом заміни моделей систем управління таким чином, щоб містити повний і адекватний опис процесів взаємодії ТАУ і реального світу, що дозволило б максимально спростити побудову процесу управління і максимальне полегшення для учасника, який приймає певні функції управління об'єктом. Однак навіть найдосконаліша інформаційна АСУ не могла повністю вирішити ці завдання. Особливо це відчувалося при побудові систем управління складними слабоструктурованими технологічними процесами. Всі системи управління, які побудовані за класичними методами ТАУ, оперують поки що тільки даними, а не знаннями, причому суто кількісними, які взагалі не можуть описати реальний світ. З іншого боку, людина не просто має справу з даними, оскільки вони можуть бути кількісними (вимірними за допомогою стандартних математичних інструментів) і якісними (вираженими природною мовою), але також – пов'язані з ними – можуть здобувати знання; тобто він може

використовувати дані для міркувань і висновків. Це робить людину нескінченно інтелектуально адаптивним «універсальним пристроєм керування» для будь-якого елемента. Безумовно, мозок людини має певні переваги порівняно з будь-якою сучасною САУ, оскільки він дуже функціональний. Ось чому, коли інтелектуальні системи автоматизації транспорту втілюють деякі елементи пізнавальної діяльності людини з точки зору створення, а також представлення та застосування знань, кінцевим результатом є системи управління на якісно новому рівні: системи, які - як і людина - існують та працюють в реальному світі, маючи справу зі знанням цього реального світу

Пакет Matlab Simulink – комплексний програмний пакет, розроблений у вигляді функціональної блок-схеми (або S-моделі, або моделі). Пакети програмного забезпечення Simulink є мовами візуального програмування, за допомогою яких під час процесу моделювання повністю уникають звичайного програмування: у Simulink блоки витягуються з функціональних блоків, тобто код автоматично виникає з програми відповідно до зв'язків і параметрів топології вибраних блоків. Діаграма містить блоки нечіткого керування, що демонструють правила нечіткого виводу, функцію передачі двигуна, а також осцилограф для показу результату роботи. Фігура в Simulink представлена на рисунку 4.18.

Щоб перевірити, чи працює система, спроектуйте контур керування в Simulink і змодельуйте процес. Для цього потрібно створити функцію, яка може перетворити наш об'єкт у прийнятну форму.

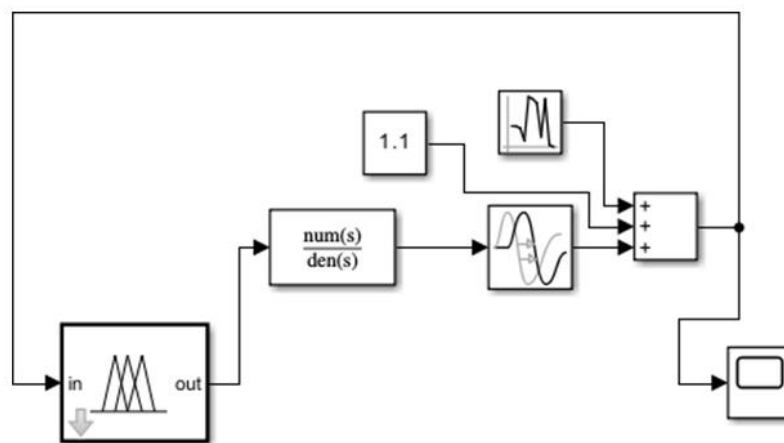


Рисунок 4.18 - Схема моделювання системи нечіткого керування в Simulink

Потрібно запустити симуляцію та відкрити вікно осцилографа, щоб побачити, як реакція системи замкнулася з нечітким контролером.

Нам доведеться внести деякі модифікації в схему — я збираюся додати генератор випадкових чисел і суматор, щоб вихід нашого об'єкта мав додаткове випадкове значення для імітації цієї зміни. [66-70]

Атрибут транзитивності в замкнутій системі керування з трапецієподібними елементами показано на рисунку 4.19.

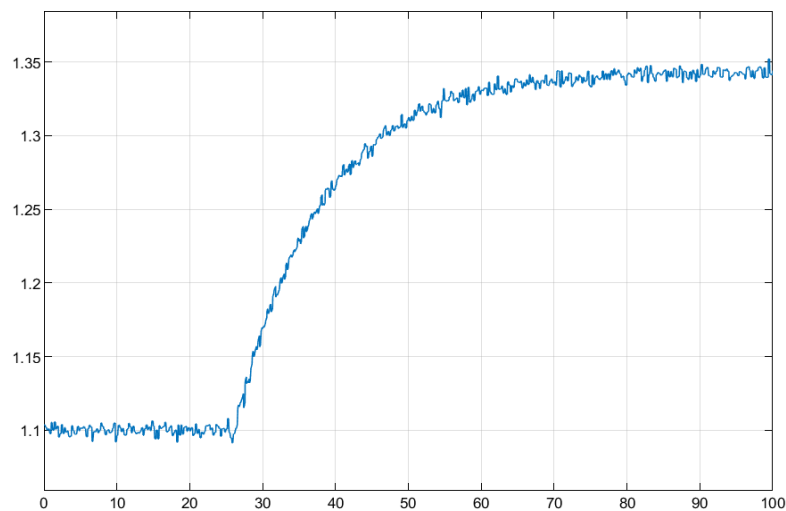


Рисунок 4.19 - Перехідна характеристика замкнутої системи керування з трьома блоками нечіткого керування

Таким чином доведено, що нечітка система автоматизації, що розробляється, є ефективною завдяки спостережуваній переходній поведінці.

Тепер наведемо приклад переходних процесів замкнутої системи керування з експоненціальними членами; розташування показано на рисунку 4.20.

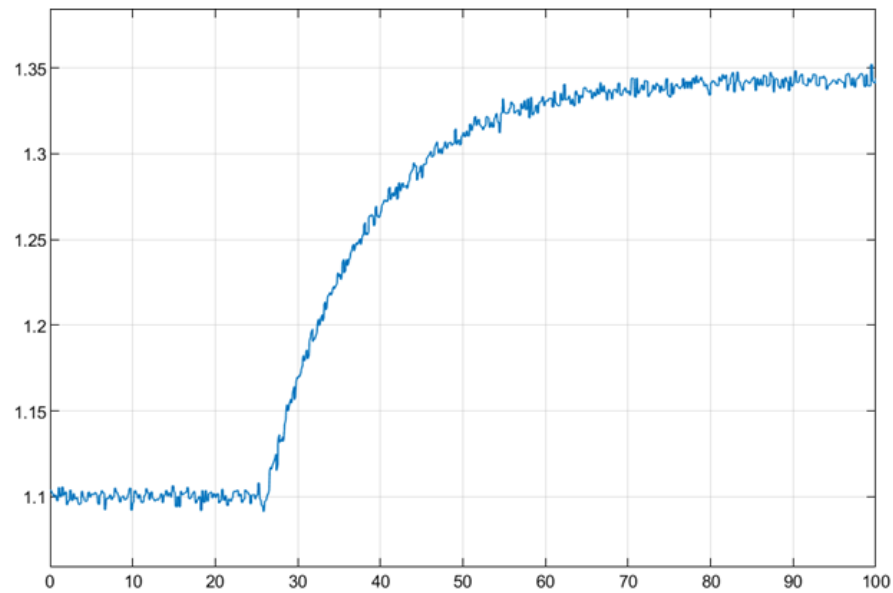


Рисунок 4.20 - Характеристика перехідна замкнутого контуру регулювання із трьома термами експоненційної форми

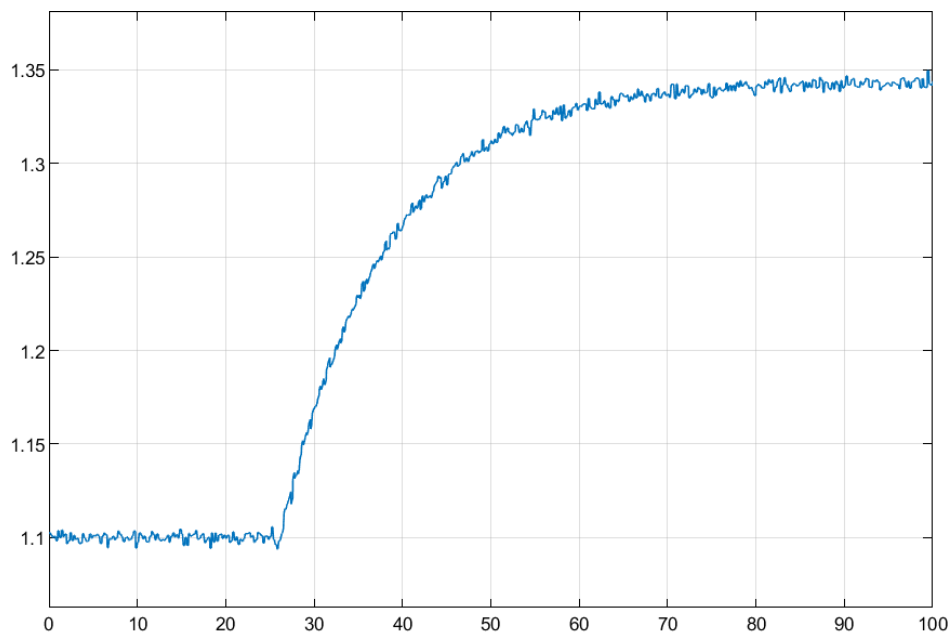


Рисунок 4.21 - Характеристика перехідна замкнутого контуру регулювання із п'ятьма експоненційними термами

Очевидно, що властивість прохідної схеми не змінюється через структуру нечіткого контролера.

4.5 Висновки до четвертого розділу

На основі дослідження розроблено нові правила виробництва з урахуванням збільшення кількості мовних категорій та їх різноманітності. Це розширення, загалом, сприяло б підвищенню точності та ефективності нечіткої системи в паровому котлі та, зрештою, призвело б до зменшення споживання газу та підвищення загальної енергоефективності.

Ця методологія дослідження нечіткої логіки, додана до процесу водонагрівання парового котла, виявляється дуже важливою. Попередньо встановлені лінгвістичні змінні, а також правила виробництва допомагають сформулювати узагальнену систему керування, яка автоматично реагує на коливання тиску пари та оптимізує використання газу. Це, у свою чергу, може підвищити ефективність виробництва енергії та знизити експлуатаційні витрати парогенераторів, важливі міркування, пов'язані з сучасним виробництвом енергії.

ВИСНОВКИ

Відповідно до основної мети та переліку завдань магістратури отримано наступні результати:

1) Дослідження явищ у котловій установці, які генерують пару, та дослідження доступних варіантів технології в цій галузі.

2) У роботі представлена розроблена система автоматичного регулювання тиску пари на виході з котла, що забезпечує ефективне і безпечне споживання газу, а також постійну кількість води, що подається в барабан котла.

3) Аналіз експериментальних даних та ідентифікацію каналу керування проводили на обчислювальній платформі Matlab.

Засоби Matlab допомогли розробити систему автоматичного керування каналом «споживання газу-тиск пари» прямого котлоагрегату. Обговорюється вплив різних форм функцій належності на вихід нечіткої системи. Моделювання нечіткої моделі системи автоматичного керування виконано за допомогою Simulink.

Додаток Simulink дозволяє бачити та говорити про реакцію системи на зміни тиску пари. Це робить віртуальні «експерименти» набагато простішими у виконанні, щоб знайти найкращі умови.

Споживання газу пов'язане з рядом інших параметрів, таких як температура, склад палива тощо. Подальші дослідження можуть покращити розуміння процесу та сприяти розробці ще більш точних і цілісних моделей.

Таким чином, він показує співвідношення між тиском і потоком газу через паровий котел, а також дає кілька корисних порад щодо максимізації роботи системи та підвищення ефективності виробництва.

Проведено аналіз можливих аварійних ситуацій в технологічному цеху підігріву води. Розроблено базу аварійних знань і аварійний графік, що сприяє швидкому визначенню причин кожного збою та прогнозуванню майбутньої небезпечної ситуації.

Наукову цінність отримують дослідження, в яких розглядається вплив нечітких моделей каналу керування котлом на вихід нечіткого регулятора.

Проект має сенс з практичної точки зору: це створення системи управління з урахуванням специфіки вимог до якості та безпеки продукції, а також досвіду експлуатації експертних систем в автоматизації ТЕЦ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Трегуб, В. Г. Проектування систем автоматизації: [Текст]: навчальний посібник. /В. Г. Трегуб; К. : Видавництво Ліра-К, 2015. - 344 с.
2. Бі-Бі-Сі. Пожежа на шахті в Донецьку призвела до викиду диму.
URL:
https://www.bbc.com/ukrainian/news/2013/04/130416_donetsk_fire_causes_hk
3. Інструкції щодо експлуатації водогрійного котла КВГМ-180, ALSTOM POWER s.r.o., 2001.
4. Інструкції щодо експлуатації водогрійного котла КВГМ-180. Окремі засоби. (Книга 2) ALSTOM POWER s.r.o., 2001.
5. Ляшенко С. А. Створення машинного інтерфейсу // Відомості про створення SCADA. 2012. 5-15с.
6. Денисевич К. Б., Ландау Ю. О., Нейман В. О. та ін. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Розвиток атомної енергетики та об'єднаних енергосистем. Київ, 2013. 303 с.
7. Картамишева Е. С., Іванченко Д. С. Промислова автоматизація: проблеми і їх вирішення // Молодий вчений. 2016. №28. С. 93-95.
8. Куколєв А.А., Піотровський Д.Л. Про застосування нечіткого адаптивного регулятора в системі управління рівнем води в судовому допомогательному котлі. Наукові праці Куб ГТУ. 2018. № 3. С. 295–303.
9. Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту. Матеріали міжнародної наукової конференції. Херсон, 2011. С. 55-60.
10. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. Київ: Видавництво Ліра-К, 2021. 550 с.
11. Інформаційно-вимірювальні системи. Інтерфейси
Інформаційновимірювальні систем. Навчальний посібник. Г.М. Єргієв, С.Л.

Волков. Одеська державна академія технічного регулювання та якості. Одеса: Лерадрук, 2016. 196 с.

12. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. Київ: Либідь, 2007. 656 с.

13. Керівництво по проектуванню частотного перетворювача Micro Drive FC 51. URL: <https://files.danfoss.com/download/Drives/MG02K402.pdf>

14. Вища математика: базовий підручник для вузів / В.С.Пономаренка. – Х.: Фоліо, 2016. – 669 с

15. Герасимчук В. С. Вища математика. Повний курс у прикладах і задачах / В.С.Герасимчук, Г.С.Васильченко, В.І.Кравцов. – К.: Книги України ЛТД, 2015. – 470 с

16. Практикум з вищої математики: Навчальний посібник / За ред. В.О.Коваля. – Ж: ЖДТУ, 2008. – 448 с

17. Вища математика. Загальний курс: Збірник задач та вправ. / А.Д.Тевяшев, О.Г.Литвин. URL: <https://www.twirpx.com/file/277182/> (дата звернення 12.05.2021)

18. Вища математика. Збірник задач: Навчальний посібник / В.П.Дубовик. URL: https://issuu.com/erudytnet/docs/1dubovik_v_p_yurik_i_i_vishcha_mate (дата звернення 12.11.2024)

19. Коруд В.І., Електротехніка: Підручник / В.І. Коруд, О.Є. Гамола, С.М. Малинівський; За заг. ред. В.І. Коруда. – 3-є вид., переробл. і доп. – Львів: Магнолія Плюс, 2006. – 447 с.

20. Михайленко В.Є., Інженерна та комп'ютерна графіка: Підручник / В.Є. Михайленко, В.В. Ванін, С.М. Ковальов; За ред. В.Є. Михайленка. – 6-е вид. – К.: Каравела, 2012. – 368 с.

21. Титаренко М.В., Електротехніка: Навчальний посібник/ М.В. Титаренко. – К.: Кондор, 2013. – 240 с.

22. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка : Підручник / М. С. Будіщев. – Львів : Афіша, 2001. – 424 с.

23. Колонтаєвський Ю. П. Промислова електроніка і

мікросхемотехніка / Ю. П. Колонтаєвський, А. Г. Сосков. під ред. А. Г. Соскова. – Вид. 2-ге, виправл. і доповн. – Харків : ХДАМГ, 2003. – 281 с.

24. Теорія електропривода : Підручник / [М. Г. Попович, М.Г. Борисик, В.А. Гаврилук та ін.] ; за ред. М. Г. Поповича. – Київ : Вища шк., 1993. – 454 с.

25. Руденко В. С. Промислова електроніка / В. С. Руденко, В. Я. Ромашко, В. В. Трифонюк. – Київ : Либідь, 1993. – 432 с.

26. Костін М. О. Теоретичні основи електротехніки [Текст]: підручник у 3 т. / М. О. Костін, О. Г. Шейкіна. – Дніпро: Видво ДНУЗТ, 2006. – Т. 1. – 336 с; 2007.- Т.2.- 276 с; 2011. – Т.3, Ч.1. – 224 с; 2012.– Т.3, Ч.2. – 352 с.

27. Качан Ю. Г. Лінійна електротехніка (теоретичні основи) [Текст]: навч. посібник / Ю. Г. Качан.– Запоріжжя: Вида-во Запорізької держ. інж. академії, 1995. – 206 с.

28. Гуржій А. М. Електротехніка та основи електроніки : підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Гуржій, С. К. Мещанінов, А. Т. Нельга, В. М. Співак. - Київ : Літера ЛТД, 2020. - 288 с.

29. Електрика та магнетизм : підручник / Л. Д. Дідух. - Тернопіль : Підручники і посібники, 2020. - 464 с. - Режим доступу : <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31412..>

30. Автоматика та електропривод техніки реєстрації інформації [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Г. Г. Власюк, В. М. Співак, К. О. Трапезон, В. Б. Швайчен-ко. - Київ : Освіта України, 2010. - 159 с. - Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19129>.

31. Колонтаєвський Ю. П. Електроніка і мікросхемотехніка : підручник / Ю. П. Колонтаєвський. - Київ : Каравела, 2006. - 384 с.

32. Макаренко В. В. Цифрова та імпульсна схемотехніка. Моделювання та аналіз : навч. посіб. для студентів, які навчаються за напрямом підготовки «Акустотех-ніка» [Електронний ресурс] / В. В. Макаренко, В. М. Співак ; НТУУ «КПІ». -Київ : НТУУ «КПІ», 2015. - 314 с. - Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19099>.

33. Панчевний Б. І. Загальна електротехніка: теорія і практика / Б. І.

Панчевний, Ю. Ф. Свергун. - 2-ге вид. - Київ : Каравела, 2004. - 440 с.

34. Воробйова О. М. Технічні засоби автоматизації: навч. посіб. / О. М. Воробйова, Ю. В. Флейта. - Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2018. - 208 с.

35. Бойко В. І. Мікрокомп'ютерна техніка / В. І. Бойко, А. Т. Нельга. - 2-ге вид. - Київ : Науково-методичний центр вищої освіти, 2008. - 254 с.

36. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: Підручник / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк; За ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.: іл.

37. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник /Барало О.В., Самойленко П.Г.,Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.

38. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.

39. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.

40. Загальна електротехніка з основами автоматики: Навчальний посібник / Т.В.Левченко. – К., 2010. – 358 с.

41. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі: навчальний посібник / Коновалюк О.В., Кіяшко В.М., Колісник М.В. – К.: Аграрна освіта, 2013. – 404 с.

42. Електричні машини і апарати: навчальний посібник / Ю.М. Куценко, В.Ф. Яковлєв та ін. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 449 с.

43. Електроніка та мікросхемотехніка: Навчальний посібник / За ред. проф. В.Ф. Яковлєва. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 329 с.

44. Електротехнологія. Навчально-методичний посібник із контрольними завданнями. Укладач: Кашенко П.С.

45. Монтаж електрообладнання і систем керування / За заг. ред. проф. Яковлєва В.Ф. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 348 с.

46. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник/

П.В. Волох, М.П. Цоколенко, Л.В. Ревенко, В.А. Грічаненко та ін. –К. : Аграрна освіта, 2014. – 506 с.

47. Електроніка і мікропроцесорна техніка / Сенько В.І., Лисенко В.П., Юрченко О.М., Лукін В.Є., Руденський А.А. — К. : «Агроосвіта», 2015. — 676 с.

48. Електропостачання агропромислового комплексу : підруч. / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.

49. Ремонт машин та обладнання : підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К. : Агроосвіта, 2014. – 665 с.

50. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 1 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін. ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 584 с.; іл.

51. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін. ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 434 с.; іл.

52. Комп'ютери та комп'ютерні технології : навч. посіб. Ч. 1. Програмування в математичному пакеті MathCAD / В.П. Лисенко. І.М. Болбот. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 229 с.

53. Костинюк Л.Д. Моделювання електроприводів/ Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2004. - 404 с.

54. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування/ М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. -Київ, “Либідь”, 1997.-504 с.

55. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. Підручник/ В.І. Ткачук. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2006. - 440 с.

56. Півняк Г.Г. Сучасні частотно-регульовані електроприводи зі широтно- імпульсною модуляцією: Монографія/ Г.Г. Півняк, О.В. Волков. - Дніпропетровськ, НГУ, 2006. - 470 с.

57. Ісікова, Н. П. Проектування інформаційних систем [Текст] : навч.

посіб. / Н. П. Ісікова, Т. В. Решетняк. — Краматорськ : ДДМА, 2020. — 111 с.

58. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Мікропроцесорні пристрої» для студентів спеціальності 092206 «Електричні машини та апарати» / Уклад.: Ю. С. Грищук, Т. П. Павленко. — Харків : ХДПУ, 1999. — 32 с.

59. Мікропроцесорна техніка : підручник / Ю. І. Якименко, Т. О. Терещенко, Є. І. Сокол та ін. / за ред. Т. О. Терещенко. — Київ : Політехнік, 2003. — 440 с.

60. Алексієв О. П. Мікроконтролери для транспортних і промислових застосувань.: архітектура та програмування : навч. посіб. / О. П. Алексієв, О. Б. Богаєвський, В. П. Волков. — Харків : ХНАДУ, 2004. — 156 с.

61. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Мікропроцесорні пристрої». — Ч. 2 : «Однокристальні мікро контролери» для студентів спеціальностей 092206 «Електричні машини та апарати» і 092205 «Електропобутова техніка» усіх форм навчання / уклад. Ю. С. Грищук. — Харків : НТУ «ХП», 2003. — 43 с.

62. Пальчевський Б.О. Автоматизація технологічних процесів[Текст]:навч. посіб./ Б.О. Пальчевський.-Львів:Світ,2007.-392с.

63. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування[Електронний ресурс]:навч. посіб. .-Текст. і граф. дані. / О.В. Барало, П.Г. Самойленко, С.Є. Гранат [та ін.]-Київ:Аграрна освіта,2010.- Систем.вимоги: Adobe Reader/ Foxit Reader.- Режим доступу: доступний тільки для користувачів НБ ХНУ.-Назва з екрана.

64. Автоматизація технологічних процесів. Розробка програми керування технологічним процесом автоматизованого переміщення продукції[Текст]:метод. вказівки до лаб. роботи для студентів спец. 133 "Галузеве машинобудування", 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка", 208 "Агроінженерія" уклад.: С. Л. Горященко, М. В. Лук'янюк, П. С Майдан, А. О. Поліщук .-Хмельницький:ХНУ,2021.-19с.

65. Шарбатіан М.Д. Розробка математичної моделі і системи керування процесом шлакоутворення у ванні конвертера[Текст]:автореф. дис.

на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук; спец. 05.13.07/ М.Д. Шарбатіан.- К.:КІА,2006.-17с

66. Автоматичне та комп'ютерне керування електромеханічними системами[Електронний ресурс]:метод. вказівки до вивчення дисципліни для студ. спец. «Електроенергетика. електротехніка та електромеханіка» уклад. О. Г. Тимошук .-Текст. і граф. дані. (3,93 Мб) .-Хмельницький:ХНУ,2017.- Систем.вимоги: Adobe Reader/ Foxit Reader.- Режим доступу: доступний тільки для користувачів НБ ХНУ.-Назва з екрана

67. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. Підручник/ В.І. Ткачук. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2006. - 440 с.

68. Куценко Ю.М. Монтаж електрообладнання і систем керування[Електронний ресурс]:підручник за заг. ред. проф. В.Ф.Яковлева .- Текст. і граф. дані. (9,2 Мб) / Ю.М. Куценко, В.Ф. Яковлев.-Київ:Аграрна освіта,2009.-Систем.вимоги: Adobe Reader/ Foxit Reader.- Режим доступу: доступний тільки для користувачів НБ ХНУ.-Назва з екрана.

69. Лежнюк П.Д. Оцінка якості оптимального керування критеріальним методом[Текст]:монографія/ П.Д. Лежнюк, В.О. Комар.- Вінниця:УНІВЕРСУМ,2006.-108с.

70. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування[Текст]:підруч. для вузів.-2-ге вид. переробл. і доповн./ М.Г. Попович, О.В. Ковальчук.- К.:Либідь,2007.-656с.

Додаток А
**Стаття у фаховому журналі (подана до редакції журналу «Вісник
Хмельницького національного університету»)**

ФОРКУН Ірина

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0002-4588-6349>
ivforkun@khnmu.edu.ua

МАКАРИШКІН Денис

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0003-3447-811X>
makaryshkinde@khnmu.edu.ua

КОРЕЦЬКА Людмила

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0002-4284-4936>
koretskal@khnmu.edu.ua

ТРИГУБА Володимир

Хмельницький національний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ВОДОПІДГРІВУ
ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛІ**

У статті розглянуті системи нагрівання води для теплоцентралей. Визначені вимоги до підвищення ефективності роботи ТЕЦ, до яких відносяться: ефективне використання тепла на теплових електростанціях, комбіноване використання теплової і електричної енергії, застосування енергоефективних технологій, застосування відновлювальних джерел енергії. Щоб максимізувати ефективність системи та підвищити загальну продуктивність необхідно застосовувати різноманітні підходи. Одним із таких підходів є створення високоефективної автоматизованої системи керування котельним обладнанням, що використовуватиме різноманітні датчики стану системи і виконавчі механізми. Розглянуто приклад системи автоматизації, яка включає всі типові контури керування. Показано що системи автоматизації керування залежать від параметрів, які описують технічну роботу та її оперативний контроль, а також зупинку та запуск роботи. Розглянуті особливості процесу спалювання газу, тепло- та масообміну у котлі дали можливість визначити головні вимоги до системи, а саме підтримування рівня води в барабані, параметрів перегрітої пари, розрідження в топці і димоході, надлишку повітря для згорання палива.

Ключові слова: теплоцентрально, тепла і електрична енергія, енергоефективність, система автоматизованого керування.

FORKUN Iryna, MAKARYSHKIN Denys, KORETSKA Liudmyla,
TRYGUBA Volodymyr
Khmelnyskyi National University

**STUDY OF METHODS OF AUTOMATED CONTROL OF WATER HEATING IN A COOPERATIVE
POWER PLANT**

The article discusses water heating systems for heating plants. Requirements for increasing the efficiency of heating plant operations are determined, which include: efficient use of heat at thermal power plants, combined use of thermal and electrical energy, use of energy-efficient technologies, use of renewable energy sources. In order to maximize the efficiency of the system and increase overall productivity, it is necessary to apply various approaches. One of such approaches is the creation of a highly efficient automated control system for boiler equipment, which will use various system status sensors and actuators. An example of an automation system is considered, which includes all

typical control loops. It is shown that control automation systems depend on parameters that describe technical work and its operational control, as well as stopping and starting work. The considered features of the gas combustion process, heat and mass transfer in the boiler made it possible to determine the main requirements for the system, namely, maintaining the water level in the drum, the parameters of superheated steam, rarefaction in the furnace and chimney, excess air for fuel combustion.

Keywords: heating plant, thermal and electrical energy, energy efficiency, automated control system.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Сучасна енергетика – це ієрархічна структура високого рівня, покликана забезпечити комфортне життя людей і нормальну роботу промислових підприємств і установ. Системи розподілу енергії, які забезпечують надійну, ефективну енергію та споживачів на різних рівнях, є важливими факторами для їх нормального функціонування та розвитку. Виробництво, кількість і якість енергетичних ресурсів значною мірою визначають незалежність і безпеку політичної економії країни.

Теплові електростанції (ТЕС) широко використовуються в усьому світі для виробництва електроенергії і включають парові двигуни, газові турбіни, атомні двигуни та двигуни внутрішнього згоряння. Останнім часом питання глобального потепління стає все більш актуальним через збільшення викидів парникових газів з різних джерел, особливо спалювання викопного палива, на яке припадає приблизно 98% викидів вуглекислого газу.

У сучасному світі існує технологія, яка дозволяє виробляти тепло і електроенергію одночасно. Це явище називається когенерацією. Ця технологія зменшує втрати, які виникають при традиційному виробництві електроенергії. При використанні теплової енергії як окремого продукту можна заощадити 70% загальної енергії палива «відпрацьоване тепло».

Комбіноване тепло та електроенергія є ефективним і екологічно чистим методом перетворення енергії, який може зменшити викиди забруднюючих речовин і значно підвищити ефективність первинної енергії. У багатьох містах широко використовуються методи централізованого опалення на основі так званого комбінованого теплопостачання. Когенерація передбачає спільне виробництво тепла та електроенергії, тобто виробництво електроенергії (та/або механічної енергії) та тепла в інтегрованій системі. Як правило, електроенергія виробляється на електростанціях, а обладнання для опалення та охолодження використовується для задоволення неелектричних потреб.

Теплову енергію, отриману в системі когенерації, можна використовувати для опалення або охолодження промислових підприємств або житлових будівель. Оскільки когенерація використовує теплову енергію, яку традиційні окремі механічні чи електричні системи генерації втрачали, то її загальна ефективність переважає ефективність окремих традиційних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Найефективніші системи ТЕЦ (перевищують 80 відсотків загальної ефективності [1]) - це ті, які задовольняють велику потребу в тепловій енергії, виробляючи відносно менше електроенергії. Зі збільшенням необхідної температури відновленої енергії співвідношення потужності до теплової потужності зменшується.

Енергія на теплових електростанціях: Парові котли є ключовими компонентами для виробництва електроенергії та тепла. Його роботу можна оптимізувати для досягнення високої ефективності та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. З точки зору ресурсозбереження та екологічної безпеки, нижче наведено деякі аспекти, які є важливими та можуть мати значення для автоматизації процесів виробництва енергії:

Комбіноване тепло та електроенергія: використання парових котлів на теплових електростанціях для виробництва електроенергії та тепла одночасно (когенерація) підвищує загальну ефективність системи, оскільки забезпечує використання тепла, яке зазвичай втрачається на звичайних електростанціях;

Енергоефективність: сучасні інтегровані технології, такі як передові системи управління, регулювання та автоматизації, дозволяють значно підвищити ККД парових котлів, вони дозволяють оптимізувати робочі параметри для забезпечення оптимального використання палива та зниження енергоспоживання;

Використання відновлюваної енергії: інтегруйте сонячну енергію, енергію вітру, енергію біомаси та інші джерела енергії для зменшення використання традиційних видів палива та викидів парникових газів.

Сучасна ТЕЦ складається з багатьох технічних компонентів. Він складається з основної та додаткової котельні системи. В котельні виробляється перегріта пара, що володіє необхідними властивостями, яка використовується для задоволення потреб населення і технологічних вимог. Природний газ, отриманий з нафти, є основним паливом, що використовується у виробництві, а нафта резервується для подальшого використання як паливо.

Котельня містить парову машину, піч, водозберігаючий пристрій, кладку та інші компоненти. [2] Технологічний процес у сфері поводження з паливом на станції класифікується за видами використовуваного палива та включає багато складових. До них відносяться пристрої прийому і вивантаження палива, механізми транспортування палива до сховищ і зі сховищ, а також пристрої переробки палива, наприклад вугільні дробарки. Інші механічні пристрої, такі як мазутні насоси, нагрівачі та фільтри, також використовуються для виробництва мазуту.

Процес підготовки твердого палива до подальшого спалювання полягає в подрібненні та сушці в спеціалізованій пилоприготувальній установці. І навпаки, процес виробництва мазуту передбачає його спочатку нагрівання, потім очищення від механічних домішок і іноді обробку спеціальними добавками. У випадку з бензином первинна обробка передбачає зміну тиску перед пальниками для підтримки належної температури. Щоб забезпечити необхідну кількість повітря для горіння, використовуються вентилятори, які подають повітря в камеру згоряння котла. Після згоряння палива газів з палива збираються та викидаються через димову трубу в атмосферу.

Для підвищення ефективності та зменшення негативного впливу виробничого процесу можливі інноваційні підходи, такі як удосконалення системи переробки відходів та оптимізація споживання палива. Ці стратегії спрямовані на підвищення якості та тривалості виробництва.

У котлі вода нагрівається до температури насичення і перетворюється на пару. Пара, яка вже знаходиться в котлі, додатково підігривається. Перегріта пара по трубопроводах надходить до турбіни, де її теплова енергія перетворюється на механічну і передається на вал турбіни. Після роботи в турбіні робоча пара передається в конденсатор, який буде нагрівати воду і конденсувати її.

У сучасних електростанціях, які нагрівають пару до температури понад 100 градусів Цельсія, використовується механізм проміжного перегріву. У цій конфігурації турбіна має дві частини: високого тиску та низького тиску. Після роботи в області високого тиску пара передається в проміжний пароперегрівач, де додатково нагрівається, потім пара повертається в турбіну (в секцію низького тиску) і надходить в конденсатор, що збільшує ККД турбінного обладнання та підвищує його надійність.

Конденсат витягується з конденсатора за допомогою насоса, призначеного для конденсату. Насос пропускає конденсат через нагрівачі низького тиску (LPH), перш ніж досягти деаератора. Там конденсат нагрівається паром до температури, яка перевищує температуру насичення, а кисень і вуглекислий газ відокремлюються від нього та видаляються із системи, щоб запобігти корозії обладнання.

Деаерована вода також називається живильною водою, вона подається через нагрівачі, які створюють високий тиск (HP) до котла. Конденсат у нагрівачах низького тиску (LPH) і деаераторі, а також вода, що подається в нагрівачах високого тиску (HP), нагріваються паром, що виходить з турбіни. Цей метод передачі тепла називається регенеративним нагріванням, його метою є забезпечення повторного повернення тепла в турбінний цикл і зменшення об'єму пари, що надходить у конденсатор, тим самим підвищуючи ефективність паротурбінної установки.

Комплекс обладнання, пов'язаного з підведенням води до конденсаторів, називається системою технічного водопостачання. Він охоплює: джерело води (річка, водосховище, або баштовий охолоджувач -

градирня), насос, який циркулює воду, джерело водопостачання (річковий, водосховище, або баштовий охолоджувач - градирня), дренажні трубопроводи. Коли температура води в конденсаторі знижується, тепло води близько 55 відсотків пари в турбіні втрачається, це тепло не використовується для електроенергії та розсіюється. [2]

Щоб максимізувати ефективність системи та підвищити загальну продуктивність, розглядаються інноваційні підходи, такі як оптимізація системи поводження з відходами та підвищення ефективності використання палива. Ці ініціативи спрямовані на підвищення стійкості та ефективності виробництва. Ця економія енергії може бути значно зменшена, якщо частина відпрацьованої пари буде використовуватися турбіною для технологічних потреб у промисловості або для нагріву води для використання в опаленні та виробництві гарячої води. В результаті станція може стати електростанцією подвійного призначення, яка виробляє електроенергію та теплову енергію одночасно. На цих станціях працюють спеціальні роботи-екстрактори, які називаються роботами-нагрівачами. Конденсат пари, що подається споживачеві, знову подається на станцію за допомогою насоса зворотного конденсату.

На електростанціях, які мають теплову потужність, спостерігається внутрішнє пошкодження пари та конденсату, яке є наслідком відсутності на станції ідеальної герметичності пароводяного тракту та втрати пари та конденсату з метою виконання технічних вимог станції. Ці втрати, які не повертаються, становлять приблизно 1,5% від загального об'єму пари, що використовується турбінами.

Щоб подолати ці проблеми та максимізувати ефективність виробництва електроенергії, можна вжити заходів для підвищення герметичності пароводяного тракту та покращення управління паром та конденсатом. Також корисно досліджувати шляхи впровадження передових технологій та інновацій, які мінімізують шкоду та підвищують загальну ефективність енергетичного обладнання.

Крім того, існує ймовірність зовнішнього пошкодження пари та конденсату, пов'язаного з виділенням тепла для промислових користувачів у періоди бездіяльності. Ці втрати зазвичай становлять від 35% до 50%. Втрати пари і конденсату, як зовнішнього, так і внутрішнього, компенсуються додатковою водою, попередньо підготовленою на водоочисній станції. В результаті живильна вода котла є сумішшю додаткової води і конденсату турбіни.

Електричні компоненти електростанції складаються з кількох менших компонентів, включаючи генератор, пристрій зв'язку, головний вимикач і систему живлення для внутрішнього використання механічних компонентів через трансформатор.

Система контролю відповідає за комплексний нагляд і управління технологічним процесом і станом обладнання. Він агрегує та обробляє інформацію про хід технологічних процесів і стан обладнання. Крім того, система автоматизує та дистанційно керує механізмами, керує основними процесами та автоматично охороняє обладнання. Це сприяє безпечній та ефективній роботі електростанції.

Впровадження нових технологій та удосконалень у систему керування може підвищити її ефективність та довговічність, крім того, можна оптимізувати енергетичні процеси заводу.

Багато електричних установок і пристроїв створюють небезпечні ситуації, які можуть призвести до виробничих нещасних випадків або травм. Підтвердженням цього є аварії, пожежі та вибухи, які відбуваються на об'єктах енергетики.

Розслідування аварій і пожеж на теплових електростанціях показало, що первинними місцями виникнення пожеж є основні виробничі приміщення, цехи, допоміжні виробничі приміщення, кабельні тунелі, котельні та інші приміщення.

Несправність з'єднань, помилка оператора, руйнування (ослаблення) нафтопроводів через вібрацію, а також аварії з електрообладнанням можуть сприяти аваріям.

Близько 90% серйозних аварій пов'язані з несправністю обладнання, а решта 10% спричинені пошкодженням конструкцій. Близько 72% аварій відбувається в машинних залах теплових електростанцій, 23,5% - в котельних, близько 5% - в кабельних каналах. [2]

Парові котли складаються з пальника, вала, який випускає пару, пароперегрівача, який нагріває пару, і барабана, який з'єднаний з верхньою частиною котла.

Оскільки парові котли є складними динамічними системами, які мають велику кількість пов'язаних вхідних і вихідних змінних, то при проектуванні системи автоматичного керування необхідно розділити всю систему на кілька окремих систем.

З огляду на все, паровий котел можна вважати системою управління теплом, яка подається споживачеві у вигляді потоку пари з витратою пари. Разом з парою, що виходить з котла, передається теплове навантаження (теплонадходження), а тепло, що виділяється при згорянні палива в топці, включається. У статичному режимі роботи котла досягається рівновага між вхідним і вихідним теплом, і всі основні параметри підтримуються постійними. Змінюючи кількість пари, що використовується, споживач змінює тепловий баланс котла, що призводить до зміни первинних параметрів і введення динамічного режиму роботи. У цьому контексті система автоматизації повинна підтримувати стабільність теплового навантаження котла, в технологічній системі це досягається за рахунок витрати палива на котел. Зрозуміло, що руйнування палива вимагає споживання повітря, яке залежить від кількості палива, яке руйнується. У результаті контролер необхідний для регулювання частки кожної зазначеної вартості. Потоки повітря і палива подаються в топку, а продукти згорання (димові гази) видаляються з топки через відсмоктувач димових газів. У разі відхилення від рівноважного потоку в печі, у верхній частині може статися зміна розрідження, що служить показником розподілу вхідних і вихідних потоків. В результаті запропоновано схему регулювання розрідження, яка впливає на виділення димових газів. Більша частина пари, що виходить з котла, спрямовується на парові турбіни, менша частина використовується в інших галузях промисловості. Усі групи мають спільне бажання підтримувати певну температуру пари. Контури контролю температури, які працюють, змінюючи потік холодної води, відповідають за подачу спеціальних парових охолоджувачів.

Значний вплив на роботу пароутворення має наповнення котла водою, рівень води не повинен сильно змінюватися. Як правило, витрата живильної води в котел є основним контролем за рівнем стабілізації.

Вода завжди солоня, невелика кількість якої виділяється разом з паром. Згодом солі будуть накопичуватися на поверхнях випарника системи, це призведе до зміни властивостей поверхні при теплообміні. При значному утворенні великого масштабу можливі аварійні ситуації. Як наслідок, у типових системах автоматизації використовується схема, яка контролює концентрацію солей через потік води, яка використовується для нагрівання котла. Специфічні властивості процесів виробництва пари в котлі та супутньому обладнанні дозволяють нам зробити висновок про основні способи автоматизації обладнання в котлі.

Як правило, типова барабанна котельня з автоматикою включає в себе наступні елементи керування [3]:

1. теплове навантаження котла (розраховується за тиском пари на виході з котла);
2. ефективність спалювання палива (відповідно до хімічного складу продуктів згорання);
3. низька температура в горловині котла;
4. температура перегрітої пари;
5. рівень води в барабані котла;
6. мінералізація живильної води.

Рисунок 1 ілюструє приклад системи автоматизації, яка включає всі типові контури керування, які вказані.

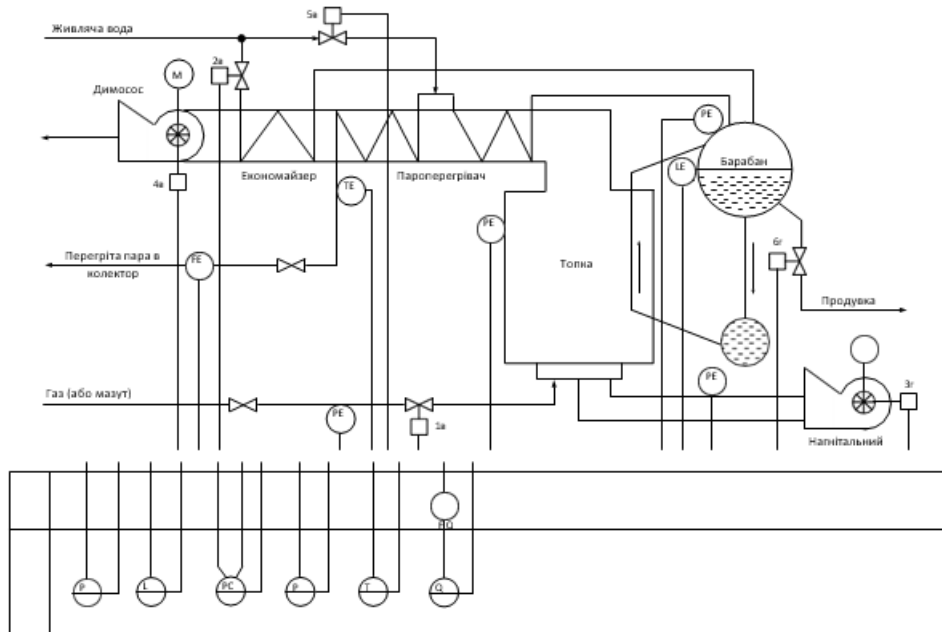


Рис. 1. Система автоматизації з типовими одноконтурними системами керування основних технологічних змінних

Позначимо запропоновані межі.

Контур 1, канал керування «Споживання газу» (поз. 1a+1b), цей канал пов'язаний з котлом. Процедура регулювання подачі палива називається регулюванням навантаження котла:

- контур 2, канал "витрата води - рівень води в котлі" (поз. 2a - 2в).
- контур 3, канал "Співвідношення тиску повітря між тиском газів і тиском повітря в трубопроводах" (поз. 3a, 3г).
- контур 4, канал «Швидкість обертання двигуна димососу розрідження в печі» (поз. 4a, 4в).
- контур 5, канал "Витрати живильної води - Температура пари в колекторі" (п. 5a-5в).
- контур 6, канал "Видалити сіль з води...6a 6d) [5].

Крім згаданих раніше одноконтурних систем, використовуються інші складні системні структури та алгоритми керування. Наприклад, резервуар для води котла має комбінований механізм контролю перешкод. Проходження пари та/або води вважається порушенням. Контроль відхилення передбачає реагування на відхилення рівня води в барабані котла від заданого значення.

Одним з перспективних підходів до підвищення ефективності теплових і енергетичних процесів є використання систем керування, які мають більш складну структуру.

Розглянемо систему регулювання теплового навантаження (ТН), структурна схема якої зображена на рисунку 2 [5].

Цей показник заснований на споживанні тиску і пари. Управління ТН вимагає певного співвідношення витрати палива до витрати живильної води. Температурний режим (ТР) первинного тракту визначається температурою пари перед першим впорскуванням трг в середині тракту. ТР знову залежить від співвідношення споживання води та палива, і кожною з цих змінних можна маніпулювати або контролювати.

Як правило, первинним сигналом системи ТП для первинного тракту є потік води або температура пари в певній точці.

Температура пари на виході з первинного каналу, $t_{пр}$, має значний зв'язок зі змінами споживання палива та води. У результаті РТ надсилають попереджувальні сповіщення з різних частин транспортного засобу.

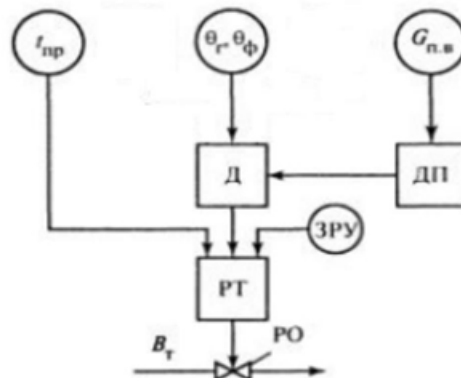


Рис. 2. Структурна схема системи керування температурою пари на виході первинного тракту, $t_{пр}$

З рисунка 2 видно, що температура димових газів (або полум'я продуктів згорання в топці) і витрата живильної води $G_{п.в.}$. Перевагою такого типу системи управління вважається швидке реагування на зміни печі, а негативними сторонами швидкий вихід з ладу первинних перетворювачів температури через агресивний характер газу та пульсацію Θ_g .

Системи автоматизації керування залежать від наступних параметрів, які описують технічну діяльність та її оперативний контроль, а також зупинку та запуск роботи. Ці параметри включають усі параметри режиму та вихідні параметри. Всі параметри, на які впливає технологічна схема, повинні підлягати обов'язковому контролю.

Перед створенням системи автоматизації ми забезпечимо основу для регулювання та управління технологічними змінними, їх розподіл на керовані (зокрема, режимні) складові та тільки керовані компоненти.

Температура перегрітої пари визначається вимогами користувачів і умовами транспортування до кожного з них. Його значення повинно відповідати інтервалу, в якому він підтримується, на який не впливає кількість тепла, що виділяється котельним агрегатом. Допустимі відхилення залежать від типу котла і становлять не більше 10 градусів Цельсія (з автоматичним регулюванням 5 градусів Цельсія).

Недостатнє розрідження в печі погіршує конвективний теплообмін у печі та димоходах через низьку швидкість виходу димових газів і забруднення поверхонь, залучених до теплообміну.

Важливо підтримувати розрідження в топці котла (близько 4 мм H_2O). Відсутність розрідження спостерігається, коли полум'я притискається до стінки печі, це призводить до виходу з ладу пальників і згорання всього. Крім того, продукти згорання (димові гази) будуть допускатися в зону.

Збільшення розрідження негативно позначиться на відриві полум'я від пальника, а також призведе до більш швидкого видалення продуктів згорання, що знизить ефективність радіаційного обміну тепла.

Повнота згорання газу залежить від хімічної потреби в кисні, яка визначається потоком повітря, що надходить в топку. Найпоширеніший відсоток спожитого газу відносно повітря становить близько 1:10.

Нестача або надлишок газу призводить до зниження продуктивності котла, надлишок пари потім падає тиск.

Вода живильної води доповнена постійною кількістю солей, яка з часом буде збільшуватися, що сформує твердий шар осей води. Ця відкладена речовина, яка називається шламом, складається з твердих кристалів, які утворюються у воді котла. Один з найважливіших компонентів осаду знаходиться в нижніх частинах барабана і колекторах.

Підвищений вміст солі у воді в котлі викликає посилене утворення накипу, що негативно позначається на процесі тепловіддачі. Надмірна концентрація солей допустима, однак перевищення цієї межі може призвести до їх надходження в пароперегрівач. У зв'язку з цим важливо застосовувати систематичний підхід до видалення солей з водяного резервуару котла. Цього можна досягти шляхом постійного очищення.

Крім того, ефективне управління та контроль вмісту солі у водоймі може сприяти належному функціонуванню обладнання та забезпечити ефективну роботу енергетичного обладнання об'єкта. На ефективність технологічної системи впливає кількість споживаної пари або тиск на виході з котла. Продуктивність в основному виходить від спалювання газу в печі.

Рівень води в барабані котла є одним із основних параметрів, який впливає на безпеку та надійність самого агрегату та пов'язаних з ним установок. Підвищення або зниження рівня викликано збільшенням або зменшенням потоку пари, зміною теплового навантаження печі та тиску пари. Кількість повинна бути в розумному діапазоні, щоб забезпечити найбільшу кількість випаровування. Відхилення рівня в барабані котла від заданого може призвести до перегріву в барабані і трубах екрану, це пов'язано з механічною міцністю труб і виходом котла з ладу.

Розглянуті особливості процесу спалювання газу, тепло- та масообміну у котлі дають можливість визначити головні вимоги до системи, а саме підтримування рівня води в барабані, параметрів перегрітої пари, розрідження в топці і димоході, надлишку повітря для згорання палива.

Перелік можливих режимів, які можна використовувати в системі автоматизації, таких:

- пряма температура води на виході з водонагрівача;
- повернення температури води на вході водогрійного котла;
- розрідження в топці котла;
- кількість енергії, споживаної в котлі, вимірюється в кВт*год на рік;
- співвідношення витрати газу до повітря;
- тиск пари в котлі;
- температура початкової перегрітої пари;
- температура вторинної перегрітої пари;
- надходження води з подачі в барабан котла;
- кількість рідини в барабані котла 13.

Суміш CH_4 з повітрям, яка одночасно є вибухонебезпечною та токсичною для людини, називається сумішшю. Ці змінні залежать від будильника:

- тиск газу перед каміном;
- концентрація метану в робочому просторі;
- концентрації вуглецю та оксиду кисню в газах, які виділяються (димові газі);
- викид димових газів є рідкістю.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У роботі розглянуті системи нагрівання води для теплоцентралей. Визначені вимоги до підвищення ефективності роботи ТЕЦ, до яких відносяться: ефективне використання тепла на теплових електростанціях, комбіноване використання теплової і електричної енергії, застосування енергоефективних технологій, застосування відновлювальних джерел енергії. Щоб максимізувати ефективність системи та підвищити загальну продуктивність необхідно застосовувати різноманітні підходи. Одним із таких підходів є створення вискоелективної автоматизованої системи керування котельним обладнанням, що використовуватиме різноманітні давачі стану системи і виконавчі механізми. Розглянуто приклад системи автоматизації, яка включає всі типові контури керування. Показано що системи автоматизації керування залежать від параметрів, які описують технічну роботу та її оперативний контроль, а також зупинку та запуск роботи. Розглянуті особливості процесу спалювання газу, тепло- та масообміну у котлі дали можливість визначити головні вимоги до системи, а саме підтримування рівня води в барабані, параметрів перегрітої пари, розрідження в топці і димоході, надлишку повітря для згорання палива.

Література

1. Трегуб, В. Г. Проектування систем автоматизації: [Текст]: навчальний посібник. /В. Г. Трегуб; К. : Видавництво Ліра-К, 2015. - 344 с.
2. Бі-Бі-Сі. Пожежа на шахті в Донецьку призвела до викиду диму. [Електронний ресурс] Режим доступу : URL: https://www.bbc.com/ukrainian/news/2013/04/130416_donetsk_fire_causes_hk – (Дата звернення 30.10.2024). – Назва з екрана.
3. Андреев С. Ю., Маляренко В. А., Темнохунд І. О. Можливості підвищення енергоефективності теплових мереж шляхом впровадження когенерації Вісник НТУ «ХПІ» : 36. наук. праць. Харків. 2015. 147–155 с.
4. Інструкції щодо експлуатації водогрійного котла КВГМ-180, ALSTOM POWER s.r.o., 2001.
5. Інструкції щодо експлуатації водогрійного котла КВГМ-180. Окремі засоби. (Книга 2) ALSTOM POWER s.r.o., 2001.

References

1. Trehub, V. H. Proektuvannia system avtomatyzatsii: [Tekst]: navchalnyi posibnyk. /V. H. Trehub; K. : Vydavnytstvo Lira-K, 2015. - 344 s.
2. Bi-Bi-Si. Pozhezha na shakhti v Donetsku pryzvela do vykydu dymu. [Elektronnyi resurs] Rezhym dostupu : URL: https://www.bbc.com/ukrainian/news/2013/04/130416_donetsk_fire_causes_hk – (Data zvernennia 30.10.2024). – Nazva z ekrana.
3. Andrieiev S. Yu., Maliarenko V. A., Temnokhud I. O. Mozhlyvosti pidvyshchennia enerhoefektyvnosti teplovykh merezh shliakhom vprovadzhennia koheneratsii Visnyk NTU «KhPI» : Zb. nauk. prats. Kharkiv. 2015. 147–155 s.
4. Instruktсии shchodo ekspluatatsii vodohriinoho kotla KVHM-180, ALSTOM POWER s.r.o., 2001.
5. Instruktсии shchodo ekspluatatsii vodohriinoho kotla KVHM-180. Okremi zasoby. (Knyha 2) ALSTOM POWER s.r.o., 2001.

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Тригуба Володимир Андрійович

Тема: Метод автоматизованого керування водопідігріву теплоелектроцентралі

Спеціальність: 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 84

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка методу автоматизованого керування водопідігріву теплоелектроцентралі.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено дослідження технологічного обладнання для виробництва пари. Визначено що для цієї цілі служать водогрійні котли. Проведено аналіз технологічних параметрів, а також їх вплив на точність та якість виконання роботи. Розглянуті методи автоматизованого керування водогрійними котлами. Визначені задачі для подальшого дослідження. У другому розділі зведено в таблицю всі параметри та вимоги, яким повинна відповідати конструкція системи автоматизації для регулювання виробництва пари. З розглянутих процесів згоряння газу, тепломасообміну всередині котла можна зробити висновок про основні завдання системи автоматизації. У третьому розділі розроблена математична модель водогрійного котла. Це допомагає моделювати та аналізувати складні динамічні системи. Реалізація математичної моделі тиску пари споживання газу перевіряє точність і узгодженість результатів. Було виявлено, що зміна тиску пари справді впливає на кількість газу, який споживає паровий котел; всі інші фактори залишилися незмінними. Таким чином, це може бути використано в майбутньому для покращення умов праці та покращення використання ресурсів. У четвертому розділі на основі дослідження розроблено нові правила виробництва з урахуванням збільшення кількості мовних категорій та їх різноманітності. Попередньо встановлені лінгвістичні змінні, а також правила виробництва допомагають сформулювати узагальнену систему керування, яка автоматично реагує на коливання тиску пари та оптимізує використання газу. Це, у свою чергу, може підвищити ефективність виробництва енергії та знизити експлуатаційні витрати парогенераторів, важливі міркування, пов'язані з сучасним виробництвом енергії.
4. Позитивні сторони роботи: розроблено метод автоматизованого керування складними біологічними об'єктами

5. Негативні сторони роботи: деякі розділи роботи потребують більш детального пояснення та кращої структурованості

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

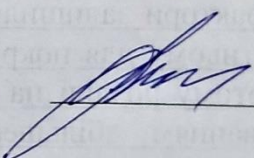
8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3,50/D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Сергій Костянтинівич, завідувач кафедри
ТМІТ, д.т.н, професор Підченко

"20" 12 2024 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Тригуба Володимир Андрійович

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курс, групи АКІТРМ-23-1

ЗАЯВА

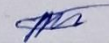
З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.12.24

дата



підпис

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Володимир ТРИГУБА

Співавтор:

Назва: МКР Тригуба

Науковий керівник: Ірина ФОРКУН

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1:3.4%

Коефіцієнт подібності 2:1.2%

Мікропробіли: 8

Заміна букв: 11

Інтервали: 6

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2024-12-20 11:12:00.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

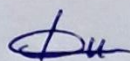
Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2024-12-20

Дата



експерт

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 5.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Помилоч в документах: 8%**

ID: 161825 Назва: МКР Метод автоматизованого керування водопідігріву теплоелектроцентралі Додано в БД: 2024-12-20 Автора: Володимир ТРИГУБА Керівники: Ірина ФОРКУН Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	101548	784	5255 (5%)	66 (8%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод автоматизованого керування водопідігріву теплоелектроцентралі

Автор: Тригуба Володимир Андрійович

Спеціальність: 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Форкун Ірина Валеріївна, кандидат технічних наук, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

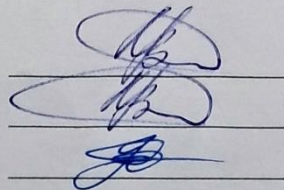
3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 3,39% і адресується до 11 джерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Валерій МАРТИНЮК

Ірина ФОРКУН