

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації та комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інтелектуальні комп'ютерні системи керування
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри АКТС

Еммерік І.В.

“ 18 ” листопада 20 20 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Сіянка Руслана Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка підсистеми підтримки прийняття рішень автоматизованого керування брагоректифікаційною установкою з використанням методів нечіткої логіки.

керівник роботи к.т.н. доц. Смітюх Ярослав Володимирович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “18” листопада 2020 року №953-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 09 лютого 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Розділ 1 – Характеристика об'єкта дослідження, аналітичний огляд літератури та постановка задач дослідження. 1.1 Коротка характеристика підприємства. 1.2 Опис технологічної та машино-апаратної схеми відділення, алгоритм його функціонування. 1.3 Статичні та динамічні характеристики об'єкта. 1.4 Системний аналіз об'єкта. 1.5 Вимоги до системи автоматизації. 1.6 Розробка структури нейрорегулятора та методи його навчання. Розділ 2 – Загальносистемні рішення. 2.1. Розробка підсистеми управління технологічним процесом. 2.2. Опис функцій, що інтелектуалізуються. 2.3. Розробка вимог до ІСК (Requirements diagram). 2.4. Визначення функцій користувачів (Use Case diagram). 2.5. Розробка BDD технологічної, технічної та інформаційної складових системи.

2.6.1. Визначення життєвого циклу ІСК та її процесів. 2.6.2. Вирішення проблем синхронізації підсистем. Розділ 3 – Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК. 3.1 Вибір програмного забезпечення для всіх компонентів системи. Висновки. 3.2. Дослідна перевірка підвищення ефективності. 3.2.1. Оцінка точності часткових розв'язків задачі керування нейромережевим регулятором. 3.2.2 Оцінка єдності розв'язків за змінюваних параметрів регулятора. 3.4.1. Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації. 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 18 листопада 2020 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|---|--|--------------------------------|----------|
| 1 | Видача та затвердження завдання | Перед переддипломною практикою | |
| 2 | Розділ 1 – Характеристика об'єкта дослідження, аналітичний огляд літератури та постановка задач дослідження. | Захист переддипломної практики | |
| 3 | Розділ 2. Розробка схеми автоматизації та вибір технічних засобів автоматизації | 3 тиждень | |
| 4 | Розділ 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. | 5 тиждень | |
| 5 | Розділ 2 – Загальносистемні рішення. | 7 тиждень | |
| 6 | Розділ 3 – Розробка інформаційного та програмного забезпечення ІСК. | 11 тиждень | |

Здобувач

(підпис)

Сіянко Р.В.

Керівник роботи

(підпис)

Смітюх Я.В.

Анотація

В першому розділі кваліфікаційної роботи магістра представлено огляд технологічного виробництва спирту та аналіз існуючих автоматизованих систем керування процесом виробництва

В другому розділі кваліфікаційної роботи магістра представлено завдання на розробку системи автоматизації, також наведено опис схеми автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації, описано компонування модулів ПЛК та представлено опис функційю

В третьому розділі кваліфікаційної роботи магістра розглядається розробка та функціонування інтелектуальної системи керування перевірка підвищення ефективності , розробка бази правил для нечіткої системи і аналіз результатів роботи системи

Ключові слова: виробництво спирту, система автоматизації, інтелектуальна система керування, база правил, нечітка система.

Abstract

The first section of the master's qualification work presents an overview of technological production of alcohol and analysis of existing automated control systems of the production process.

The second section of the master's qualification work presents the task of developing an automation system, also describes the automation scheme and the specification of automation devices and means, describes the layout of PLC modules and presents a description of the function

The third section of the master's qualification work deals with the development and operation of an intelligent control system, efficiency check, development of a base of rules for a fuzzy system and analysis of the results of the system

Key words: alcohol production, automation system, intelligent control system, rule base, fuzzy system.

Розділ 1 – Характеристика об'єкта дослідження, аналітичний літератури та постановка задач дослідження

Підвищення якості продукції у промисловості тісно пов'язане з впровадженням в виробництво новітніх технологій, виробництва.

Ефективність виробництва залежить від таких факторів, як формування і виистання виробничих фондів, продуктивність праці, співвідношення темпів продуктивності проці до фонду оплати праці, вибір форм організації .

Загальними передумовами вдосконалення роботи харчової промисловості є присення науково- прогресу, реформація економічного механізму господарювання, підвищення ефективності виробництва, поліпшення праці, динамічний та пропорційний розвиток, забезпеченність сільськогосподарською сировиною.

Однією найважливіших проблем розвитку харчової промисловості є переоснащення її на технологічній основі. Оновлення матеріально-технічної бази галузі можна досягти за рахунок виистання прогресивних, ресурсозберігаючих технологій, розробки і розвитку виробництв, що дають змогу швидко переналагодити виробництво на випуск продукції. Масове виистання мікропроцесорної техніки, мікроелектроніки створює умови для комплексно програмних виробничих процесів.

Засоби комплексної автоматизації, системи і апаратів безперервного циклу повинні замінити одиниці агрегатів періодичної, що виистовуються нині. Характер технологічного процесу окремих галузей харчової дає можливість вже найближчим часом перевести виробництво в автоматизований. У перспективах у таких галузях як цукрова, олійна, макаронна, маслосироробна і молочна будуть споруджені заводи-автомати, окремі цехи автоматичним виробництвом на основі застосування мікропроцесорів, робототехніки, роторних та -конвеєрних ліній.

У спиртовій промисловості особливо актуальними є проблеми потужності та технічного рівня основного устаткування, поліпшення якості спирту, витрат ресурсів на виробництво продукції. Це можливо за рахунок оптимального режиму роботи із збереженням основних технологічних параметрів (T, P, F) в межах норми. Але в умовах перехід до цілком нових виробництв, заміни старих апаратів нові неможливі у зв'язку з нестачею у підприємств великих коштів. Найкращий вихід в запровадженні автоматизованих систем управління, які змогу зменшити відхилення параметрів процесу від ідеальних, підвищити якість, зменшити втрати сировини, палива, ресурсів, як матеріальних так і.

БРУ - основна ланка теплового господарства спиртового заводу та найбільший пари. Тут пара більш високого потенціалу перетворюється в пару зниженими тиском та температурою, яка далі йде на нагрівання проміжних продуктів. За важливістю виконуваних функцій БРУ займає центральне у технологічній та тепловій схемі спиртового заводу. Від її залежить продуктивність підприємства, витрата палива, втрати та якість спирту.

розподіленої системи управління на базі мікропроцесорного контролера "Premium та персонального комп'ютера з програмним забезпеченням "Monitor Pro забезпечує вирішення таких завдань :

- збирання , первинне оброблення й інформації про параметри технологічного процесу й стан устаткування від контролерів та інших цифрових пристроїв , безпосередньо зв'язаних з технологічною ;

- відображення інформації про поточні значення технологічних параметрів технологічного на екрані ПЕОМ у вигляді графічних мнемосхем , динамічна частина складається із набору вбудованих в систему елементів візуалізації ;

- графіків поточних значень технологічних параметрів в реальному часі за інтервал ;

- виявлення критичних (аварійних) ситуацій ;

- на екран ПЕОМ технологічних і аварійних повідомлень , їх реєстрацію файлі повідомлень, з фільтруванням повідомлень по категоріях ;

- контроль оператора шляхом їх реєстрації в файлі повідомлень ;

- дистанційне технологічним процесом з клавіатури ПЕОМ або з допомогою маніпулятора “миша” , включаючи : введення завдань (установок параметрів технологічного процесу з контролем достовірності введених значень ;

- режимів роботи контурів регулювання (ручний , автоматичний) ; положенням виконавчих механізмів у ручному режимі , групове управління тощо .

рахунок впровадження автоматизації БРУ ми очікуємо наступні зміни таких -економічних показників:

1. Зменшення витрат пари на 3,3 до маси перероблених буряків за рахунок додержання оптимального режиму із збереженням основних технологічних параметрів в межах норми .

2. Збільшення спирту за рахунок зменшення його втрат в технологічному процесі 0,04 % від маси бражки . Це досягається завдяки

регулюванню рівнів у пусах апаратів. Вивільнення одного робітника з тарифною ставкою 1,16 грн. за годину .

11. Характеристика підприємства

Нині майже всі спиртові працюють в таких умовах господарювання, коли вони самостійно встановлюють своєї діяльності:обсяг реалізованої продукції, основна номенклатура продукції, капіталовкладень, завдання по впровадженню нової техніки і технологій. При показники фінансового стану є досить важливими показниками, що характеризують сторони діяльності підприємства.

На сьогоднішній день косарський спиртзавод відноситься міністерства агропромислового комплексу України і є одним із спиртових державного концерну “укрспирт”. З 1 січня 1997 підприємство підпорядковується безпосередньо обласному об’єднанню спиртової та лікєро-горілочаної “черкаспирт”. Форма власності підприємства – державна.

Косарський завод виробляє спирт етиловий – ректифікат із меляси вищої ГОСТ 5962-67, спирт етиловий ректифікований високоякісний за ГОСТ -95 та горілки особливі за ГОСТ 12712-80. Виробничі станом на 01.01.2000р.дозволяють виробити 1320 тис. спирту вищої очистки та 620 тис. Дал горілочаних виробів. спиртового цеху становить 4500 декалітрів спирту вищої очистки на . Технологічний цикл виробництва складає 280-310 днів. Висока культура забезпечує найвищу якість косарського спирту і добре відома споживачам в Україні так і за її межами. Здійснена реконструкція на виробництво спирту із зерна потужністю 3100 дал на , також буде збережено і схему виробництва спирту з меляси.

діяльність ефективна,якщо підприємство: раціонально виистовує активи, своєчасно зобов’язання, рентабельне. Виистовуючи статті фінансової звітності ф.1 та .2, проведемо аналіз ефективності господарської діяльності підприємства. Мета аналізу і точна оцінка динаміки розвитку підприємства,його фінансового стану.

такі методи аналізу: горизонтальний, вертикальний, з застосуванням коефіцієнтів.

горизонтального аналізу полягає в порівнянні показників звітності попереднього та року. При цьому здійснюється постатейне зіставлення звітів і визначається і відносна зміна статей.

На відміну від горизонтального, що динаміку статей фінансової звітності за ряд років, вертикальний є внутрішньої структури звітності. При проведенні такого аналізу ціла частина до 100% і обчислюється питома вага кожної її.

Метод коефіцієнтів полягає в тому, що оцінку фінансового стану за допомогою коефіцієнтів, розрахованих на підставі показників балансу і про фінансові результати. Цим способом вивчаються такі показники як , довгострокова платоспроможність та рентабельність.

В спиртовій промисловості, а зокрема на Косарському заводі виистовується попередільний метод обліку, а оскільки виробництва безперервна, то переділи не виділяють і виистовують однопередільний . Застосуванню нормативного методу сприяють специфіка виробництва (вироблення в масштабах нескладної і однорідної продукції, відсутність напівфабрикатів); наявність затрат на виробництво продукції (розроблено нормативи затрат на -цю продукції, рецептуру), на технологічне паливо, електроенергію, на плату виробничих робітників; порівняно постійна технологія і організація і праці, можливість організації оперативного і бухгалтерського обліку змін та відхилень від норми.

Планування собівартості продукції для підприємства собою систему техніко-економічних розрахунків, які відображають величину затрат, включаються до складу собівартості продукції. Ціллю собівартості є економічно визначення величини затрат, необхідних в плановому періоді для виробництва виду і всієї промислової продукції.

Як правило, на підприємстві складається план виробництва за видами продукції або виробнича програма. виробничої програми це забезпечення

об'єму виробництва, достатнього для задоволення споживачів, та створення економічно обґрунтованого рівня запасів.

Для аналізу виробничої програми виистовуються дані статистичної звітності “Квартальний звіт по продукції

Для населення – як головного споживача готової спиртового заводу важливим є не лише виконання плану з продукції в цілому, а й у асортиментному виразі, в році Косарським спиртовим заводом завдання за структурою виробництва продукції .

На косарському спиртовому заводі постійно в центрі уваги знаходиться продукції і, як результат, з перевірок якості в 2002 контролюючими органами (агростандартом, черкаською обласною, санепідемстанціями) не виявлено жодних порушень – перевірена продукція відповідала вимогам діючої документації встановлених рецептур. За останні кілька років на косарському заводі проведено цілий ряд організаційно-технічних заходів, спрямованих на якості продукції, її асортименту, культури виробництва, механізації і автоматизації економії паливно-енергетичних ресурсів. Якість продукції, що випускається заводом, визнана як на рівні України, так і на міжнародному . Так, у 1997 році підприємство отримало міжнародну нагороду за якість продукції “арка Європи” у столиці Іспанії . У 1998 році одержало міжнародний приз “за якість в місті Парижі та приз “за технологію та якість” в Берліні. У 2001 році підприємство отримало винагороду за якість продукції під торговою маркою “холодний ” – “вища проба”.

1.2 Опис та машино-апаратної схеми відділення, алгоритм його функціонування

Стадія спирту з культуральної рідини (бражки) і очищення від домішок є заключною у технологічному процесі виробництва спирту відбувається у брагоректифікаційних установках (БРУ). Існує декілька технологічних схем

БРУ, але принципи дії у них схожі, як приклад, розглянемо триколонну установку скісної дії.

Бражка з відділення подається у підігрівач бражки, де підігрівається парами спирту води, потім поступає у верхню частину бражної колони і тарілках стікає донизу. Назустріч потоку рідини піднімаються пари води спирту, що утворюються за рахунок теплоти гріючої пари, яка у кип'ятильник бражної колони. В результаті тепломасообміну концентрація спирту потоці пари зростає, а у рідині зменшується. Бражка, з відігнаний спирт, називається бардою і відводиться з нижньої частини. Барда є основним відходом спиртового виробництва і виистовується або м для тварин, або для виготовлення дріжджів. Пари спирту супутніх йому домішок виходять з верхньої частини колони, охолоджуються теплообміннику потоком бражки та остаточно конденсуються у дефлегматорі БК, подається охолодна вода.

Очищення спирту-сирцю відбувається у епюраційній, куди на перегонку поступає конденсат спирту-сирцю з дефлегматора. Обігрів колони відбувається парою, яка поступає у кип'ятильник колони.

режим у колоні розрахований на розподіл спирту-сирцю, який тут висококиплячим компонентом суміші, та легколетючих домішок (ефірів, метанолу та ін.), які і концентруються у верхній колоні і виходять з неї у вигляді ефіроальдегідної фракції ЕАФ).

Очищений спирт з концентрацією 20-30% () виводиться з нижньої частини епюраційної колони і подається ректифікаційну колону для остаточного очищення та концентрування. У ній компонентом є спирт, а основним висококиплячим - вода, тому концентрація збільшується по висоті колони. Обігрівання цієї колони, як і інших, відбувається парою, яка подається у кип'ятильник.

Спирт-ректифкат 96% відбирається з 10-15-й тарілок у частині колони і проходить через холодильник, де охолоджується водою. спирту виходять через верхній отвір і після конденсації у РК повертаються у колону як флегма.

З нижньої частини відбираються сивушні масла, а ще нижче відводиться вода з спирту.

Брагоректифікаційне відділення є вибухонебезпечним приміщенням, тому у ньому виистовувати прилади та засоби автоматизації у вибухобезпечному виконанні. В автоматизації БРУ виистані переважно прилади пневматичні" вітки ДСП, в числі - вторинні прилади з пневмоприводом діаграми.

Важливим технологічним параметром, визначає режим роботи кожної з колон БРУ, є тиск її нижній частині, який залежить від витрати гріючої пари кип'ятильнику.

Основним параметром, який характеризує стан процесу у кожній , є концентрація спирту. Через відсутність серійних датчиків для автоматичного цього параметра його безпосереднє регулювання неможливе. Однак, при постійному у колоні між концентрацією та температурою кипіння рідини на тарілці існує однозначна залежність, яку можна виистати для посереднього концентрації.

У бражній колоні температура на контрольній тарілці регулюється допомогою двоконтурної (каскадної) АСР.

Особливо високі вимоги до якості регулювання концентрації спирту, який відбирається з ректифікаційної , оскільки він є кінцевим продуктом виробництва. Для цього виистовується (каскадна) АСР, яка регулює витрату

спирту-ректифікату екцією по температурі на контрольній тарілці.

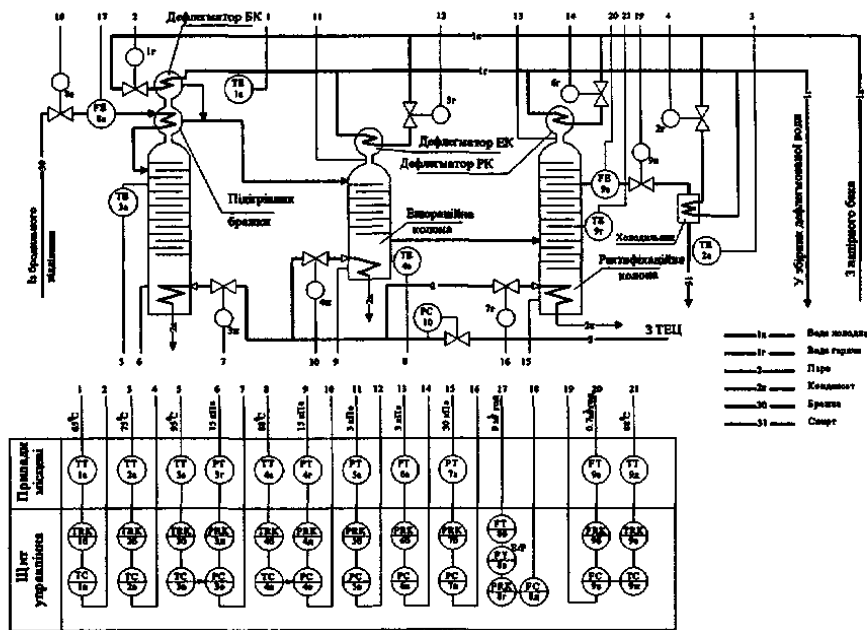


Рис. 6.8 Схема автоматизації брагоректифікаційної установки

203

Рис.. Схема автоматизації БРУ

1.3 Статичні та динамічні характеристики

Моделювання – це процес пізнання об’єкта досліджень (оригінала а також процес відтворення деяких характеристик оригінала і дослідження на ЕОМ. Моделювання проводиться з метою розробки моделі об’єкта , проведення експериментів на цих моделях для визначення та аналізу об’єкта або оцінки різних управлінь.

Модель може бути матеріально системою або уявно відображати об’єкт, таким чином, вона здатна його на певному етапі досліджень. Оригінал також може бути та уявним (на стадії проектування).

Потреба в виникає тоді, коли безпосереднє дослідження на об’єкті неможливе (створювати критичні та позакритичні ситуації без загрози аварії) дослідження потребує значних затрат.

Процес побудови математичної моделі включає етапи:

- складання математичного опису об'єкта досліджень (вивчення , явищ, елементів об'єкта та встановлення зв'язків між ними, запис або системи рівнянь для кожного елемента об'єкту чи явища
- вибір методу розв'язку системи рівнянь математичного опису і реалізація у формі моделюючої програми (вибір найбільш ефективного методу з існуючих та реалізація його спочатку у формі алгоритму, потім у вигляді програми для розрахунку на ЕОМ);
- адекватності математичної моделі (порівняння результатів вимірювання на об'єкті процесі його роботи з результатами моделювання за однакових умов
- перенесення результатів моделювання на об'єкт досліджень.

Математичні моделі виистовуються вирішення задач аналізу та синтезу, розробки систем управління. Виистання в САР (система автоматичного регулювання) дозволило виистовувати моделі безпосередньо в контурі управління. Така математична модель виистовується вирішення задачі оптимального управління.

Об'єктом досліджень в даному дипломному є частина випарної установки, зокрема перший пус. Моделювання проводимо метою розробки математичної моделі даного об'єкта, проведення експериментів на моделі для визначення та аналізу характеристик об'єкта та оцінки управлінь необхідних для забезпечення оптимального функціонування об'єкту.

На основі схеми, розробимо повну параметричну схему рис.2.1)

Рис.2.1 Повна параметрична схема

S_0 – витрата на вході в бражну колону, м³/год;

– витрата бражки на виході з бражної колони, м³/год;

b_0, b_k – відповідно концентрація на вході і бражної колони, м³/год;

c_0, c_n, c_k – відповідно теплоємність бражки, гріючої пари та конденсату, кДж/·°С;

D_n, D_k – відповідно витрата гріючої і конденсату, м³/год;

t_n – температура пари, °С;

t_0, t_1 – відповідно температура соку вході і виході з бражної колони, °С;

h – рівень соку в бражній колоні, м;

W – вторинної пари, м³/год;

i_w, i' – ентальпія вторинної пари і конденсату, кДж/кг.

В апараті можна умовно виділити такі основні елементи: гріючу , поверхню нагрівання та парорідинний простір.

Розробку математичної моделі проводимо методом. Гріючу камеру, в якій конденсується пара можна розглядати вигляді ряду взаємозв'язаних “ємкостей” – пара у , плівка конденсату на поверхні нагріву, конденсат, метал пусу, ізоляція несконденсовані пари.

Концентрація газів, що не сконденсувалися, при нормальному складає менше 1%, тому масою цих газів можна , маса конденсату, що накопичується на дні гріючої камери також рівна нулю. При цих допущеннях рівняння матеріального балансу гріючої має вигляд

$$d(G_1+G_2)/dt D_1-D_k-D_1', \quad (2.1)$$

де G_1 – маса пари в гріючій , кг;

G_2 – маса плівки конденсату на поверхні , кг;

D_1, D_k, D_1' – відповідно витрата гріючої , конденсату та втрати пари при відводі несконденсованих газів (приймаємо рівними нулю), кг/год;

Рівняння балансу для гріючої камери отримаємо на основі закону збереження для відкритої термодинамічної системи:

$$dU=(Q-L_v)d\tau, \quad (2.2)$$

де Q – сумарний тепловий потік через теплопередаючу і обмежуючу поверхні;

D_i – витрата, кг/год;

i_i – ентальпія потоку, кДж/кг;

L_v – термодинамічна рівновага;

U – внутрішня енергія системи, кДж

Для гріючої камери випарного апарату $L_v=0$, тому на основі (2.2) отримаємо:

$$dU/d\tau=\Delta Q, \quad (2.3)$$

$$\text{де } Q=Q_1+\sum D_i i_i=D_1 i_1-D_2 i_2-D_3 i_3-Q_4, \quad (2.4)$$

i_1, i_2, i_3 – відповідно гріючої пари, пари у камері конденсату, кДж/кг;

Q_4 – кількість тепла, передається поверхні нагрівання, кДж/кг.

Внутрішня енергія системи :

$$U=G_1 U_n+G_2 c' t_k+c_m G_m t_m, \quad (2.5)$$

де U_n – внутрішня енергія пари в гріючій камері, кДж;

c', t_k – відповідно теплоємність [кДж/кг·°C] і температура конденсату, °C;

c_m, G_m, t_m – відповідно теплоємність [кДж/кг·°C], маса [кг] та температура пусу гріючої, °C;

c_u, G_u, t_u – відповідно теплоємність [кДж/кг·°C], маса [кг] та температура ізоляції, °C;

Підставимо (2.4) (2.5) рівняння (2.3) умови, що теплоємність металу та ізоляції не залежить від t , а ентальпія пари, що надходить в гріючу камеру дорівнює ентальпії пари, яка знаходиться в камері отримаємо:

$$\begin{aligned} d(U_n)/d\tau + d(G_2 c' t_k)/d\tau + (dt_m/d\tau) + c_u G_u (dt_u/d\tau) = \\ = (D_1 - D_1') i_0 - D_k i' - Q_1 - Q_1', \end{aligned} \quad (2.)$$

Розглянувши рівняння матеріального і теплового балансу (2.) і (2.6) разом та виключивши $dG_1/d\tau$, отримаємо:

$$\begin{aligned} G_1 (dU_n/d\tau) + (U_n - U_n') dG_1/d\tau + (c' t_k - i') dG_2/d\tau + G_2 \cdot d(c' t_k)/d\tau + \\ + c_m G_m (dt_m/d\tau) + c_u G_u (dt_u/d\tau) = (D_1 - D_1') (i_0 - i') - Q_1 - Q_1', \end{aligned} \quad (2.7)$$

Маса пари гріючій камері дорівнює:

$$G_1 = V_1 g'' = (V_3 - V_2) g'', \quad (2.8)$$

де V_1 – об'єм пари гріючій камері, м^3 ;

g'' – густина пари, $\text{кг}/\text{м}^3$;

V_3, V_2 – відповідно об'єм гріючої камери та конденсату, м^3 ;

Маса плівки конденсату дорівнює:

$$G_2 = V_2 g', \quad (2.9)$$

де g' – густина конденсату, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Прийmemo слiдуючі припущення:

$$1) \quad i_k c' t_k;$$

2) об'єм пари в гріючій камері V_1 і об'єм камери V_3 рівні між собою (так як V_2V_3);

3) температура пари і плівки конденсату змінюється з однаковою .

Підставивши вирази (2.8) і (2.) у вираз (2.7), з урахуванням зазначених припущень, отримаємо:

$$a_1^* (dt_n/d\tau c_M G_M (dt_M/d\tau) + c_u G_u (dt_u/d\tau)) = (D_1 - D_1') (i_0 - i') - Q_1 - Q_1', \quad (2.10)$$

Значення a_1^* знайдемо з :

$$a_1^* = V_1 [g'' (dU_n/d\tau) + (U_n - i') (dg''/dt_n)] + V_2 g' c' + t_k (dc'/dt_n), \quad (2.11)$$

Можна зробити припущення, що при процесі швидкість зміни температури пари і середньої температури металу рівні:

$$dt_M/d\tau = dt_n/d\tau, \quad (.12)$$

Приймаємо, що: $t_M = (t_M + t_n)/2$, де: t_n – температура навколишнього середовища.

вираз (2.12), отримаємо:

$$c_M G_M dt_M/d\tau + c_u G_u (dt_u/d\tau) = (+0,5 c_u G_u) dt_n/d\tau, \quad (2.13)$$

Підставимо (2.13) (2.10) і отримаємо:

$$a_1 (/d\tau) = (D_1 - D_1') (i_0 - i') - Q_1', \quad (2.)$$

$$\text{де: } a_1 = a_1^* + c_M G_M + 0,5 c_u G_u, \quad (.15)$$

Визначимо кількість тепла t_1 , що передається поверхні :

$$t_1 = [F_1' / (1/\alpha_1 + 2\lambda_c)] / (t_n - t_c), \quad (2.16)$$

де: – площа поверхні конденсації, м²;

α_1 – коефіцієнт від гріючої пари до стінки труби, кДж/кг⁰С;

δ_c – товщина поверхні нагрівання, м;

λ_c коефіцієнт теплопровідності металу поверхні нагрівання, кДж/м⁰С;

– температура поверхні нагрівання, ⁰С;

Підставивши (2.) в (2.14) отримаємо:

$$a_1 dt_n/d\tau = -a_2 t_n + a_3 t_c + a_4 (-D_1'), \quad (.17)$$

$$\text{де: } a_2 = a_3 = F_1' / \alpha_1 + \delta_c / 2\lambda_c, \quad (2.18)$$

$$a_4 i_0 - i'$$

Рівняння (2.17) є наближеним диференціальним гріючої камери, записане відносно температури пари.

Рівняння (2.) в правій частині містить значення температури поверхні нагрівання, визначення якої необхідно отримати відповідні диференціальні рівняння.

Приймемо наступні :

- 1) труби випарювача мають одні і ті ж геометричні і виконанні з матеріалу з однаковими теплофізичними властивостями;
- 2) потік вздовж осі труби відсутній;
- 3) всі труби випарювача однакову кількість тепла;

Запишемо рівняння теплового балансу для труб:

$$G_m G_3 (dt_c/d\tau) = Q_1, \quad (2.)$$

де: G_3 – маса металу труб, кг

Q_1 – кількість тепла, що передається трубам від гріючої , кДж/кг; Q_2 – кількість тепла, що трубами киплячій рідині, кДж/кг;

$$Q_2 = [F_1'' / (1/\alpha_2 + \delta_c / 2\lambda_c + 1/2\lambda_n)] (t_c - t_1), \quad (2.20)$$

де: F_1'' – площа нагрівання зі сторони киплячої рідини, м²;

δ_n, λ_n відповідно товщина шару та коефіцієнт теплопровідності шару накипу

Розглядаючи (2.19), (2.16) і (2.) і врахувавши, що $dt/d\tau = dt_n/d\tau$, отримаємо:

$$c_1(dt/d\tau) = -c_2c_3c_3t_n + c_4t_1, \quad (2.21)$$

де: $c_1 = c_m G_3$; $c_2c_3 + c_4$;

$$c_3 = F_1' / (1 + \delta_d / 2\lambda_c), \quad c_4 = F_1'' / (\alpha_2 + \delta_d / 2\lambda_c + \delta_n / \lambda), \quad (2.22)$$

Парорідинний випарного апарату можна розглядати як чотири взаємозв'язані ємності з параметрами: кипляча рідина, пара під дзеркалом випарювання, простір пари, а також метал пусу.

Для математичного описання перехідних в парорідинному просторі розглянемо разом рівняння матеріального і теплового для кожної ємності.

Рівняння матеріального балансу для рідини:

$$dG_{жс} / d\tau = S_0 - S_1 - W', \quad (2.23)$$

де $G_{жс}$ – маса рідини в апараті, кг;

S_0 , – відповідно витрата рідини на вході в апарат та виході з апарату, кг/с;

W' – утвореної пари, кг/с

Рівняння матеріального балансу для під дзеркалом випарювання:

$$dG_n' / d\tau = W', \quad (2.24)$$

Рівняння матеріального балансу для простору вторинної пари

$$dG_n'' / d\tau = W'' - W, \quad (2.25)$$

: G_n' , G_n'' – відповідно маса пари під і дзеркалом випарювання, кг;

W'' , – витрата пари, що із дзеркала випарювання, кг/с

Підсумувавши (2.), (2.24) та (2.25) отримаємо:

$$d(G_{жс} + G_n' + G_n'') / d\tau = S_0 - S_1 - W, \quad (2.26)$$

Повна рівновага теплового режиму парорідинного досягається лише за умови, коли $S_0 - S_1 - W = i$ і $\Delta Q = 0$.

При розгляді перехідних процесів, що у випарному апараті знехтуємо впливом підведення чи відведення тепла зміну кількості рідини в апараті та впливом збільшення чи маси на температуру кипіння рідини.

Враховуючи, що маса простору значно менша маси рідини в апараті, температура вторинної дорівнює температурі кипіння рідини, а об'єм визначається п'єзометричним методом, :

$$V_{жс} = V_{жс.0} + Sh, \quad (2.27)$$

де: S – площа поперечного перерізу апарату, m^2

h – рівень рідини в апараті, m ;

$V_{жс}$ – об'єм рідини обмежений площиною, від якої відраховується рівень,

Провівши ряд алгебраїчних перетворень отримаємо диференціальне рівняння, що описує зміну киплячої рідини і рівня в апараті:

$$d_1(d\tau) = -d_2t_1 + d_3t_c - d_4W, \quad (2.28)$$

$$e_1 dh/d\tau = S_0 - S_1 - W, \quad (2.29)$$

$$\text{де } d_2 = c_4 + S_1 c''; \quad d_3 = c_4 \quad d_4 = i; \quad e_1 = (g''' - g''), \quad (2.30)$$

$$g''' \geq g'', \text{ тоді } e_1 = g''' S; \quad d_1 c''' g''' V_{жс} + c_M G_3$$

Для першого пуску випарної станції система диференціальних матиме вигляд:

$$\begin{cases} a_1 \frac{dt_n}{d\tau} = -a_2 t_n + a_3 t_c + a_4 (D_1 - D_1'), \\ c_1 \frac{dt_c}{d\tau} = -c_2 t_c + c_3 t_n + c_4 t_1, \\ d_1 \frac{dt_1}{d\tau} = -d_2 t_1 + d_3 t_c - d_4 W, \\ e_1 \frac{dh}{d\tau} = S_0 - S_1 - W \end{cases} \quad (2.31)$$

Систему рівнянь (2.31) можна привести до вигляду:

$$\begin{cases} T_1 \frac{dt_n}{d\tau} + t_n = \kappa_1 t_c + \kappa_2 (D_1 - D_1'), \\ T_2 \frac{dt_c}{d\tau} + t_c = \kappa_3 t_n + \kappa_4 t_1, \\ T_3 \frac{dt_1}{d\tau} + t_1 = \kappa_5 t_c - \kappa_6 W, \\ \frac{dh}{d\tau} = \kappa_7 S_0 - \kappa_8 S_1 - \kappa_9 W \end{cases} \quad (2.32)$$

де: $T_1 = a_1/a_2$; $T_2 = c_1/c_2$; $T_3 = d_1/d_2$; $\kappa_1 = a_3/a_2$; $\kappa_2 = a_4/a_2$; $\kappa_3 = c_3/c_2$; $\kappa_4 = c_4/c_2$; $\kappa_5 = d_3/d_2$; $\kappa_6 = d_4/d_2$

Величини a_1, c_1, d_1, e_1 характеризують інерційність апарату по температурі пари в гріючій камері, температурі поверхні, температурі киплячої рідини і рівню. Інші коефіцієнти характеризують статичні апарату.

На основі системи диференціальних рівнянь (2.32) можна зобразити розгорнуту параметричну схему об'єкта моделювання (рис..2)

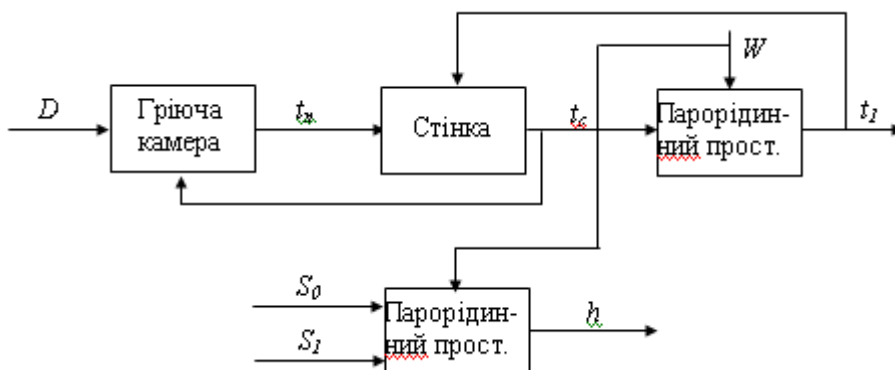


Рис. 2.2 Розгорнута параметрична схема

Коефіцієнт a_1 знаходимо графічним методом. У джерелі [7 на сторінці 38 наведено графік залежності коефіцієнту a_1 від (див. рис.3) $a_1 = 2100 \text{ кДж}^0\text{С}$.

a_2 , a_3 та a_4 розраховуємо за формулами (2.)

$$a_2 = a_3 = \frac{65}{1/7000 + 0,0015/2 \cdot 16 \cdot 10^{-3}} = 1382,46 \text{ кДж}^0\text{С};$$

$$a_4 = 2110 - 422 = 1678 \text{ кДж}/.$$

Коефіцієнти c_2 , c_3 та c_4 розраховуємо за формулами (.22)

$$c_1 = 0,502 \cdot 5078 = 2549,16 \text{ кДж}^0\text{С};$$

$$c_3 = a_2 = a_3 = 1382,46 \text{ кДж}^0\text{С};$$

$$c_4 = \frac{62}{1/3500 + 0,0015/2 \cdot 16 \cdot 10^{-3} + 0,005/0,47 \cdot 10^{-3}} = 55,80 \text{ кДж}^0\text{С};$$

$$c_2 = c_3 + c_4 = 1382,46 + 55,8 = 1438,26 \text{ кДж}/.$$

Коефіцієнти d_1 , d_2 , d_3 , d_4 та e_1 розраховуємо за (2.30)

$$d_1 = 1170 \cdot 3650 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6 + 0,502 \cdot 5078 = 5111,46 \text{ кДж}^0\text{С};$$

$$d_2 = 55,8 + 0,76 \cdot 3650 \cdot 10^{-3} = 58,57 \text{ кДж}^0\text{С};$$

$$d_3 = c_4 = 55,80 \text{ кДж}^0\text{С};$$

$$d_4 = i' = 422 \text{ кДж}/\text{кг};$$

$$e_1 = 1170 \cdot 3,04 = 3556,80 \text{ кг}/\text{м}.$$

Оскільки відомі числові значення коефіцієнтів, то можна розрахувати числові значення сталих часу T_i і коефіцієнтів k_i :

$$T_1 = 2100/1382,46 = 1,52 \text{ с};$$

$$T_2 = 2549,16/1438,26 = 1,77 \text{ с};$$

$$T_3 = 5111,46/58,57 = 87,27 \text{ с};$$

$$\begin{aligned} \kappa_1 &= 1382,46/1382,46 = 1; \\ \kappa_2 &= 1678/1382,46 = 1,21; \\ \kappa_3 &= 1382,46/1438,26 = 0,95; \\ \kappa_4 &= 55,80/1438,26 = 0,039; \\ \kappa_5 &= 55,80/58,57 = 0,95; \\ \kappa_6 &= 422/58,57 = 7,2; \\ \kappa_7 &= \kappa_8 = \kappa_9 = 1/3556,80 = 0,00028 \end{aligned}$$

Отже, остатична система диференційних рівнянь динаміки випарного апарату з числовими значеннями коефіцієнтів має вигляд:

$$\begin{cases} 1,52 \frac{d\Delta t_n}{d\tau} + \Delta t_n = \Delta t_c + 1,21\Delta D_1, \\ 1,77 \frac{d\Delta t_c}{d\tau} + \Delta t_c = 0,95\Delta t_n + 0,039\Delta t_1, \\ 87,27 \frac{d\Delta t_1}{d\tau} + \Delta t_1 = 0,95\Delta t_c - 7,2\Delta W, \\ \frac{dh}{d\tau} = 0,00028\Delta S_0 - 0,00028\Delta S_1 - 0,00028\Delta W. \end{cases}$$

1.4 Системний аналіз

Головною ознакою складної системи її структурна організація у елементів чи підсистем, які функціонують та взаємодіють з середовищем. Кожна із систем входить в склад більш системи. В свою чергу підсистема, крім елементарних, може як система молодшого рангу. системи із зовнішнім середовищем проявляється цілісно, а самі зв'язки різну фізичну природу.

Процес функціонування будь-якої системи завжди з перетворенням існуючих ресурсів, а при правильній його організації до отримання нового продукту.

Технологічний комплекс БРУ являє собою систему, що складається з таких підсистем:

- збірник бражки
- колектор пари;

- бражан, епюраційна, ректифікаційна колони;
- конденсатор збірником барометричної води;
- збірники конденсату;
- дефлегматори та .

На вхід установки надходить бражка із вмістом спирту 14-%. Основна ціль випарювання досягти вмісту спирту 70-80 У БРУ багато взаємозв'язків. Тут застосовується багаторазове виистання пари, перетікає із апарату в апарат самотоком за рахунок різниці . Тиск знижується по ходу технологічного процесу, починаючи з I , концентратор працює під розрідженням.

Спосіб функціонування неперервний, процес багатofункціональний. випарної станції з'єднані послідовно. Установка включає дві накопичувальні ємкості на вході та на виході).

Випарний апарат, як підсистема, також із підсистем, це :

1. збірник бражки;
2. підігрівник ;
3. бражна колона;
4. дефлегматор бражної колони;
5. епюраційна ;
6. дефлегматор епюраційної колони;
7. спиртова колона;
8. дефлегматор колони;
9. комунікація відводу пари;
10. комунікація відводу конденсату
11. комунікація відводу спирту.

1.5 Вимоги до системи автоматизації

| № | Параметри | Оптимальне | Допустиме | Аварійне | Сигналізація |
|---|-----------|------------|-----------|----------|--------------|
|---|-----------|------------|-----------|----------|--------------|

| п/п | контролю і сигналізації | значення параметра | технологічне відхилення параметра, % | відхилення параметра | Звукова | світлова |
|-----|---|--------------------|--------------------------------------|----------------------|---------|----------|
| 1 | Температура водно-спиртових парів на контрольній тарілці бражної колони, °С | 95 | ± 2 | ± 4 | + | + |
| 2 | Температура спирту на виході з ректифікаційної колони, °С | 75 | ± 4 | ± 8 | + | + |
| 3 | Температура дефлегмованої води, °С | 65 | ± 4 | ± 8 | + | + |
| 4 | Тиск внизу бражної колони, КПА | 15 | ± 1 | ± 3 | + | + |
| 5 | Температура в епюраційній колоні, °С | 88 | ± 4 | ± 8 | + | + |
| 6 | Тиск внизу епюраційної колони, КПА | 15 | ± 1 | ± 3 | + | + |

| | | | | | | |
|----|--|-----|------------|-----------|---|---|
| 7 | Тиск на вході в дефлегматор епюраційної колони, КПА | 3 | $\pm 0,5$ | ± 1 | + | + |
| 8 | Температура в ректифікаційній колоні, °С | 88 | ± 4 | ± 8 | + | + |
| 9 | Тиск на вході в дефлегматор ректифікаційної колони, КПА | 3 | $\pm 0,5$ | ± 1 | + | + |
| 10 | Тиск внизу ректифікаційної колони, КПА | 30 | ± 1 | ± 3 | + | + |
| 11 | Витрата бражки на вході в бражну колону, м3/год | 9 | ± 1 | ± 2 | + | + |
| 12 | Витрата бражки спирту на виході з ректифікаційної колони, м3/год | 0,7 | $\pm 0,05$ | $\pm 0,1$ | + | + |

1.6. Дослідження особливостей застосування нелінійних моделей керування

1..1 Аналіз нелінійних регуляторів та особливостей їх налаштування

Перед на об'єкті керування та в процесі експлуатації системи автоматичного необхідно проводити розрахунок оптимальних параметрів налаштування регуляторів, при яких, будучи в достатній мірі стійкою, задовольняє прийнятими показниками якості процесу. Від якості налаштування регулятора залежить ефективність функціонування САР. Оптимальних параметрів налаштування регуляторів є одним з найбільш важливих складних етапів налагодження САР. Незважаючи на те, що в комплексній автоматизації виробничих процесів впроваджується обчислювальна техніка, вимоги до і якості оптимальних налаштувань регуляторів не тільки не знижуються, ще більше підвищуються через ускладнення всього комплексу управління. Оптимальні регуляторів підвищують якісні та економічні показники роботи основного і устаткування, а також надійність їх експлуатації. Динамічні властивості САР від характеристик об'єкта і регулятора. Всі параметри САР можна на три групи: - задані параметри, які не можна (наприклад, статичні і динамічні параметри об'єкта); - параметри, можуть бути обрані конструктором при розробці регулятора, але не бути змінені при налаштуванні; - параметри, які можна змінити налаштуванні (налаштовувальні). Розробка САР на основі промислового передбачає рішення задачі визначення та встановлення налаштовувальних параметрів регулятора 11 заданими параметрами об'єкта. Розв'язання цієї задачі здійснюється у порядку: - на підставі відомостей про регульований об'єкт, характер, керуючі впливи та ін. вибирається досить простий типовий закон; - проводиться розрахунок оптимального налаштування регулятора; - проводиться аналіз роботи системи при знайдених оптимальних налаштуваннях регулятора; - якщо не задовольняє поставленому завданню, обирають більш складний закон регулювання - якщо і цей захід не

дає задовільних результатів, то структуру САР (вводять додаткові контури регулювання, уточнюють характер збурень і т.д.).

1.6.2 Вибір автоматичного регулятора

Завдання проектувальника полягає у виборі такого типу , який при мінімальній вартості і максимальній надійності забезпечував би якість регулювання. Для того, щоб вибрати тип регулятора і його налаштування, необхідно знати: 1. Статичні і динамічні об'єкта керування. 2. Вимоги до якості процесу регулювання. 3. якості регулювання для серійних регуляторів. 4. Характер збурень, діючих процес регулювання. Вибір типу регулятора зазвичай починається з найпростіших регуляторів і може закінчуватися самоналагоджуваними мікропроцесорними регуляторами. В якості передбачаються безперервні автоматичні регулятори, які реалізують закони управління П (пропорційний), І (інтегральний), ПІ (пропорційний та одночасно) і ПІД (пропорційний, інтегральний і диференціальний). З ускладненням закону регулювання якість роботи системи поліпшується, й вартість системи регулювання при цьому суттєво збільшується. Тип вибирається з урахуванням властивостей об'єкта і заданих параметрів перехідного . До параметрів перехідного процесу можуть висуватися різні вимоги. В випадках оптимальним є процес з мінімальним значенням динамічної помилки, інших - з мінімальним значенням часу регулювання і т.д. вибирають один з трьох типових перехідних процесів: граничний , з 20% перерегулюванням, з мінімальною квадратичною площею відхилення. аперіодичний процес характеризується відсутністю перерегулювання, мінімальним загальним часом регулювання найменшим впливом регулятора на об'єкт (що викликає найбільше регульованої величини від заданого значення). Такий перехідний процес в якості оптимального при значній дії регулюючого впливу на технологічні величини об'єкта, щоб звести їх відхилення до мінімуму. з 20% перерегулюванням характерний більшою величиною впливу регулятора меншим відхиленням регульованої величини

від заданого значення, і при час регулювання дещо зростає. Цей процес вибирають в якості , коли допустимо невелике перерегулювання. Процес з мінімальною квадратичною площею має значне перерегулювання (до 40%), великий час і найменшу величину динамічної помилки. Орієнтовно характер дії регулятора за відношенням часу запізнювання τ до постійної часу об'єкту .

При $\frac{\tau}{T} < 0,2$ обирається позиційне регулювання.

При $0,2 < \frac{\tau}{T} < 1,0$ обирається безперервне регулювання, або імпульсне.

При $\frac{\tau}{T} > 1,0$ застосовують багатоконтурні системи регулювання та вживають щодо компенсації впливу запізнювання. При цьому, слід пам'ятати про особливості роботи безперервних автоматичних регуляторів. П-регулятор можна застосувати роботи як на стійких, так і на нейтральних об'єктах, допустима статична помилка регулювання. При роботі з об'єктами 1- порядку П-регулятор формує аперіодичний перехідний процес, а при з об'єктами 2-го порядку - або аперіодичний, або коливальний процес. Уведення І-складової до закону регулювання ускладнює динаміку процесів та підвищує порядок рівняння динаміки системи. При цьому поява аперіодичних і коливальних процесів. Наявність І-складової гарантує відсутність помилки регулювання. Регулятори цього типу застосовують для роботи тільки стійких об'єктах, коли припустимі великі значення динамічної помилки і регулювання. ІІ-регулятори широко виистовуються для роботи на стійких нейтральних об'єктах, коли статична помилка регулювання має дорівнювати нулю. якості перехідного процесу покращують, збільшуючи коефіцієнт підсилення регулятора k_p . Д-складової значно зменшує швидкість відхилення регульованої величини від значення; якщо мається І-складова, це сприяє швидкому перехідного процесу при невеликому динамічному відхиленні. Алгоритм вибору автоматичного як для стійких, так і для нейтральних об'єктів наведено додатку 3. Більш

докладно питання вибору типу регулятора розглянуто [3,5,6, 19], де наведені необхідні і таблиці.

1.6.3 Визначення налаштувань автоматичного регулятора

налаштування регуляторів повинні бути обрані такими, щоб у замкненій автоматичного регулювання був забезпечений заданий запас стійкості; при обраний показник якості регулювання повинен відповідати необхідному (або повинен мати екстремальне значення). Оскільки в теорії автоматичного регулювання запас стійкості може бути оцінений по-різному, а також виистовуються різні показники якості регулювання, в інженерних розрахунках застосовуються декілька методів визначення оптимальних параметрів налаштування регуляторів.

1.6.4 Експериментальний метод визначення параметрів налаштування регулятора метод Циглера - Нікольса)

Метод Циглера - Нікольса відноситься до емпіричних базується на виистанні даних, отриманих експериментально на реальному об'єкті. метод налаштування регуляторів не вимагає знання математичної моделі об'єкта. передбачається, що система змонтована і може бути запущена в . При цьому, також існує можливість зміни налаштування регулятора. Набули два методи налаштування – метод незатухаючих коливань і метод коливань. Метод незатухаючих коливань У працюючій системі вимикаються інтегральна диференціальна складові регулятора ($T_i = \infty$, $T_d = 0$), тобто система переводиться у режим регулювання із П- регулювання. Шляхом послідовного збільшення K_p з одночасною подачею стрибкоподібного сигналу завдання досягають виникнення в системі незатухаючих коливань періодом $T_{кр}$. Це відповідає виведенню системи на межу коливальної . При виникненні даного режиму роботи фіксуються значення критичного коефіцієнта регулятора $15 K_{кр}$ і періоду критичних коливань в системі $T_{кр}$. слід враховувати те, що при появі критичних коливань жодна системи не повинна виходити на рівень обмеження.

1.6. Формульний метод визначення налаштувань регулятора

У практиці налагоджувальних широко виистовують наближені формули для визначення оптимальних параметрів налаштування. Метод виистовується для швидкої, наближеної оцінки 17 значень параметрів регулятора для трьох видів оптимальних типових процесів регулювання. Метод як для статичних об'єктів з самовирівнюванням (таблиця 1 так і для об'єктів без самовирівнювання (таблиця 2 Таблиця 3.1 - Формульний метод визначення налаштувань регулятора для об'єктів з самовирівнюванням.

| Регулятор | Типовий процес регулювання | | |
|-----------|---|--|--|
| | Аперіодичний | з 20% перерегулюванням | з мінімальною квадратичною площею відхилення J_{\min} |
| I | $K_p = \frac{1}{4.5K_{oy}\tau}$ | $K_p = \frac{1}{1.7K_{oy}\tau}$ | $K_p = \frac{1}{1.7K_{oy}\tau}$ |
| II | $K_p = \frac{0.3}{K_{oy}\tau/T}$ | $K_p = \frac{0.7}{K_{oy}\tau/T}$ | $K_p = \frac{0.9}{K_{oy}\tau/T}$ |
| III | $K_p = \frac{0.6}{K_{oy}\tau/T}$ $T_u = 0.6T$ | $K_p = \frac{0.7}{K_{oy}\tau/T}$ $T_u = 0.7T$ | $K_p = \frac{1}{K_{oy}\tau/T}$ $T_u = T$ |
| ПІД | $K_p = \frac{0.95}{K_{oy}\tau/T}$ $T_u = 2.4\tau$ $T_o = 0.4\tau$ | $K_p = \frac{1.2}{K_{oy}\tau/T}$ $T_u = 2\tau$ $T_o = 0.4\tau$ | $K_p = \frac{1.4}{K_{oy}\tau/T}$ $T_u = 1.3\tau$ $T_o = 0.5\tau$ |

1.6.6 Оптимальне налаштування за номограмами

На відміну від формульного методу, метод розрахунку номограмами дозволяє більш точно визначити налаштування регулятора, тому що наявність нелінійної залежності між параметрами настроювання регулятора і величиною T . Існують номограми для розрахунку налаштувань ПІ- і ПІД- для об'єктів першого та другого порядків з запізненням/

1.6.7 Розрахунок налаштувань за частотними характеристиками об'єкта (заданого запасу стійкості в системі)

Амплітудно-фазову характеристику АФХ) об'єкта керування можна виистовувати для розрахунку налаштувань регуляторів, головним критерієм є забезпечення заданого запасу стійкості в системі. налаштувань регуляторів можна виконувати з виистанням звичайних частотних характеристик і регулятора або розширених частотних характеристик, коли необхідно задовольнити до заданого ступеня

затухання перехідного процесу. Як наголошувалося раніше, автоматичного регулювання повинна мати достатній запас стійкості, і в запасу стійкості не менше заданого, якість регулювання повинна бути в сформульованому сенсі. Відповідно до цього розрахунок оптимального налаштування складається з наступних етапів: - визначення області в просторі налаштувань, в якій система має необхідний запас стійкості; - в цій області точки, що забезпечує якнайкращу якість регулювання. стійкості системи може бути оцінений величиною m (ступінь системи) або величиною M (показник коливальності), характеризують затухання коливальної складової перехідного процесу і зв'язані залежністю ступенем затухання Ψ .

1.6.8 Аналіз нелінійних регуляторів

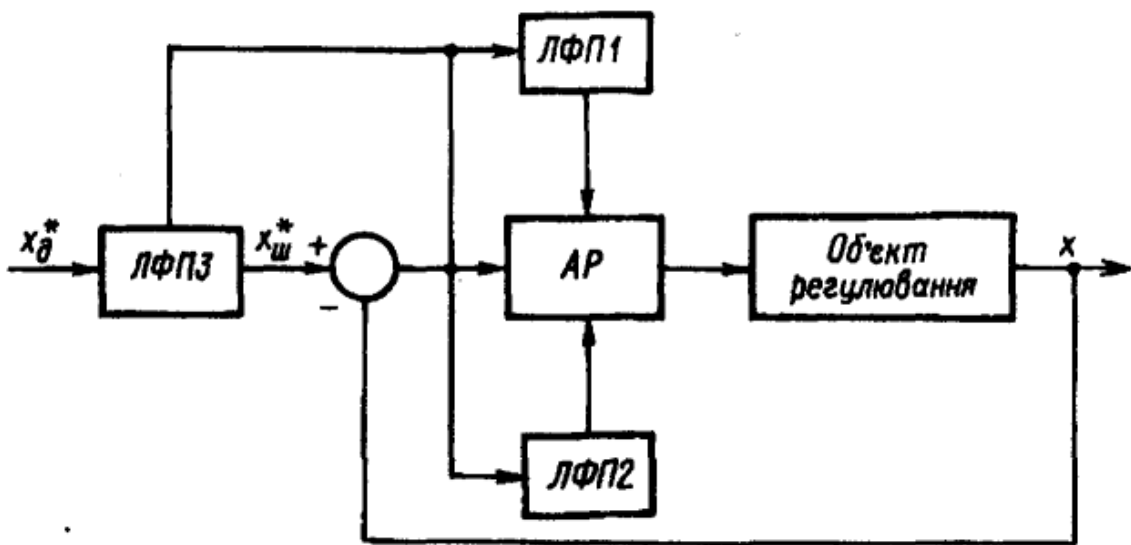
системи – це системи автоматичного керування, рух яких описується диференціальними рівняннями. Нелінійність частіше за все зумовлена характеристиками елементів, входять до складу системи, які за своєю фізичною природою нелінійними. Наприклад, релейні елементи, в яких вихідна величина змінюється при неперервній зміні вхідної величини; обмеження напруги в електронних підсилювачах, що визначається напругою живлення; зона нечутливості постійного струму, що визначається моментом тертя і т.п. аналіз нелінійних систем є більш складним через відсутність

єдиних розв'язку нелінійних диференційних рівнянь. Теорія автоматичного керування має кілька аналізів і синтезу нелінійних систем, як точних, так і . Із точних методів найбільше розповсюдження дістав метод фазового простору систем першого, другого, а інколи й третього порядків. Із методів найбільш ефективним інженерним методом є метод гармонійної лінеаризації.

простором називають простір, по осях координат якого відкладені змінні, характеризують стан динамічної системи. Якщо рух системи описується диференційним n -го порядку, то стан фазового простору, по осях відкладені одна з координат системи і $n-1$ її . Точка, що характеризує стан системи, називається зображуючою точкою. При її координати змінюються і зображуюча точка буде описувати фазову . Якщо рух системи описується диференційним рівнянням другого порядку, то простір називають двомірним, тобто перетворюється у фазову площину.

Відомо [1], що до нелінійних регуляторів належать ті, в яких дія на об'єкт є нелінійною функцією відхилення регульованої величини, ці регулятори можуть мати як статичні, так і динамічні . Найбільш поширеними є логічні нелінійні регулятори (ЛНР), яких нелінійні закони регулювання реалізуються за допомогою логічних функцій. ЛНР є ефективним алгоритмічним способом поліпшення якості функціонування АСР об'єктах з несприятливими динамічними властивостями. У мікропроцесорних системах автоматизації (МСА) цей спосіб має суттєві переваги перед інформаційними способами, домінують в апаратних системах автоматизації і пов'язані з виистанням АСР. По-перше, алгоритмічний спосіб є економічнішим, тому що потребує додаткових інформаційних каналів. По-друге, він досить просто в МСА програмним шляхом.

Зауважимо також, що застосуванні тільки стандартних законів регулювання в МСА фактично неможливі, які надають мікропроцесорні контролери (МПК) для якості перехідних процесів. Загальний вигляд структурної схеми АСР з наведено на рис. 1. У такій системі виистовується один кілька логічно-функціональних пристроїв (ЛФП), які залежно розузгодження Δx або його похідної вмикають чи вимикають складові регулювання (ЛФП1), змінюють параметри настроювання регулятора () або штучно формують розузгодження на деяких ділянках перехідного (ЛФП3).



1. Структурна схема автоматичної системи регулювання з логічним нелінійним регулятором

де u — регульовальна дія кр, T_i , T_d —параметри настроювання регулятора (ПНР відповідно коефіцієнт передачі, час ізодрому та час випередження; — логічна функція розузгодження ($\epsilon=1$, якщо $|\Delta x| < \delta$; $\epsilon=0$, якщо $|\Delta x| \geq \delta$, Прикладом ЛНР з ЛФП2 є ПІ-регулятор фірми “Ассигау” (СІЛА) зі зміною параметра ка П-складової:

$$u = k_n \Delta x + k_i \int \Delta x dt, \quad (2)$$

де $k_n = a_1 \Delta x$, якщо $\Delta x_2 \leq \Delta x \leq \Delta x_1$, $k_n = a_0$, якщо $\Delta x_2 > \Delta x > \Delta x_1$; k_i — параметр І-складової;

Модифікацією такого ЛНР є НР з подвійною П-складовою (П2ІД):

$$u = k_p \left(|\Delta x| \Delta x + \frac{1}{T_u} \int \Delta x dt + T_d \frac{d(\Delta x)}{dt} \right). \quad (3)$$

Для зменшення впливу Д-складової на перехідний процес її можна обчислити не за значенням розузгодження Δx , а безпосередньо за значенням регульованої величини x . І нарешті, прикладом ЛНР з ЛФПЗ є застосування штучного завдання, яке змінюється за таким алгоритмом [2]:

$$\begin{aligned} x_m^* &= x_a^*, \text{ якщо } \Delta x \frac{d(\Delta x)}{dt} > 0; \\ x_m^* &= x, \text{ якщо } \Delta x \frac{d(\Delta x)}{dt} = 0; \end{aligned} \quad (4)$$

$$x_m^* = x_m e^{-\lambda t}, \text{ якщо } \Delta x \frac{d(\Delta x)}{dt} < 0,$$

де x_m^* , x_a^* — відповідно штучне та дійсне значення завдання;

$\Delta x = x_a^* - x$; x_m — значення змінної в момент відсікання дійсного завдання, тобто

при $\frac{d(\Delta x)}{dt} = 0$;

Подальшим розвитком ЛНР є застосування нечітких регуляторів [3], які оперують з лінгвістичними значеннями змінних і основним елементом яких є база знань, що складається з множин “ситуація—дія”. Виистовуючи ЛНР у МСА, слід розв’язати дві задачі: розробити програмно-конфігураційну схему (ПКС) реалізації такого регулятора та визначити його оптимальні ПНР.

Розглянемо можливості реалізації деяких ЛНР за допомогою найпоширеніших МПК — реміконтів малої канал ьності. На рис. 2 наведено ПКС реалізації ППІД- та П2Щ-регуляторів при виистанні алгоритму аналогового регулювання

РАН. У разі застосування алгоритму імпульсного регулювання РІМ схеми реалізації ЛНР такі самі за винятком закону П2ІД, де треба враховувати наявність у передавальній функції часу повного переміщення виконавчого механізму.

1.6.9 Нейро-нечіткі регулятори в системах автоматизації процесів

Актуальність нейро-нечітких регуляторів збільшується з причин ускладнення урізноманітнення задач, що розв'язуються, а саме об'єкти дослідження знаходяться у умовах невизначеності, нелінійності, зв'язності між змінними, які неможливо розглянути, наявності великих стохастичних збурень. Зазначимо наявні переваги нейро-нечітких: ефективність при малому об'ємі інформації про об'єкт, спрощуваний апарат, виістання експертного досвіду, можливість екції як моделі, так її параметрів.



Рис.1. Блок-схема алгоритму побудови нейро-нечіткого регулятора

Включення в НМ нелінійної функції активації реалізацію принципів управління об'єктів з нелійнностями, нейронні мережі ефективно в умовах невизначеності. Виистовуваний в нейронних мережах математичний апарат складним для виистання на виробництві, тож об'єднання нейрорегуляторів, нечітких та знання експертів з налагодження САУ, що забезпечують простоту,

та нелінійність дозволяють отримати доступний адаптивний метод для управління технологічними процесами. Зокрема, накопичені експертом знання про об'єкт управління бути реалізовані за допомогою нечіткої логіки, але наявність лише нечіткої логіки не може пам'ятати масив знань попередніх дій . Але це дозволяє виистати нейронну мережу, що базується на про поведінку об'єкта, тому нейро чи нейро-нечітку мережу виистовувати для пусконаладжувальних робіт, П-Д , адаптивних та інших . З розглянутих робіт за цією темою були проаналізовані найпоширеніші нечіткого логічного виводу такі як: Мамдані, Сугено, Ларсена, , та наведені висновки перевірки побудови й специфіки систем різного : - методи, що застосовуються в нечіткій логіці для обробки представлення знань забезпечують простоту формування, розуміння, відлагодження та модифікування моделей; - перетворення в нечітких регуляторах мають "лише" нелінійний ; - характер нелінійних перетворень, напряду залежить від структури, параметрів , кількості вхідних та вихідних сигналів, а також форми та розташування функцій належності; - модель Сугено дуже ефективна для з апріорно відомими даними або ймовірнісним характером нелінійних перетворень вхідними та вихідними сигналами; - моделі Мамдані, Ларсена і ефективні в ситуаціях формування нелінійних перетворень між вхідними та сигналами системи на основібажаних законів її функціонування у вигляді поведінки у всьому діапазоні можливих ситуацій.

1.6.10 нейронних мереж в системах керування

Виистання НМ має свою , що створює відповідні вимоги до архітектури НМ та алгоритму навчання. У більшості випадків для розглянутих робіт НМ виступають одному із наступних елементів:

1. Регуляторі **[Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

2. Моделі керування **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

. Оптимальному фільтрі об'єкта керування [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

4. Регуляторі сумісному з регулятором іншого типу лінійному [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] побудованому із виистанням елементів нечіткої логіки [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

5. Оптимізаторі регулятора іншого типу **Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

6. Класифікаторі або для розпізнавання образів [**Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Наслідуване . Назва «наслідуване нейрокерування» (*Neurocontrol learning based mimic, Controller Modeling, Supervised Learning Using an Existing Controller* [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]) охоплює нейрокерування, в яких нейроконтролер навчається на прикладах динаміки контролера, : ПД-регулятора. Після навчання НМ з точністю відтворює вхідного контролера. Наслідуване нейрокерування застосовується для первинного навчання НМ виистанням інших методів для наступного донавчання нейроконтролера.

Інверсне нейрокерування. роботі [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] деякі приклади застосування схеми керування на основі інверсної моделі лінійних систем з виистанням НМ. При такому підході формування моделі ОК здійснюємо шляхом навчання НМ.

При узагальненому інверсному [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] передбачено НМ в режимі *off-line*, на основі записаних траєкторій динамічного об'єкта. Для отримання таких траєкторій на об'єкт керування якості керуючого сигналу подаються деякі випадкові процеси. Значення керуючих та відповідних реакцій об'єкта записуються і на їх основі навчальну послідовність. У ході навчання НМ повинна відслідкувати та залежність керуючого сигналу $u(k-1)$ від наступного значення реакції об'єкта $y(k)$, який

знаходився перед цим у стані $S(k-1)$. Для доцільне виистання методу зворотного поширення похибки. Таку НМ назовемо інверсним нейроемулятором».

При керуванні об'єктом інверсний нейроемулятор підключається як , при чому розрізняються два способи: замкнутий і розімкнутий.

замкнутому підключенні на вхід контролера подаємо поточне встановлене значення вектор стану об'єкта керування, переданий через коло зворотного зв'язку

$$x(k) = [r(k+1)S(k)]^T, \quad (0.1)$$

Завдяки стабілізуючому зворотного зв'язку досягається достатньо висока якість керування. Відомі варіації інверсного керування, в яких, замість біжучого значення цільового значення, цільова траєкторія на L тактів вперед: $[r(k+1)r(k+2)\dots r(k+L)]$.

Перевагою інверсного нейрокерування є навчання нейроконтролера в режимі *off-line* відсутності точної математичної моделі об'єкта керування.

Спеціалізоване інверсне нейрокерування **Ошибка! Источник ссылки не найден.**] Цей вид нейрокерування навчати інверсний нейроконтролер в режимі *on-line*, виистовуючи похибку від встановленого значення $e = r - y$. НМ керуючий сигнал $u(k)$, який надає ОК положення $y(k+1)$. Далі похибку роботи нейроконтролера. При цьому екцію вагових коефіцієнтів НМ за методом найшвидшого спуску. Перевагою такого підходу є висока якість керування у порівнянні з узагальненим методом інверсного нейрокерування. Суттєвим є необхідність знання точної математичної моделі об'єкта керування, яка для навчання нейроконтролера.

Метод зворотного пропускання похибки через прямий . Такий підхід виистовує дві НМ [Ошибка! Источник ссылки не найден.], одна з яких виконує функцію контролера, друга – прямого нейроемулятора, що навчений моделювати динаміку керованого . А під час навчання прямого нейроемулятора на виході об'єкта подається випадковий керуючий сигнал u , що змінює положення об'єкта y , та на основі таких значень створюємо навчальну вибірку. прямого нейроемулятора проводять у режимі *off-line*. Механізм зворотного через прямий нейроемулятор реалізує локальну інверсну модель стану об'єкта в поточному просторі. Пройшовши через нейроемулятор, похибка поширюється через , однак тепер її проходження супроводжується екцією вагових коефіцієнтів нейроконтролера. при цьому виконує функції додаткових шарів НМ нейроконтролера, в ваги зв'язків не ектуються.

Прогнозоване нейрокерування. В роботі [Ошибка! Источник ссылки не найден.] розглянутий НМ регулятор контуру швидкості з прогнозуванням *NN Predictive Controller*. Метод навчання нейроконтролерів, при яких мінімізується відхилення поточного положення об'єкта керування від заданого для кожного такту, не завжди забезпечує найкращу інтегральну якість керування [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Якість роботи залежатиме від реалізації та вибору алгоритму мінімізації для прогнозування відповідного сигналу, отриманого від моделі ОК [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Відомі прогнозуючі моделі нейрокерування [Ошибка! Источник ссылки не найден.], що мінімізують функціонал інтегральної похибки:

$$Q(k) = \sum_{i=L_1}^{L_2} e(k+i)^2 + \rho \sum_{i=0}^{L_2} (u(k+i) - u(k+i-1))^2, \quad (0.2)$$

де e - похибка виходу системи;

ρ - вклад зміни керуючого сигналу в загальний функціонал Q .

Для прогнозування майбутньої поведінки системи та визначення похибки виистаємо прямий нейроемулятор, який навчений так само як і у випадку зворотного поширення похибки через прямий нейроемулятор. Особливістю такого методу є відсутність навчаючого контролера. Його місце займає оптимізаційний модуль, що здатний працювати в режимі реального часу **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Недоліком системи прогнозуючого модельного нейрокерування є обмежене виистання його системах із швидко змінюю динамікою, оскільки оптимальний алгоритм, що в режимі реального часу, протягом одного такту не зможе найкращу стратегію керування.

Методи нейрокерування на основі адаптивної критики, Ошибка! Источник ссылки не найден.] подібно до системи модельного керування, вибирають керуючий сигнал на основі оцінок майбутньої системи керування. Така система містить два нейронних модулі: та модуль критики. Модуль критики виистовує апроксимацію значення функції . Популярність систем адаптивної критики пояснюється наявністю розвинутої теоретичної бази вигляді теорії динамічного програмування Бельмана, а також властивістю подібності оптимального або близького до оптимального керування.

Багатомодульне нейрокерування характеризується типу комітетів експертів **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. Для багатомодульного підходу вихідна задача розділяється на окремі , ви рішення яких покладено на окремі модулі. Системи багатомодульного нейрокерування основі локальних інверсних моделей складаються зі значної кількості лінійних і керуючого модуля. Кожний із лінійних контролерів є НМ поширення сигналу, яка навчена керувати в межах локальної ділянки станів об'єкта.

Для формування нейроконтролера можна виистовувати різні методи **Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не**

найден., **Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.]:**

- узагальнене інверсне нейрокерування,
- спеціалізоване інверсне ,
- метод зворотного пропускання похибки через нейроемулятор.

Недоліком такого методу проведення навчання нейроконтролера є потреба великого об'єму навчальних прикладів, по простору станів керуючого об'єкта.

Метод багатомодульного нейрокерування на пар прямих та інверсних моделей [Ошибка! Источник ссылки не найден.], відрізняється від методу нейрокерування на основі інверсних моделей, в яких поведінка системи формується при навчанні під час керування не ектується. Такий метод передбачає ектування нейронних модулів на кожному такті нейрокерування. Істотним недоліком системи нейрокерування є непрозора процедура розділення навчальної вибірки на вибірки навчання прямих та інверсних нейроемуляторів різних модулів.

Гібридне нейрокерування на виистанні сумісної роботи НМ із звичайними контролерами, ПД- або іншими типами контролерів. Гібридне нейро-ПД керування [Ошибка! Источник ссылки не найден.] дозволяє проводити самоналаштування ПД-регулятора в режимі *on-line* із виистанням НМ. Керування із виистання ПД-контролера полягає у мінімізації помилки зворотного зв'язку. Сигнал керування, що виробляється контролером, являє собою суму пропорційної, інтегральної та диференціальної складових.

Недоліком є проблематичне оцінювання стійкості отриманого нелінійного контролера. Для такого способу є необхідність у аналітичній математичній моделі об'єкта керування.

Методи гібридного паралельного нейрокерування. У роботі [Ошибка! Источник ссылки не найден.] передбачається паралельне виистання нейроконтролерів зі контролером для керування динамічними об'єктами. При

цьому нейроконтролер та контролер, в ролі якого виступає, наприклад, ПІД-контролер, отримують значення установки.

Гібридне паралельне нейрокерування є компромісним рішенням для нейрокерування та переходу від звичайних контролерів до НМ.

Допоміжне актуальне, коли необхідно вирішити додаткові задачі, що виникають в керування динамічними об'єктами. Якість керування контролера можна підвищити і траєкторію руху об'єкта більш гладкою при виистанні фільтрування зовнішніх **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. Спочатку схема була запропонована Б. Видроу для виистання сумісно нейроконтролерами, що навчені за принципом загального нейрокерування. Цей підхід до об'єкту керування зі зворотною динамікою при наявності адекватної або імітаційної моделі об'єкта керування для навчання прямого та нейроемулятора.

Нейрокерування з еталонною моделлю [Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.] варіант нейрокерування згідно методу зворотного поширення помилки через прямий з додатковим введенням у схему еталонної моделі. Для зменшення у процесі керування між об'єктом та нейроконтролером вводиться еталонна , як правило, лінійна динамічна система невисокого порядку, яку можна перевірити аналітичними методами на стійкість **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. Еталонна модель підбирається таким чином, щоб нею опорна траєкторія на кожному такті була досяжна для керування. К. Кришнакумаром та ін. **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]** запропоновано оригінальну модифікацію нейрокерування з еталонною моделлю для створення аварійно-стійкої системи керування літальним . Еталонна модель донавчається в режимі *off-line* шляхом мінімізації похибки відхиленням траєкторії руху об'єкта керування від цільової траєкторії. адаптивну систему можна розглядати як звичайний нейроконтролер типу адаптивної , що керує об'єднаною динамічною системою «ПІД-контролер + керування».

1.6.11 Переваги нейромережевого регулятора

В час проблема проектування адаптивних систем автоматичного управління динамічними об'єктами переходом від класичних парадигм до парадигм інтелектуального управління, зокрема нейромережевих структур. Застосування нейромережевих структур для реалізації адаптивних систем складними динамічними об'єктами має ряд переваг, зокрема: нейронні є ідеальним засобом моделювання будь-яких нелінійних об'єктів управління внутрішня адаптивність завдяки можливості самонавчання; високу швидкість та обробку інформації, що є природним при побудові багатомірних систем. Є два принципово відмінних підходи до побудови адаптивних нейромережевих управління, а саме: пряме виистання нейромережевої структури в регулятора (інверсна модель) та непряме, де нейромережа в якості моделі об'єкта (пряма модель) як адаптації [1]. Другий підхід можна вважати класичним він є більш трудомістким та потребує більше часу на адаптації по відношенню до першого. Перший підхід є більш по швидкодії, але потребує для цього відповідних програмних та засобів.

Основною перевагою виистання нейроконтролерів для управління є те, для синтезу структури та параметрів нейроконтролера не потрібні кількісні параметрів об'єкту, достатньо оперувати динамами, які характеризують стан об'єкту. напрямом дослідження який визначився у останні роки це ідентифікація управління електроприводом за характеристиками таких координат як напруга, ток частоти живлення. Цю складну задачу можна вирішити тільки із нейронних мереж.

1.6.12. Розробка структури нейрорегулятора та його навчання

Основні елементи

Нейронна мережа являє собою структуру клітинних автоматів, що складається з наступних основних елементів:

- елемент, що перетворює вхідний сигнал по функції:

$$f(x) = \frac{x}{c + |x|} + c_m$$

x - вхідний сигнал, c - параметр, що визначає крутизну графіка функції, а c_m - параметр спонтанної активності нейрона.

Суматор - елемент, здійснює підсумовування сигналів надходять на його вхід:

$$f = \sum_{i=1}^N x_i$$

- елемент, який здійснює лінійну передачу сигналу:

$$f(x) = w \cdot x$$

де - «вага» відповідного синапсу.

Структура нейронної мережі

Мережа з нейронів, з'єднаних синапсами через суматори за наступною схемою

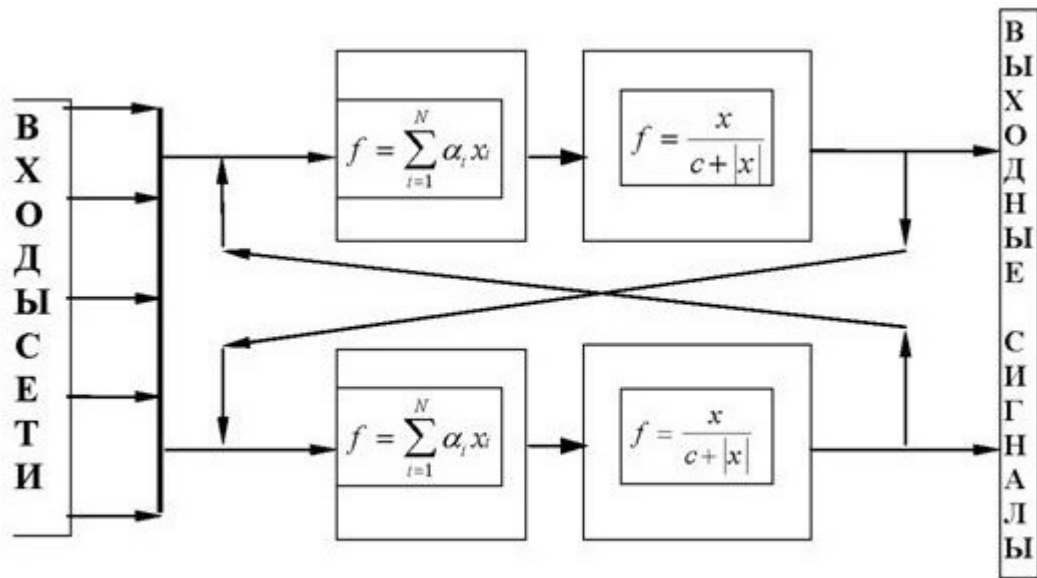


Рис.1 Структура нейронной сети

Структура нейронної мережі

Пряме функціонування мережі

Мережа функціонує за часом (тактами). Тоді синапси можна розділити «синапси зв'язку», які передають сигнали в даному, і на «синапси пам'яті», які передають сигнал виходу нейрона на його вхід на наступному такті функціонування. , що виникають в процесі роботи мережі поділяються на прямі виистовувані при видачі результату мережею) і подвійні (виистовуються навчанні) і можуть бути задані наступними формулами:

i -го нейрона на такті часу T :

$$A_{i1} = m_{i0} + x_{i1}$$

$$A_{iT} = \alpha_{M_i} \cdot A_{Ti-1} + \sum_j \alpha_{ji} \cdot f_{jT-1}$$

$$f_{iT} = \frac{A_{iT}}{\alpha_{i1} + |A_{iT}|} + \alpha_{i2}$$

$$f_{iT, A} = \frac{\alpha_{i1}}{(\alpha_{i1} + |A_{iT}|)^2}$$

m_i0 - параметр ініціації мережі, x_{i1} - вхідні сигнали мережі, що на даний нейрон, f_iT - вихідний сигнал нейрона на такті T , A_{i1} - вхідний параметр i -го нейрона на першому функціонування мережі, A_iT - вхідний сигнал i -го нейрона на часу T , a_{ji} - вага синапсу від j -го нейрона i -му, a_{Mi} - вага синапу пам'яті i -го нейрона, θ_i - параметр нейрона і a_{i2} - параметр спонтанної активності нейрона, A_{iT-1} - вхідний сигнал i -го нейрона на такті $T-1$, f_jT-1 - вихідний сигнал j -го нейрона на такті $T-1$ і f_iT , A - похідна i -го нейрона по його сигналу.

Для синапсу зв'язку від i -го нейрона до j -го:

$$\sigma_{ijT} = f_iT$$

$$s_{ijT} = a_{ij} \cdot f_iT$$

де s_{ijT} - вхідний сигнал синапсу від i -го нейрона до j -му, f_iT - вихідний сигнал i - нейрона, a_{ij} - вага даного синапсу, s_{ijT} - вихідний сигнал синапсу такті часу T .

Для синапсу пам'яті i -го нейрона

$$m_{iT} = a_{Mi} \cdot A_{iT}$$

Навчання мережі

У цьому завданні навчання відбуватиметься по коннекціоністской моделі, тобто за рахунок підстроювання ваг синапсів.

Суть полягає в мінімізації функції помилки $H(W)$, де W - карта синапсів. Для вирішення завдання мінімізації необхідно обчислення градієнта функції підстроюваним параметрам:

$$\overline{\text{grad}(H)} = \frac{\partial H}{\partial w}$$

Зворотнє функціонування

Розрахунок градієнта ведеться зворотному відліку тактів часу за такими формулами:

Для зв'язку:

$$\mu_{sj}^{\ominus} = 0$$

$$\mu_{jt} = \mu_{jt+1} \cdot f_{jt+1, A} + \mu_{mjT+1} \cdot \alpha_{jm}(T=\ominus-1, \ominus-2, \dots)$$

Для синапсу пам'яті:

$$\mu_{m\ominus} = 0$$

$$\mu_{mT} = \mu_{mT+1} \cdot f_{mT+1, A} + \mu_{m\ominus T+1} \cdot \alpha_{m\ominus}(T=\ominus-1, \ominus-2, \dots)$$

Остаточно проходження q тактів часу приватні похідні по вагах синапсів вигляд для синапсів пам'яті і для синапсів зв'язку відповідно

$$\frac{\partial H}{\partial \alpha_{mj}} = \sum_{T=\ominus-1}^1 \mu_{mT} \cdot A_{iT}$$

$$\frac{\partial H}{\partial \alpha_{sj}} = \sum_{T=\ominus-1}^1 \mu_{sjT} \cdot f_{iT}$$

Нейронні мережі, як і нечітка логіка, виистовуються в регуляторах двома шляхами: для побудови самого регулятора і побудови блоку настройки його коефіцієнтів. Особливістю нейронної мережі є до «навчання», що дозволяє передати нейронної мережі експерта. Регулятор з нейронною мережею схожий на регулятор з управлінням, однак відрізняється спеціальними методами

настройки («навчання розробленими для нейронних мереж, і методами інтерполяції даних.

На від нечіткого регулятора, де експерт повинен сформулювати правила настройки лінгвістичних змінних, при виистанні нейронної мережі від експерта не формулювання правил - досить, щоб він кілька разів сам налаштував в процесі «навчання» нейронної мережі.

Нейронні мережі запропоновані в 1943 році МакКаллоком і Питтсом як результат нервової діяльності і біологічних нейронів. Штучний нейрон являє собою блок з одним виходом y і n входами x_1, \dots, x_n , який реалізує в загальному випадку нелінійне перетворення w_i - вагові коефіцієнти (параметри) при входних змінних ; b - постійний зсув; $F(\bullet)$ - функція активації . Функція активації може мати, наприклад, такий вигляд: $F(z) = 1 / (1 + \exp(-z))$ - сигмоїдальна функція з деяким параметром a . Нейронна мережа рис. 32) складається з безлічі пов'язаних між собою нейронів, зв'язків може становити тисячі. Завдяки нелінійності функцій активації і кількості параметрів, що коефіцієнтів (в роботі [21 виистано 35 нейронів у входному шарі і 25 - в , при цьому кількість коефіцієнтів склало 1850) нейронна мережа виконувати досить точно нелінійне відображення множини входних сигналів під вихідних.

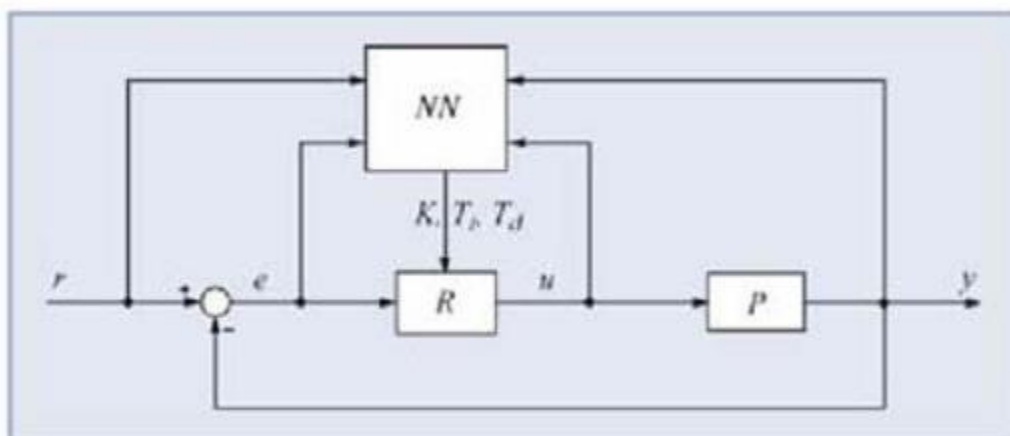


Рис. 33 Структура ПІД-регулятора на основі мережі.

Типова структура системи автоматичного регулювання з ПД регулятором нейронною мережею в якості блоку автонастройки показана на рис. [21, 22]. Нейронна мережа NN в даній відіграє роль функціонального перетворювача, який для кожного набору сигналів x, e, u, y виробляє коефіцієнти ПД регулятора K, T, T_d .

Найскладнішою частиною в проектуванні регуляторів з нейронною мережею процедура «навчання» мережі.

«Навчання» полягає ідентифікації невідомих параметрів нейронів w_i, b і a . Для навчання нейронної мережі зазвичай виистовують методи градієнтного пошуку мінімуму функції $\varepsilon = (u^* - u)^2$, залежить від параметрів нейронів. Процес пошуку є ітераційним, на ітерації знаходять всі коефіцієнти мережі, спочатку для вихідного шару, потім попереднього і так до першого шару (метод поширення помилки) [17]. Виистовуються також інші пошуку мінімуму, в тому числі генетичні алгоритми, метод моделювання, метод найменших квадратів.

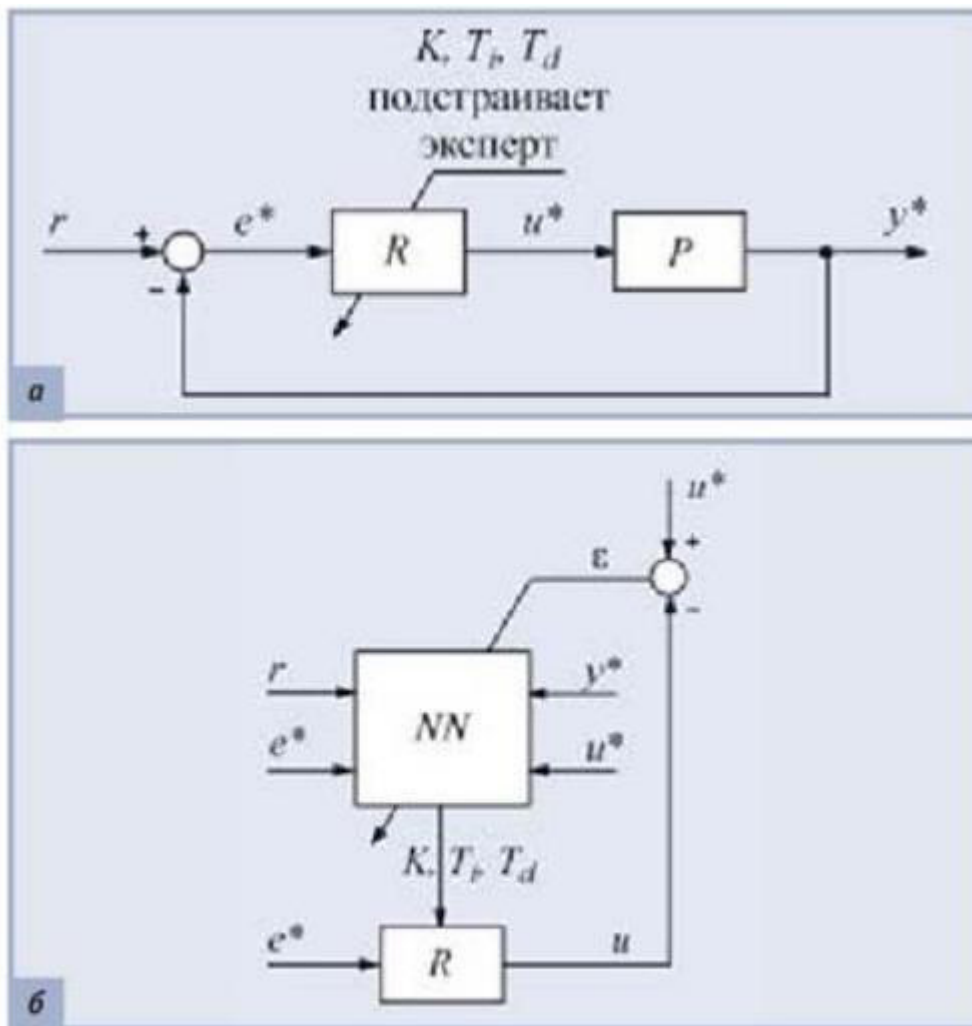


Рис. 34. Схема «обучения» нейронной сети в блоке автонастройки: а — система управления, подстраиваемая экспертом; б — нейронная сеть, «обучаемая» с помощью сигналов, которые получены в представленной на рис. 34 а системе

Процес «навчання» нейронної виглядає наступним чином (рис. 34). Експертові надають підлаштовувати параметри регулятора K , T_i , T_d в замкнутій системі регулювання при різних входніх впливах $r(t)$, що експерт вміє це робити з достатньою для практики. Тимчасові діаграми (осцилограми) змінних r^* , e , u^* , y^* , отримані в подстраиваемой експертом системі рис. 34 а), записуються в архів і потім подаються нейронну мережу, підключену до ПІД регулятору (рис. 34).

Нейронна мережа налаштовується таким чином, щоб мінімізувати похибку

$= (u^* - u)^2$ між сигналом u^* , отриманим за участю експерта, і сигналом u , отриманим процесі «навчання» нейронної мережі. Після виконання процедури навчання параметри нейронної мережі заносяться в блок автонастройки. Відповідно теорії нейронних мереж «навчена» нейронна мережа повинна себе так само, як і експерт, причому навіть при вхідних впливах, які не були включені в набір сигналів, при «навчанні».

Тривалість процесу «навчання» основною перешкодою на шляху широкого виістання методів нейронних мереж ПД регуляторах [16]. Іншими недоліками нейронних мереж неможливість передбачення похибки регулювання для впливів, які не входили набір навчальних сигналів, а також відсутність критеріїв вибору кількості в мережі, тривалості «навчання», діапазону і кількості впливів. Ні в одній з публікацій не досліджували робастної запас стійкості регулятора.

Розділ 2 – Загальносистемні рішення

2.1. Розробка підсистеми управління технологічним процесом (комплексом) автоматизації

Схема автоматизації — основний технічний документ, схема, що структуру (ієрархію) пунктів контролю та керування, функції контролю і керування об'єкта, що автоматизується, оснащення систем автоматизації засобами: приладами та засобами автоматизації, щитами, пультами, обчислювальною тощо.

Схеми автоматизації розробляють на всіх стадіях проектування. Вони для обґрунтування основних проектних рішень при експертизі і затвердженні (робочого проекту), для підготовки та виконання робіт монтажу та налагодження систем автоматизації, навчання операторів-технологів роботі автоматизованій установці.

Схеми автоматизації розробляються після вивчення технології виробництва або технології інженерної системи), особливостей його функціонування, дій виробничого по запуску, зупинці технологічного процесу, підтримці необхідного режиму та в аварійних ситуаціях, правил безпечної експлуатації та охорони праці виробництва (устаткування); завдання на автоматизацію об'єкта, досвіду систем автоматизації на аналогічних діючих об'єктах

Функціональна схема автоматизації основним проектним документом, який визначає структуру і рівень автоматизації процесу об'єкта. На функціональній схемі за допомогою умовних графічних вказують технологічне обладнання, комунікації, органи керування, прилади і засоби та ін. із зазначенням зв'язків між ними, таблиці умовних і необхідних пояснень.

Функціональна схема автоматизації графічно поділяється на зони. У верхній частині креслення зображується технологічна схема, а нижній креслять умовні графічні позначення, які умовно зображують: місцевих приладів, щитів, пультів, пунктів контролю та

керування, керуючих тощо Графічні умовні зображення приладів і засобів автоматизації, їх і буквені позначення повинні відповідати стандарту ГОСТ 21.404-.

Розроблена в даному дипломному проекті система автоматизації повинна забезпечити автоматичному режимі контроль і сигналізацію основних параметрів технологічного процесу хліба.

Для реалізації поставленої мети система автоматизації базується на мікропроцесорного контролера Modicon M340 який являє собою проектно-компонований, для якого кількість та склад модулів вибирається залежно від задачі керування і необхідних характеристик вхідних і вихідних сигналів. МПК має достатньо велику швидкодію та надійність. Його застосування змогу реалізовувати досить складні алгоритми логічно-програмного регулювання, вести контроль та записувати історію процесу. Наявність контролера всистемі автоматизації перейти до створення розподіленої структури управління, яка має ряд перед АСУТП першого покоління. У порівнянні з останніми, розподілені дозволяють реалізувати великий діапазон функцій, мають високі показники надійності живучості, зручні у виистанні, експлуатації, нарощуванні та модернізації.

Для харчового ректифікованого спирту безпосередньо з бражки виистовують брагоректифікаційні установки. завдання м БРУ є максимальне виділення спирту з бражки, його від супровідних домішок і одержання спирту стандартної концентрації відповідної якості.

Автоматизація процесів управління БРУ сприяє більш швидкому на зміни параметрів процесу і являє собою більш ефективну управління установкою.

Згідно регламенту під час виробництва здійснюють регулювання контроль таких параметрів: температура, тиск, витрата та рівень.

В БРУ відбувається регулювання температури підігрітої води після дефлегматора. контур складається з термометра опору Pt100, який передає сигнал нормуючий перетворювач Siemens Sitrans TK-H (1а), сигнал якого 4..20 мА поступає на МПК, виході з МПК сигнал поступає на електро-пневмо перетворювач -1211 (1б), а з нього пневматичний сигнал пневмоклапан Метран 8560 (1в) який регулює подачу води в дефлегматор для конденсації парів спирту

Аналогічний контур температури спирту на виході з охолоджувача (2а-2в

Також проводиться вимірювання температури у всіх колонах термометрами (4а,9а). Це значення іде як поправочний коефіцієнт регулювання витратою пари, щоб підтримувати задану міцність парів спирту.

Перетворювачі сигналу тиску Siemens Sitrans P DS ZD (4б, 5а,6а,7а) вимірюють тиск в нижній верхній частині колон, вихідний сигнал якого 4..20 поступає на МПК, на виході з МПК сигнал поступає електро-пневмо перетворювач ЕП-1211 (3в,4в,5б-), а з нього пневматичний сигнал на пневмоклапан Метран (3г,4г,5в-7в), який відповідає за пари в колону. Аналогічні контури регулювання тиску в нижній епюраційної та спиртової колони. Тиск контролюється в трубопроводі подачі і складається з наступних пристроїв: перетворювач сигналу тиску Sitrans P DSIII(8а) вимірюють тиск в подачі пари, вихідний сигнал якого 4..20 мА на МПК та ЕОМ.

Витрата

У схемі автоматизації економічної звітності введені контури контролю витрати, у якості первинного в якому обраний Siemens Sitrans FM MAGG 2100 (10а), сигнал з якого надходить на вторинний перетворювач FM MAG 6000 (8б,10б) і далі 4-20мА надходить на МПК і ЕОМ, де архівується відповідному порядку.

Витрата регулюється в наступних місцях: контур витрати бражки в бражну колону, контур подачі спирту на після ректифікаційної колони. Сигнал із МПК через модуль аналогових поступає на електро-пнеumo перетворювач ЕП-1211 (8в,), а з нього пневматичний сигнал на пневмоклапан Метран (8г,10г), який змінює подачу компоненту.

Специфікація та засобів автоматизації

| Поз. | Найменування та технічна характеристика | Тип, марка, позначення документа, листа опитування | Код , виробу, матеріалу | Завод-виготовлювач/виробник | Одиниця | Кількість | Маса одиниці, кг |
|----------------|--|--|-------------------------|-----------------------------|---------|-----------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1а,2а,3а,4а. | Вимірювальний перетворювач температури із ПВП у вигляді терморпарисигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання - 50180 °С, Клас точності-0,25. | SITRANS TKTK-H | - | Siemens,Німеччина | Шт. | 5 | - |
| 3б,4б,5а,6а,7а | Тензометричний тиску Клас точності – 0,1. Вихідний сигнал(; В): 4-20 мА Діапазон вимірювання 5 ...6 МПа, | Sitrans P ZD | - | ,Німеччина | Шт. | 5 | - |
| 8а, | ПВП вимірювання витрати індукційного витратоміра Температура середовища -40 180 ° С Тиск до 40 бар Клас точності - ,5 | Sitrans FM MAG 2110 | - | Siemens, | Шт. | 2 | - |

| | | | | | | | |
|---|--|------------------------|---|-----------------------|-----|---|---|
| 8б, 10б | Індукційний витратомір Діаметр Ду 15 .. 2000 мм Температура -40 .. 180 ° С Тиск до 40 бар сигнал, мА – 4...20; Клас точності - ,5 | Sitrans FM MAG 6000 | - | Siemens, | Шт. | 2 | - |
| 1б,2б, ,4в, 5б, 6б,7б, 8в,10в | Елект.-. перетворювач. Вх.сиг. 4-20 мА Вих. сиг. 20- кПа. Номінальний тиск повітря живлення: 140 КПа | -1211 | - | «Промприбо р | Шт. | 9 | - |
| 1в,2в, 3г,4г, 5в, 6в,7в, ,10г | Пневматичний клапан. Вх. Сиг: 20-100 . Вих. сиг: 0-100% ХРО Діаметр умовного : 76,2 ... 304,8 мм. Тиск : 2 ... 5 МПа | Метран 8560 | - | Метран | Шт. | 9 | - |
| PDS1 | Перетворювач частоти, вх напруга 3ф. 400В, потужність 15 кВт | ATV 31HD15N4 | - | Schneider Electric | Шт. | | - |

2.2. Опис функцій, що автоматизуються

Враховуючи, що ІСК є надбудовою до типової АСУ або АСУ за принципом «не руйнування нижнього» відповідно ІРDІ, перелік функцій та задач ІСК для автоматизованої інтелектуальної складової.

Функції ІСК розробляються на цілі створення шляхом декомпозиції. Далі кожна функція може поділена на задач та підзадач. Рекомендується розробити спочатку для АСУ , а потім переходити до функцій ІСК.

2.2. Перелік функцій та задач АСУ ТП ІСК

| Позначення | Найменування /задачі | Закон/алгоритм | Період | |
|------------|--|----------------|--------|------------|
| | Регулятор температури підігрітої води після бражної колони | МРС-алгоритм | 1 с | складі ТС1 |
| ТС2 | Регулятор температури спирту виході охолоджувача колони | МРС-алгоритм | 1 | У ТС2 |
| ТС3 | Температура контрольній тарілці колони | МРС-алгоритм | 1 | У ТС3 |
| РТ4 | Тиск епюраційній колоні | МРС-алгоритм | 1 с | складі РТ4 |
| РТ5 | Тиск в ректифікаційній | МРС- | 1 с | У складі |
| | Тиск в ректифікаційній колоні (частина) | МРС-алгоритм | 1 с | складі РТ6 |
| FC7 | Витрата бражки в колону | | 500 мс | |
| | Витрата в охолоджувач після ректифікаційної колони | | 500 | |

Таблиця 2.2. Перелік функцій задач АСУ виробництва та ІСК

| № порядку | змінної | Джерело | ІСК | | |
|-----------|---|---------|-----|---|-------------------|
| | | | У | І | |
| 1 | Температура води на виході дефлегматора | БРУ | І | 1 | Нечіткий алгоритм |

| | | | | | | |
|----|--|-----|---------|------------|--------------------------|--|
| | бражної колони | | | | | |
| 2 | Температура спирту виході із охолоджувача ректифікаційної колони | БРУ | I N | 1 00с | Нечіт кий алгоритм | |
| 3 | на контрольній тарілці бражної колони | БРУ | I N | 1 00с | Нечіт кий алгоритм | |
| 4 | на контрольній тарілці епюраційної колони | БРУ | I N | 1 00с | Нечіт кий алгоритм | |
| 5 | на контрольній тарілці ректифікаційної колони | БРУ | I N | 1 00с | Нечіт кий алгоритм | |
| 6 | в верхній частині епюраційної колони | БРУ | I N | 1 00с | Нечіт кий алгоритм | |
| 7 | в верхній частині ректифікаційної колони | БРУ | I N | 1 00с | Нечіт кий алгоритм | |
| 8 | бражки в бражну колону | БРУ | I N | | Нечіт кий алгоритм | |
| 9 | Витрата в охолоджувач після ректифікаційної колони | БРУ | I N | 1 00с | Нечіт кий алгоритм | |
| 10 | подача пару в ректиф. колону | БРУ | O UT | 1 0 хв. | Нечіт кий алгоритм | |
| 11 | ВМ подача пару в бражну колону | БРУ | | 1 0 хв. | Нечіт кий алгоритм | |
| | ВМ подача пару в епюр. колону | БРУ | O UT | 1 0 хв. | Нечіт кий алгоритм | |
| 13 | ВМ подача бражки | БРУ | O UT | 1 0 хв. | Нечіт кий алгоритм | |
| 14 | ВМ подача хол. води в ректиф. колону | БРУ | O UT | 1 0 хв. | Нечіт кий алгоритм | |
| 15 | ВМ подача хол. води в епюр. колону | БРУ | O UT | 1 0 хв. | Нечіт кий алгоритм | |
| 16 | ВМ подача хол. води в охолоджувач | БРУ | O UT | 1 0 хв. | Нечіт кий алгоритм | |

| | | | | | | |
|----|-----------------------------------|-----|---------|------------|--------------------------|--|
| 17 | ВМ подача хол. води в охолоджувач | БРУ | О UT | 1 0 хв. | Нечіт кий алгоритм | |
| 18 | ВМ подача хол. води в дефлегматор | БРУ | О UT | 1 0 хв. | Нечіт кий алгоритм | |
| 19 | ВМ подача пару в ректиф. колону | БРУ | О UT | 1 0 хв. | Нечіт кий алгоритм | |

2.3. Розробка вимог до ІСК (Requirements)

Системна інженерія та індустрія програмного забезпечення виистовують вимоги формалізації потреб зацікавлених сторін, які будуть реалізовуватися як функціональні та обмеження, що задовольняються поставленою системою.

Для зацікавлених сторін є засобом для забезпечення відповідності рішення (тобто наданої) переліку вимог.

Вимоги можуть бути формалізовані та організовані, , шляхом відокремлення функціоналу від технічних вимог. Цього можна досягти допомогою електронної таблиці Excel або за допомогою спеціального інструменту, як DOORS або EA. Ці засоби мають перевагу в , що дозволяють истувачам повністю керувати та контролювати вимоги. Модельний виистовує вимоги через асоціації залежностей з елементами моделі, такими use cases, blocks, або test cases, встановлюючи простежуваність моделі. створюються асоціації з елементами моделі (наприклад, у use може бути асоціація реалізована з однією або кількома вимогами

Отже, SysML визначає візуальне та графічне зображення текстових вимог, асоціацій між собою або з іншими елементами моделі та управління ними в структурованому та ієрархічному середовищі.

SysML визначає типи асоціацій (стереотипні залежності):

- Derive (успадковування одна або декілька вимог, що впливають із вимоги;

- (забезпечують, задовольняють): один або кілька модельних елементів вимогу;

- Verify (перевірка): один або кілька елементів, наприклад тестова система, перевіряє виконання вимог;

- Refine (уточнення): один або кілька модельних елементів, наприклад use case, уточнює вимогу;

- Copy (перенесення): один або модельних елементів системи переноситься на інший елемент;

- Trace (прослідкування): один або кілька модельних елементів системи відслідковуються на елементи.

SysML визначає нові типи коментарів, вводячи стереотипи, дозволяючи пояснення з асоціаціями або елементами моделі:

- Problem (): коментар, опис якого визначає виявлену проблему або потребу, недоліку, обмеження або відмови одного або декількох елементів моделі

- Rationale (обґрунтування): коментар який описує причину чи рішення, пов'язаного з асоціацією чи елементом.

На діаграмі вимог лише функціональні вимоги ІСК та АСУ, що пов'язані з . Вимоги за іншими видами забезпечення не вказуються, так як вказані в технічному завданні.

Діаграма вимог для інтелектуального регулятора наведений на рис. 2.2.1

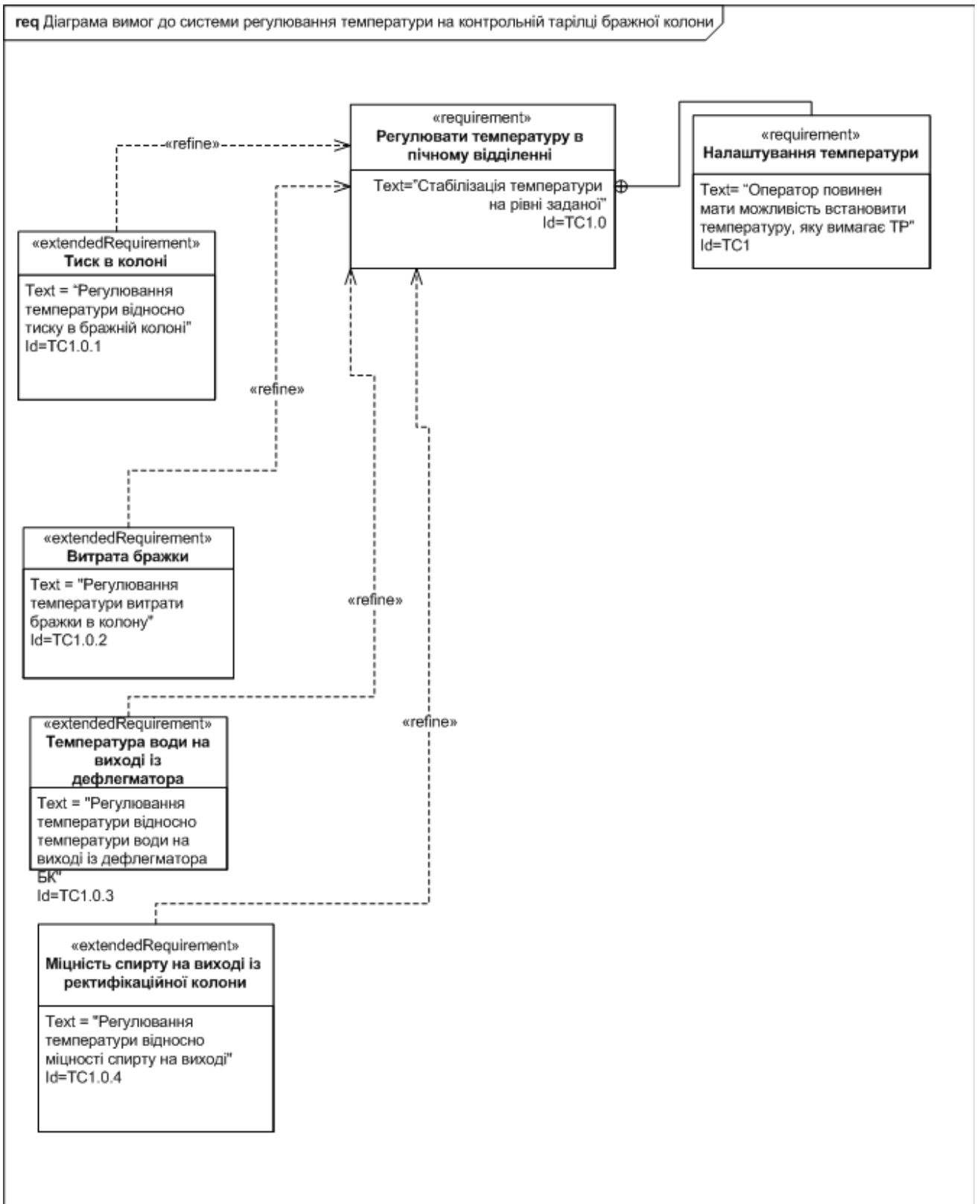


Рис. 2..1. Requirement Diagram для інтелектуального регулятора температури на контрольній бражної колони

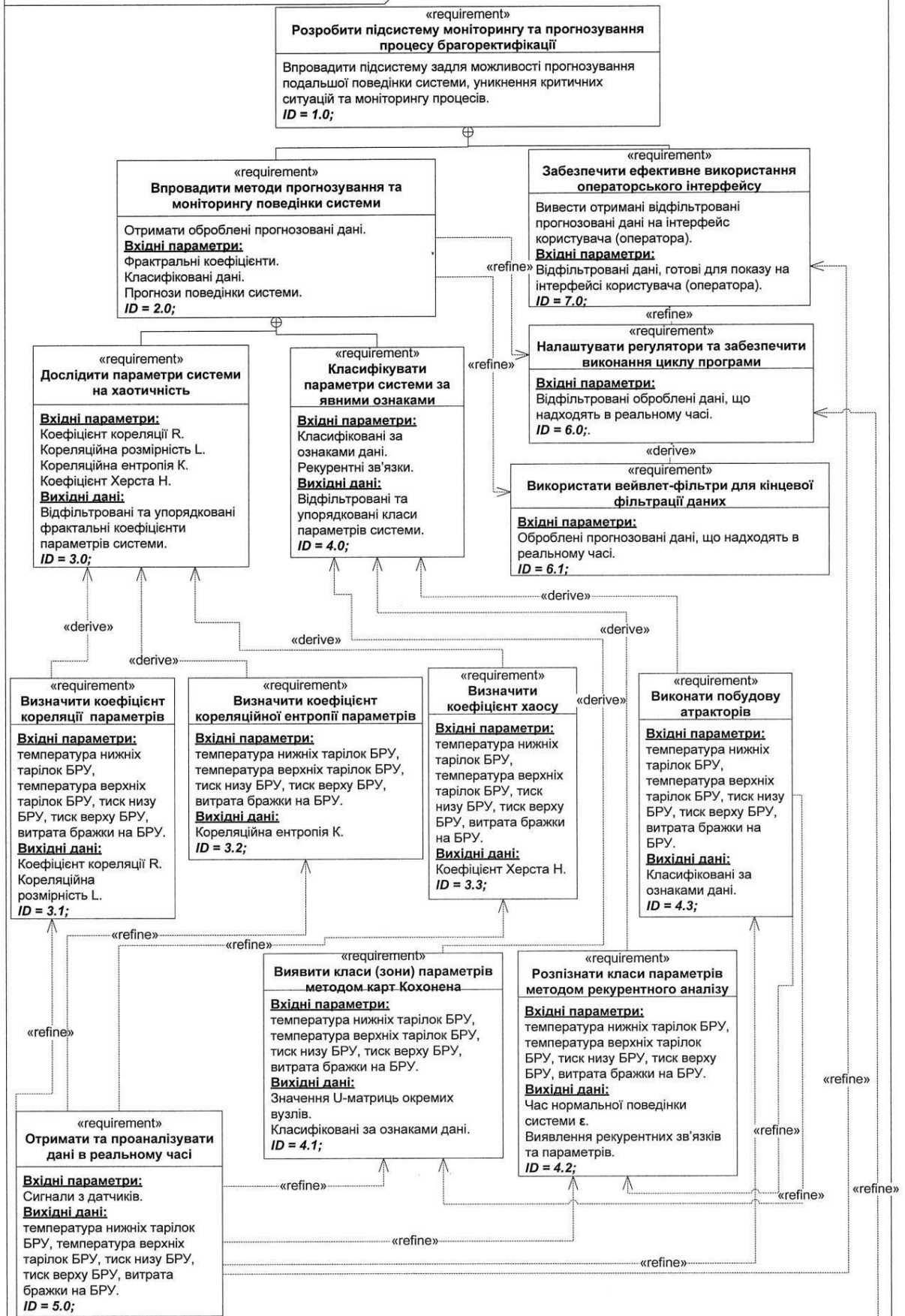


Рис. 2.2.2. Requirement Diagram АСК БРУ

2.4. Визначення функцій істувачів (Use diagram)

Жодна грамотно побудована система не існує в : вона взаємодіє з дійовими особами (людьми або), які виистовують її для досягнення певної мети, чекаючи неї певної поведінки. Діаграма варіантів виистання специфікує очікувану поведінку (системи або її частини), – вона описує дій, включаючи їх варіанти, які суб'єкт здійснює для досягнення особою певного результату.

Варіанти виистання застосовуються для вираження необхідного системи без опису реалізації її поведінки. Вони дозволяють розробникам, істувачам і експертам в предметній області досягти взаєморозуміння, а того, допомагають упевнитися в правильності архітектурних рішень і перевіряти по ходу її розробки. Крім того, так як ця аналогічна UML, тому вона застосовуються для того, щоб визуалізувати систему, підсистему, щоб істувач міг зрозуміти, як застосовувати цей , а розробник – як реалізувати його.

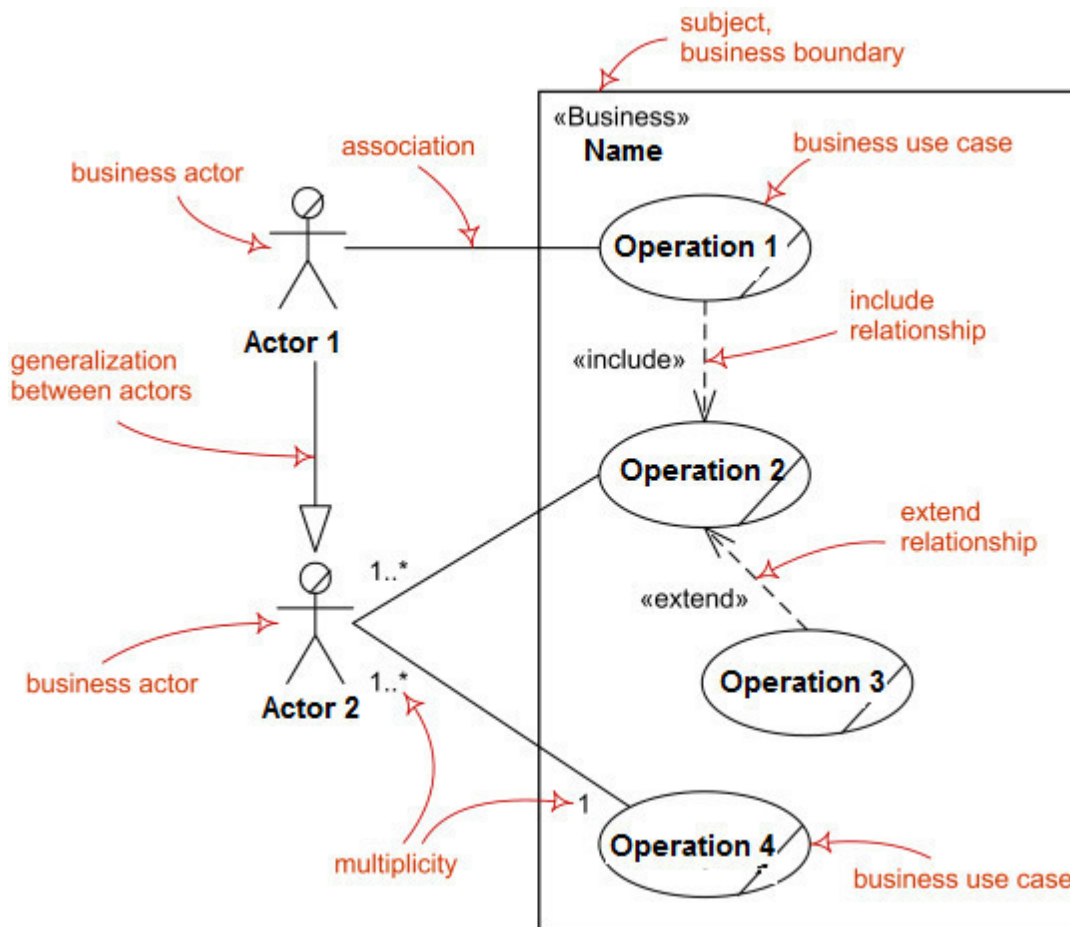


Рис. 2..1. Основні елементи Use Case diagram

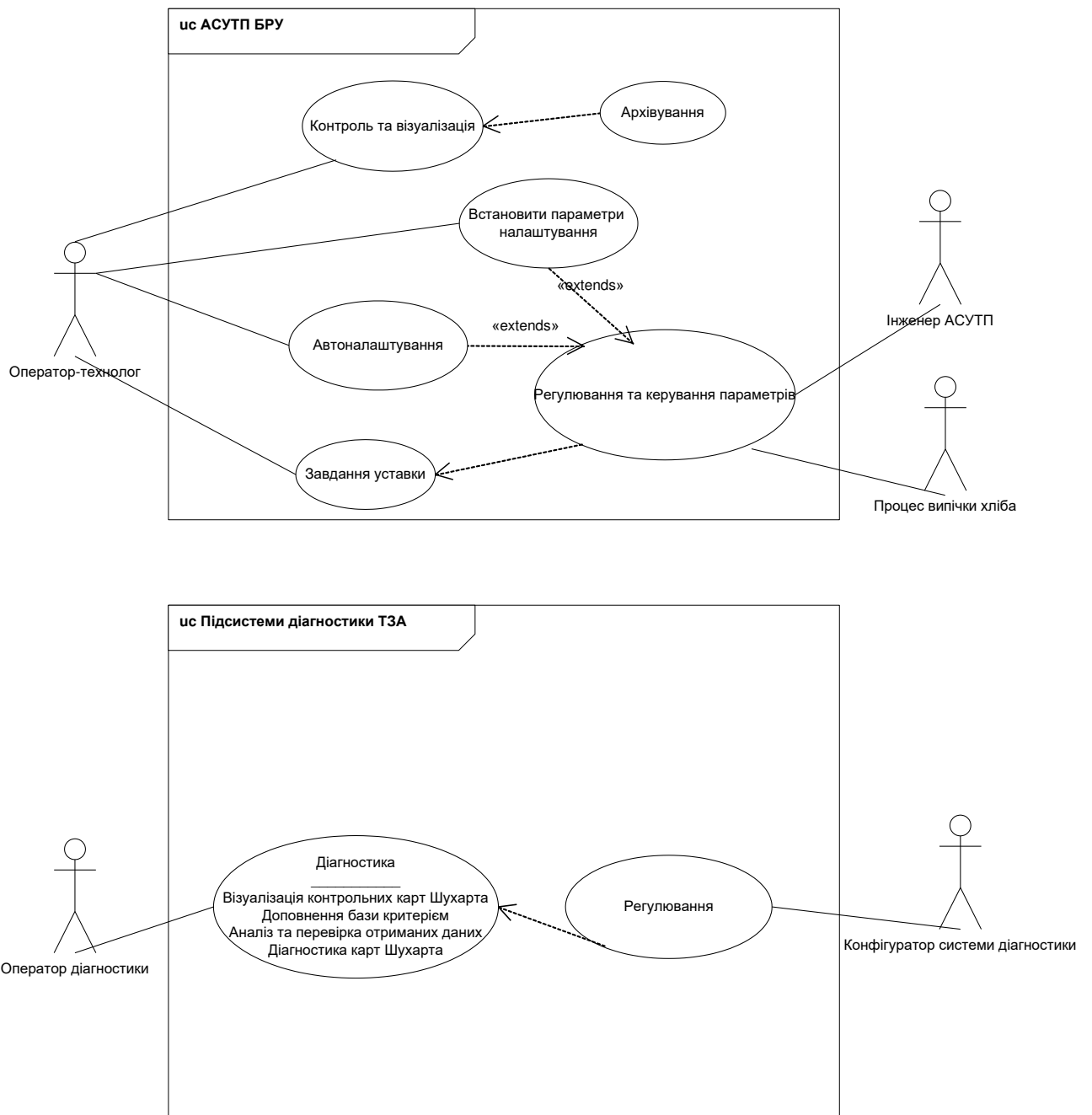
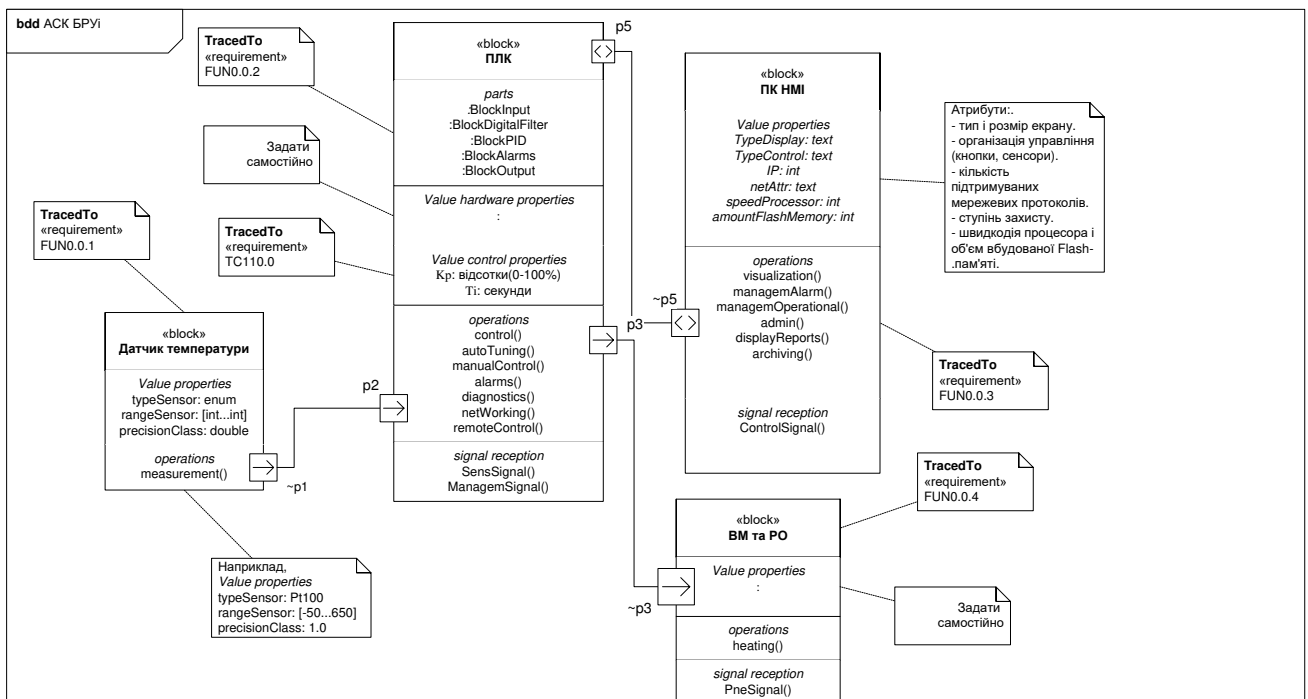


Рис. 2..2 Фрагмент Use Case diagram для підсистем АСУТП та ТЗА

2.5. Розробка BDD технологічної, технічної та складових системи.

BDD (Block Definition Diagram) – визначення блоків надає блокове подання системи, тобто основного блоку, з ієрархією його складових блоків. BDD може включати блоки -якого типу, включаючи програмне забезпечення, обладнання тощо. Порівняно з , BDD SysML переосмислює схему класів, замінюючи класи блоками та портипотоків. При проектуванні ІСК рекомендується розробляти три BDD для технологічної, технічної та інтелектуальної (інформаційної) складових.



2.5.1 BDD діаграма для АСК та ІАСК випічки хліба в печарі тунельного типу

Частина нижніх блоків належать до основного блоку ("має" співвідношення), оскільки, виістані на схемі, є композицією або "сильною" агрегацією, що стрілкою з суцільним ромбом. Інші блоки є частиною основного, але фізично не належать до нього, тому називається посиленням, асоціація представлена відкритим ромбом (проста агрегація). Порт (flow port) – це нове визначення від . Порти потоку представляють те, що може пройти через блок в /із), наприклад інформаційні дані, матеріальні потоки або .

5.2.6. Розробка алгоритмічного забезпечення ІСК

2.6.1. Визначення життєвого циклу ІСК та її процесів (State diagram, Activity diagram)

Моделювання поведінки системи окреслює входи, , послідовності та умови для координації підсистем. Дані діаграми забезпечують посилання на блоки, що володіють такою поведінкою.

Діаграма машинного планувального) стану State Machine (State chart) diagram як у UML2, тобто вони дають спосіб визначити життєвий блоків BDD, якому повинні відповідати всі екземпляри. Життєвий цикл всі можливі стани для блоку, події та умови, що переходу стану.

Тільки складні блоки або важливі з точки системи, які крім того залежать від багатьох станів, повинні State Machine diagram. Усі визначення цієї діаграми, що виистовуються UML, також застосовуються до SysML: події, засоби захисту умови, ефекти, переходу, складені стани, області тощо.

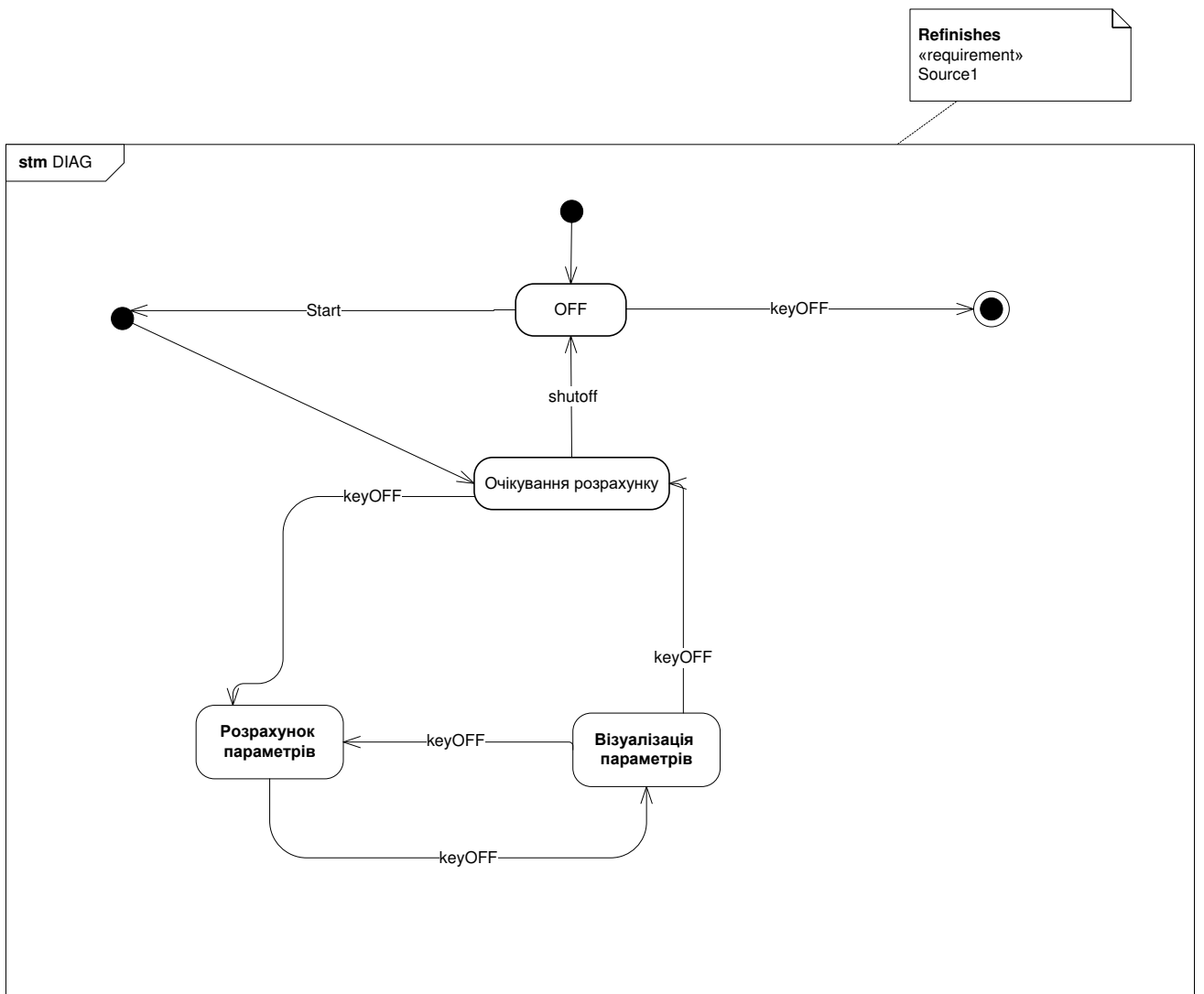


Рис. .6.1.1 Приклад State Machine diagram

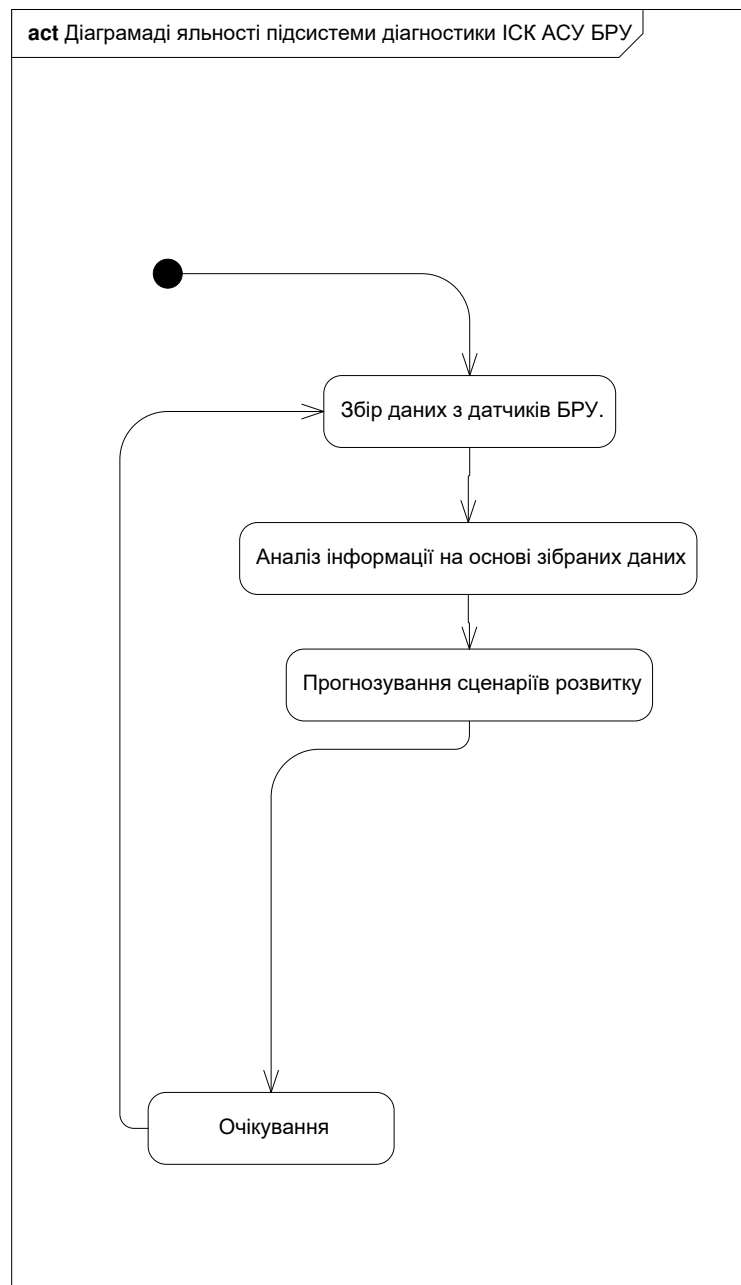


Рис. .6.1.2 Діаграма активності для підсистеми моніторингу АСУ печі
Activity diagram

2.6.2. Вирішення проблеми синхронізації (Sequence diagram)

Діаграма послідовності показує інформацію про блоків на часовій послідовності. Діаграма має два виміри: вісь, що представляє час і горизонтальну вісь, що представляє -учасники. Вісь часу може бути фактичною

опорною точкою, розміщуючи час як текстові поля. Горизонтальне впорядкування об'єктів не є для операції, і ви можете їх переставити за необхідності.

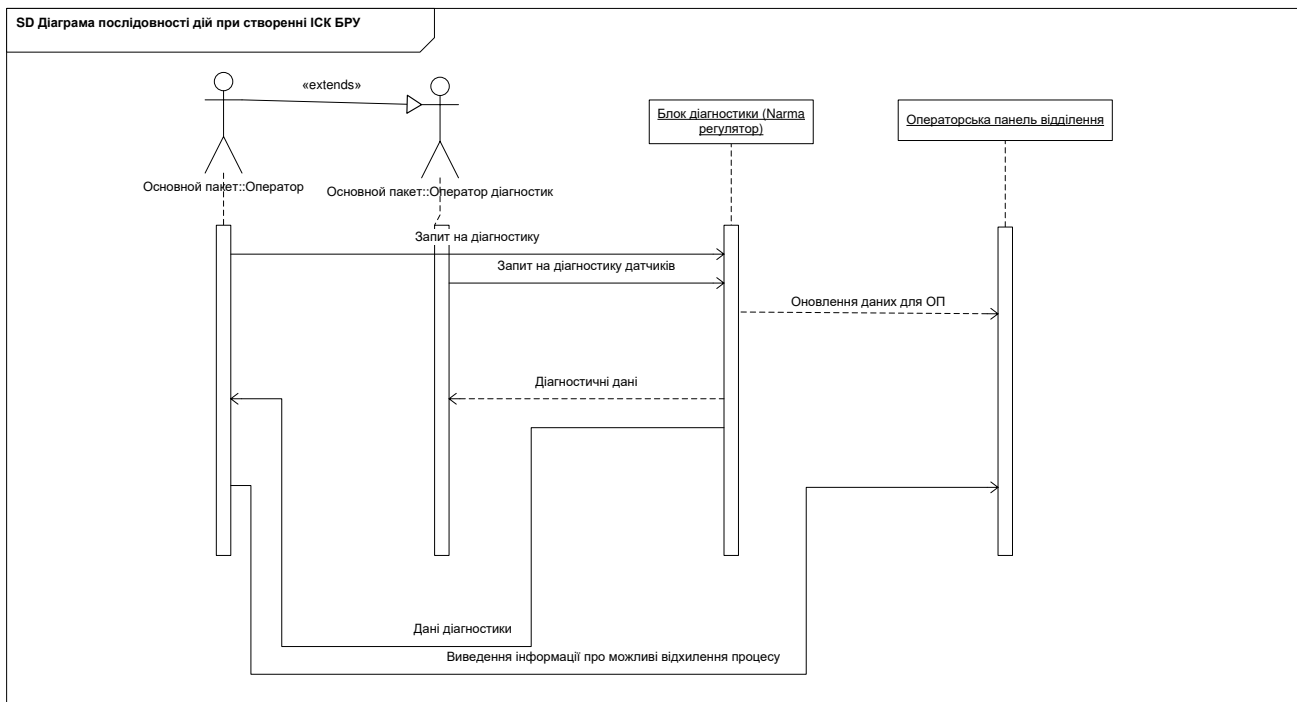


Рис. 2.6.2.1 Приклад Sequence diagram

Розділ 3 – Розробка інформаційного та програмного ІСК

3.1 Вибір програмного забезпечення для всіх компонентів

Розглядається система управління температурою в бражній колоні за допомогою із виистанням моделі нелінійного авторегресивного ковзаючого середнього для ідентифікації управління електроприводом як динамічною системою.

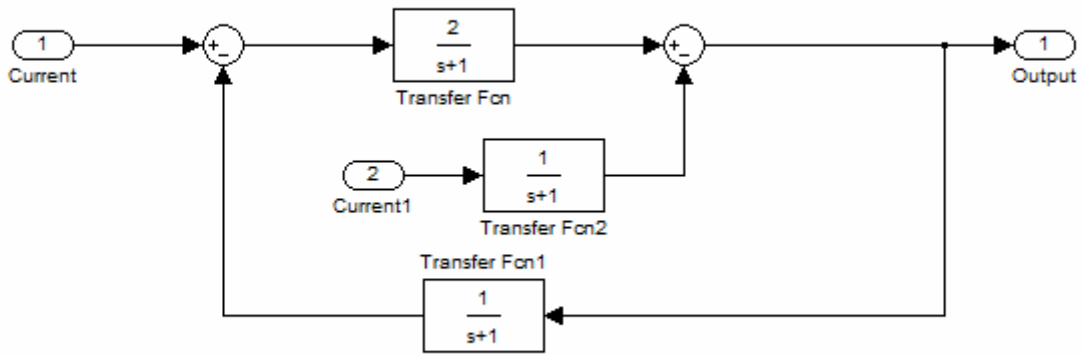


Рис. 3.1.. Структурна схема контуру регулювання температури в бражній колоні БРУ

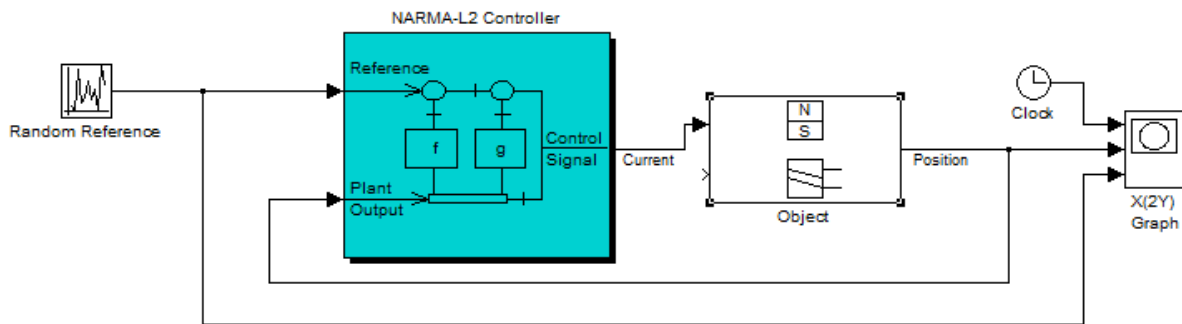


Рис. 3.1.2. Структурна схема системи управління контуром температури з допомогою нейроконтролера.

Структурна схема системи управління температури з нейроконтролером -L2 зображена на рис.3.1.2:

При NARMA-L2 з вицанням управління із лінеарізованим зворотнім зв'язком етап полягає в ідентифікації параметрів об'єкту управління. Навчання нейронної здійснюється з вицанням прогнозованої зміни динаміки об'єкту. Також, на етапі визначається структура моделі нейроконтролера [3]. В застосовується одна стандартна модель для узагальненого представлення

нелінійних дискретних – це модель із виистанням нелінійної авторегресії із ковзаючим (NARMA):

На етапі ідентифікації об'єкту, можна тренувати мережу апроксимуючи нелінійну функцію N . Для того, щоб вихід мав вигляд деякої заданої траєкторії $y(k+d)$, наступний буде полягати у розробці нелінійного контролера виду:

$$u(k) = G[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), y_r(k+d), u(k-1), \dots, u(k-m+1)]. \quad (2)$$

з виистанням цього контролера в тім, що при тренуванні мережі для створення функції G з метою мінімізації квадратичної, необхідно виистовувати динаміку зворотнього розповсюдження. Це призведе до уповільнення тренування. Одне з рішень полягає у виистанні наближених моделей представлення об'єкту управління. Виходячи з цього нейроконтролер, що виистовується управління засновується на наближеній моделі NARMA-L2.

$$y(k+d) = f[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k-1), \dots, u(k-m+1)] + g[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k-1), \dots, u(k-m+1)] \cdot u(k). \quad (3)$$

Виистання рівняння безпосередньо може викликати проблеми при реалізації, тому необхідно управляючий вхід $u(k)$, який відповідає виходу (k) для однакового періоду часу. Таким чином, алгоритму, що описується (4), виистовується алгоритм який :

$$y(k+d) = f[y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k), u(k-1), \dots, u(k-m+1)] + g[y(k), \dots, y(k-n+1), u(k), \dots, u(k-m+1)] \cdot u(k+1), \quad (5)$$

де $d > 2$.

На наступному рисунку представлена структура нейронної мережі

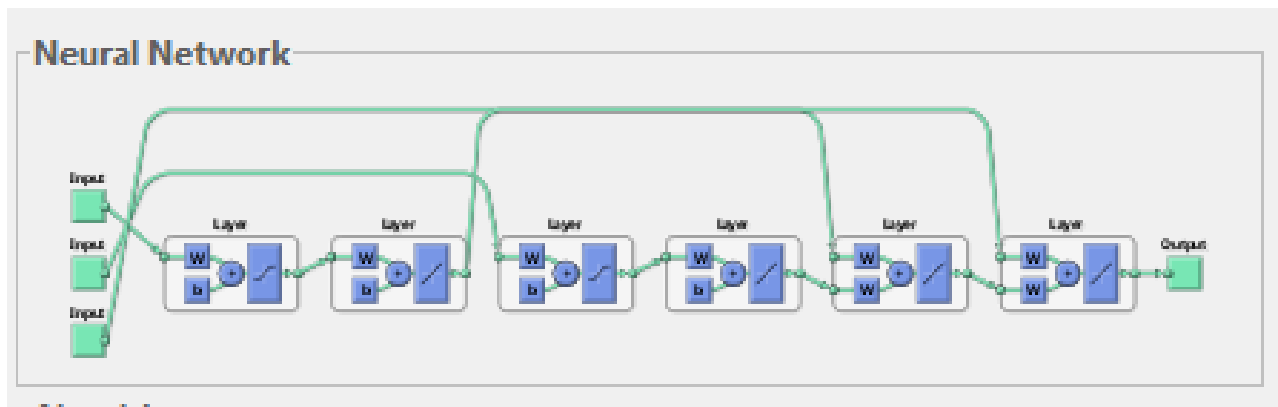


Рис.3.1.3. Структурна схема нейронної мережі

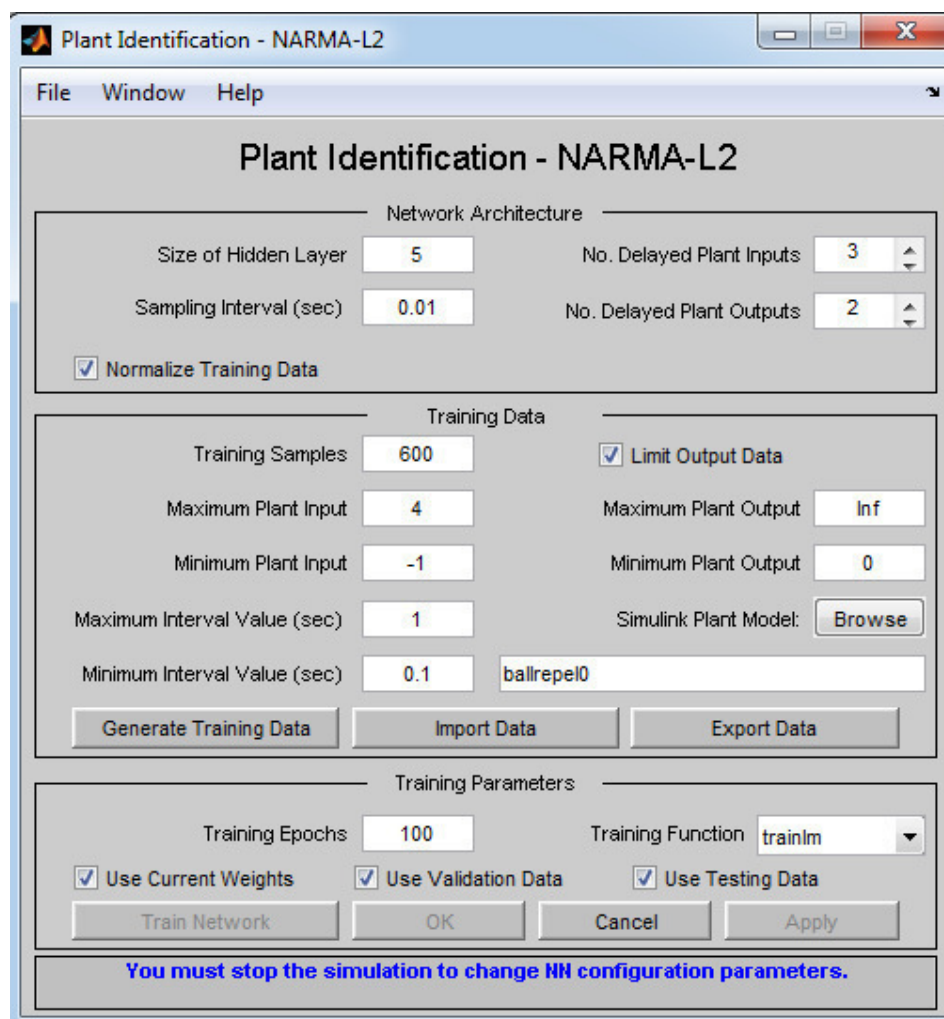


Рис. 3.1.4 Вікно процедури ідентифікації.

Набір параметрів для формування структури нейронної мережі наступний:

1. **Size of the Hidden Layer** – 2 – кількість нейронів у прихованому шарі;
2. **No. Delayed Plant Inputs** – 3 – число ліній затримки для вхідного шару нейронів;

3. **No. Delayed Plant Outputs** – 2 – число ліній затримки для вихідного шару нейронів;

4. **Sampling Interval (sec)** – 0.01 – період дискретності між двома послідовними моментами відліку даних;

5. **Normalize Training Data** – встановлення нормування для приведення даних навчання до діапазону [0 1].

Набір елементів управління, для завдання характеристик навчальної послідовності нейронної мережі наступний:

1. **Training Samples** – 1000 – число точок відліку для отримання навчальної послідовності у вигляді пар значень вхід-вихід для управляемого процесу, який

визначається моделлю **Simulink**;

2. **Maximum Plant Input** – 4 – максимальне значення вхідного сигналу;

3. **Minimum Plant Input** – -4 – мінімальне значення вхідного сигналу;

4. **Maximum Interval Value (sec)** – 2 – максимальний інтервал ідентифікації, в секундах;

5. **Minimum Interval Value (sec)** – 0.1 – мінімальний інтервал ідентифікації, в секундах;

6. **Limit Output Data** – встановлює обмеження значень вихідного сигналу;

7. **Simulink Plant Model** – для завдання моделі управляемого процесу, що має порти входу і виходу і зберігається у файлі *.mdl, вибір моделі проводиться за допомогою **Browse**, де вводиться ім'я моделі.

8. **Training Epochs** – 200 – кількість циклів навчання;

9. **Training Function** – задає функцію навчання;

10. **Use Current Weights** – встановлює вицання поточних вагових коефіцієнтів нейронної мережі;

11. **Use Validation Data** – встановлює вицання контрольної множини в об'ємі 25 % від навчальної множини;

12. **Use Testing Data** – встановлює вицання тестової множини в об'ємі 25 % від навчальної множини. При синтезі системи управління для ТРН-АД було

проведено тренування нейронної мережі. Результати тренування показані на рисунках:

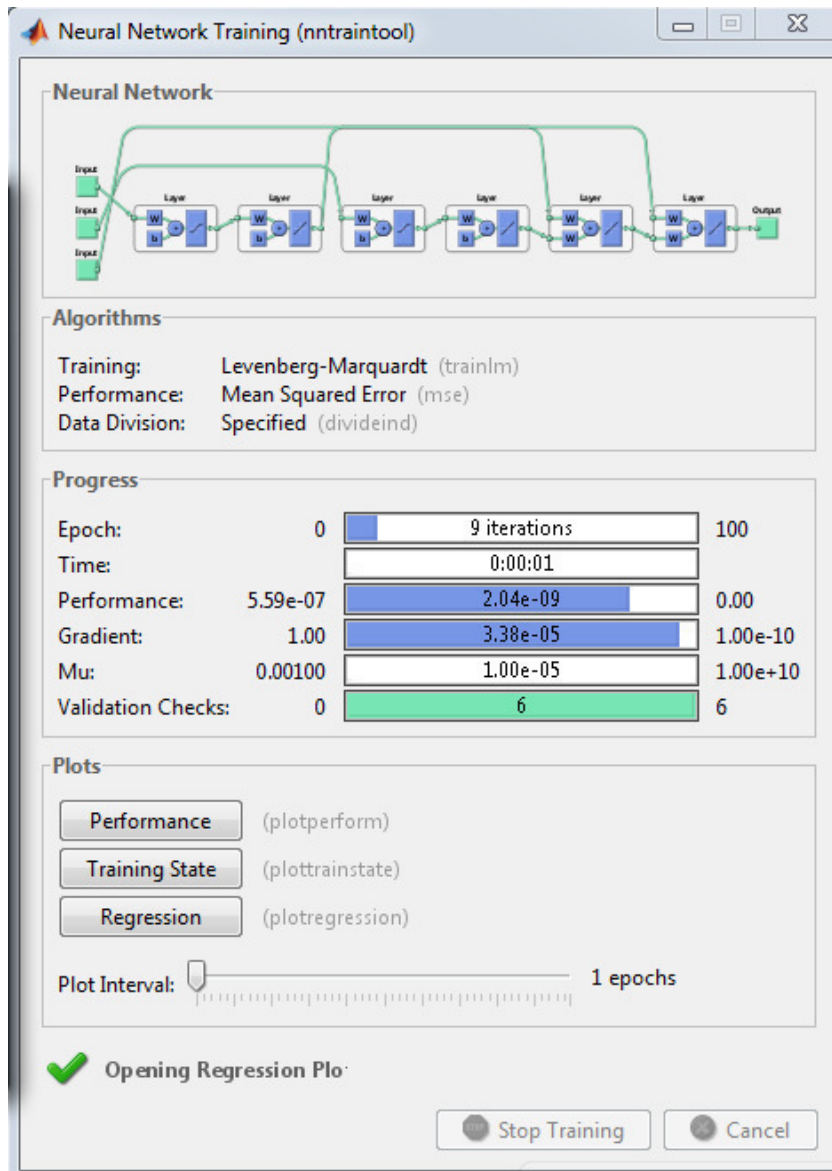


Рис. 3.1.4. Головне меню тренування нейронної мережі та дані навчання

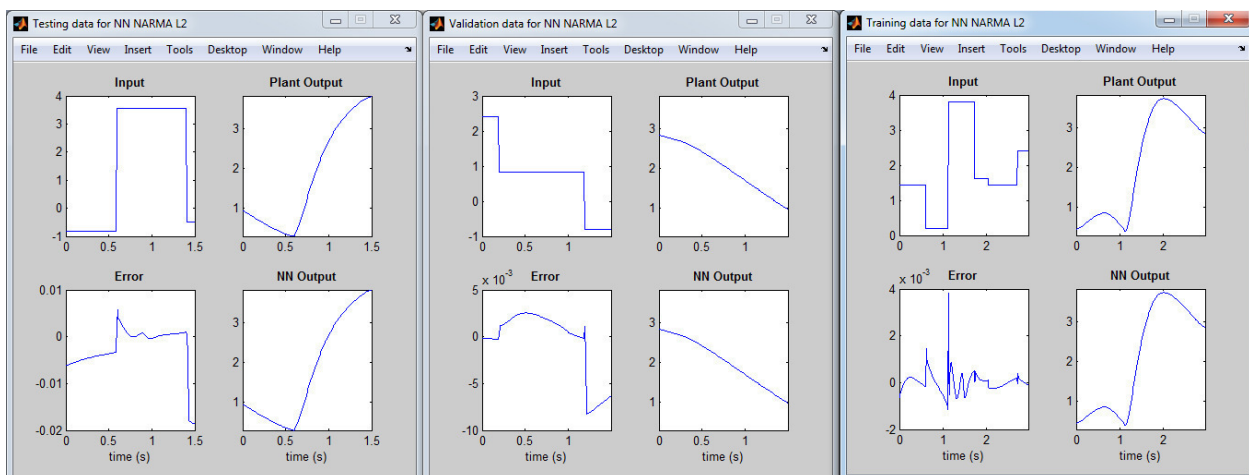


Рис. 3.1.5. вхідного і вихідного сигналів об'єкта управління

Графіки перехідних процесів, були зняті при моделюванні в середовищі MatLab приведені на :

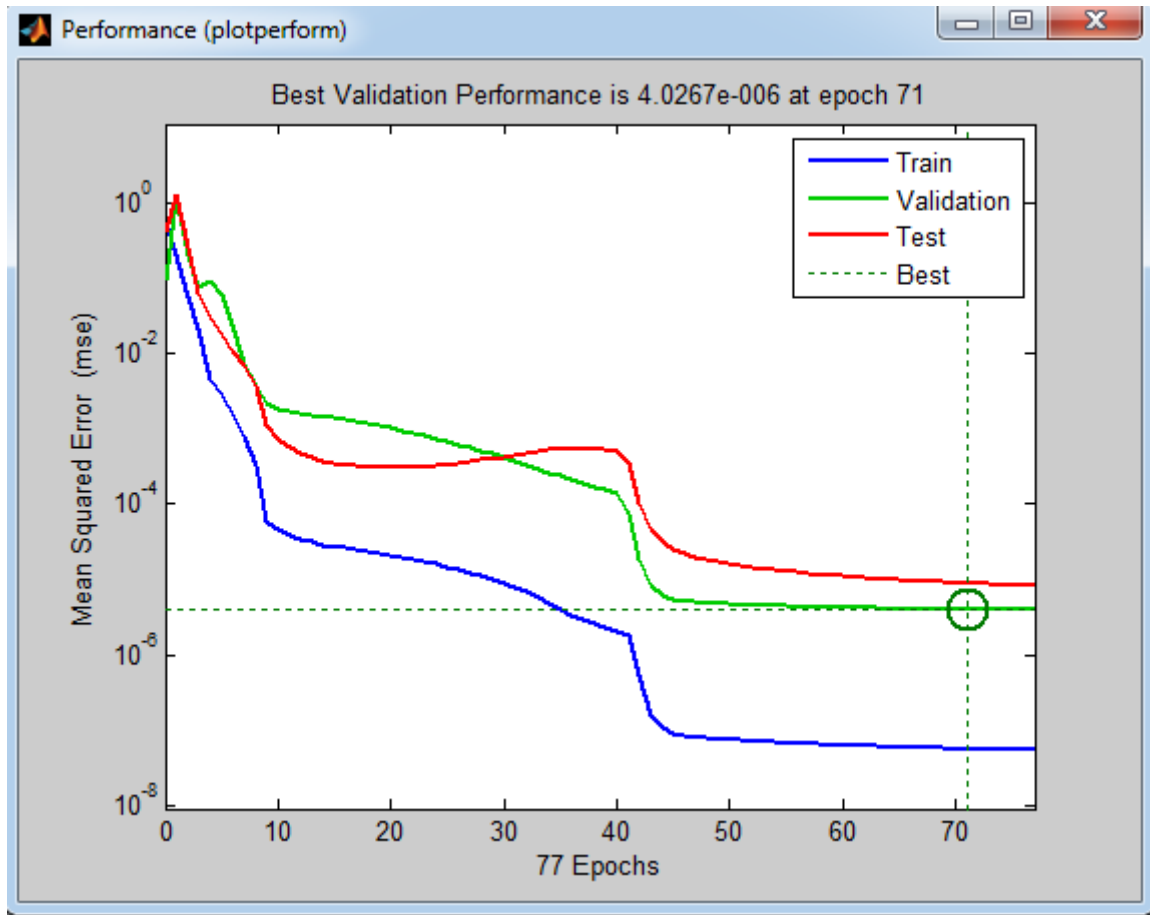
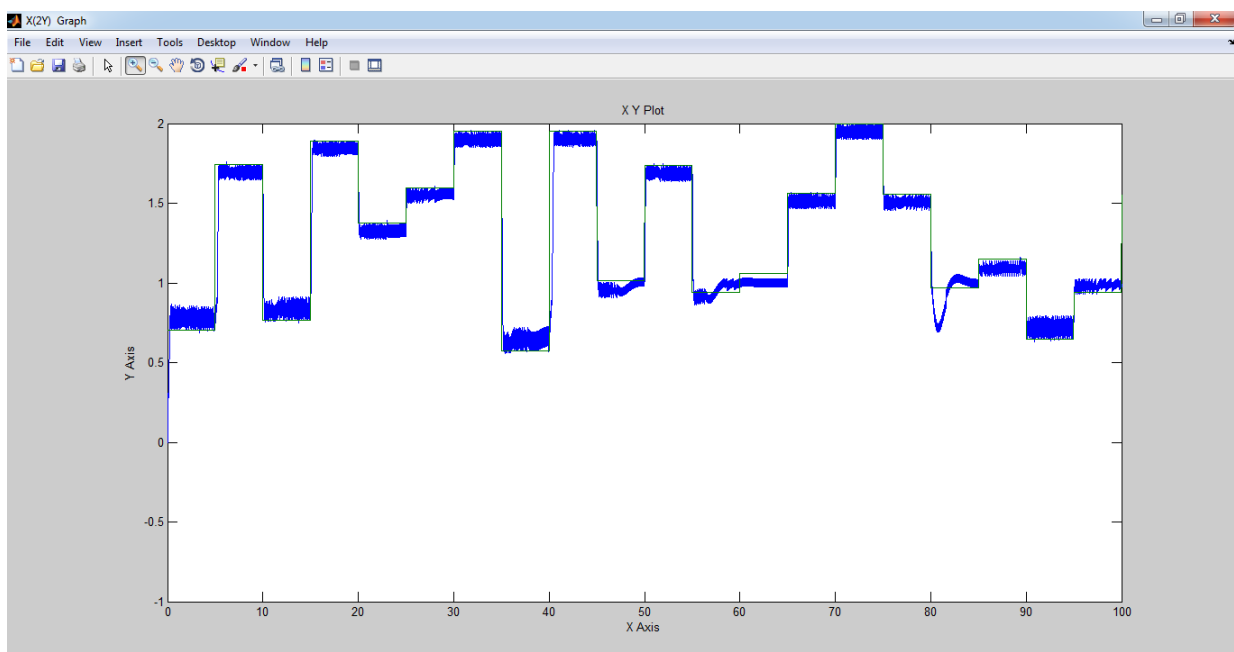


Рис. 3.1.5. Графік зміни швидкості мережі



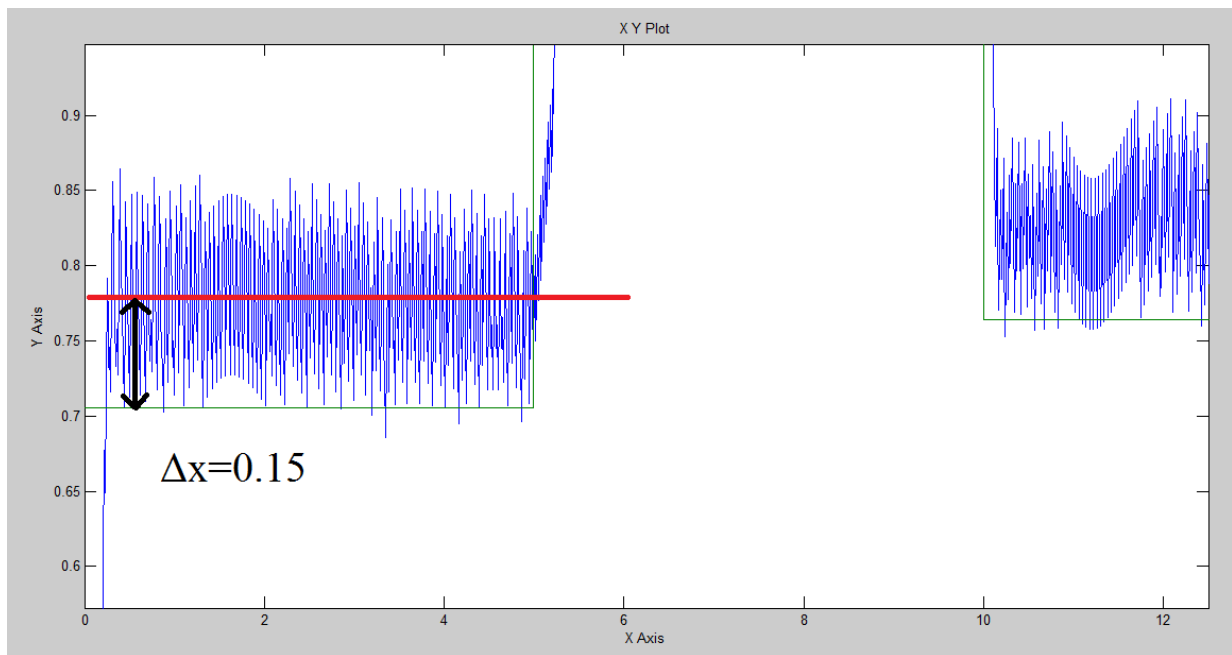


Рис.3.1.6. Графік зміни

Змінюємо завдання блоком Random Number. При зміні завдання отримуємо :

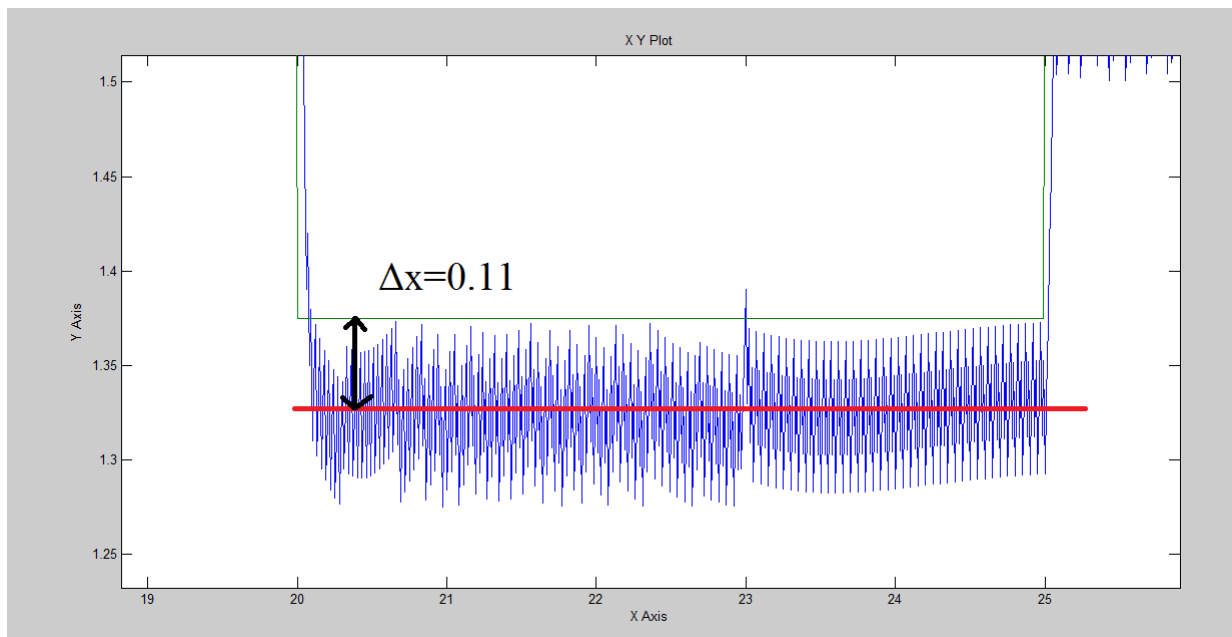


Рис. 3.1.7. Графік зміни температури

статична похибка змінюється в межах 0,1-0,15 зміни завдання. Метод найменших квадратів забезпечує необхідний рівень перехідного . Тому він нас повністю задовольняє.

Висновки

Висновок. Основною перевагою нейроконтролерів для управління є те, що для синтезу структури параметрів нейроконтролера не потрібні кількісні оцінки параметрів об'єкту, достатньо динаміки, які характеризують стан об'єкту. Основний напрямок дослідження який у останні роки це ідентифікація та управління. Цю складну задачу можна вирішити тільки із використанням нейронних мереж.

3.2. Перевірка підвищення ефективності

3.2.1. Оцінка точності часткових задач керування нейромережевим регулятором

Настройки ПД-регулятора визначаємо за Циглера –Ніколса. Для цього знаходимо K_p критичне, при системі (рис. 1) знаходиться на межі стійкості (рис. 2).

$K_{pкрит}=5,6$. $T_p=50$ с).

Наближеним методом розрахунку параметрів настройок регуляторів є метод коливань (в технічній літературі його називають методом Ціглера-). Замкнену систему автоматичного регулювання з П-регулятором переводять в режим автоколивань за допомогою збільшення $K_{рег}$. Якщо в системі П-регулятор, то $T_i \rightarrow \infty$, при ПД-регуляторі $T_i, T_d \rightarrow 0$. Для отримання автоколивань визначають критичні значення K_p і період $T_p^{крит}$. Тоді наближеними параметрами настройки П, ПД-регулятора будуть :

Параметры типовых регуляторов

| | k_p | k_p | k_d |
|----------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| П-регулятор | $0,50k_p^*$ | | |
| ПИ-регулятор | $0,45k_p^*$ | $0,54k_p^*/T^*$ | |
| ПИД-регулятор | $0,60k_p^*$ | $1,2k_p^*/T^*$ | $0,075k_p^*T^*$ |

Для П-регулятора

$$K_p = 5,6 * 0,5 = 2,$$

Для ПІ-регулятора:

$$K_p = K_p() * 0,45 = 0,45 * 5,62,52;$$

$$K_i = (0,54 * K_p()) / T_p = 0,06$$

Для ПД-регулятора

$$= K_p(\text{крит}) * 0,6 = 0, * 5,6 = 3,36;$$

$$K_i = (1,2 * (\text{крит})) / T_p = (1,2 * 6) / 50 = 0,1344;$$

$$K_d = 0,075 * K_p(\text{крит}) * T_p = 0, * 5,6 * 50 = 21;$$

відповідні настройки у схему (рис.3.2.1.-3.2.1.3) і отримуємо перехідні процеси, зображені на рис. 3.2.1.4.

Встановлюємо коеф. ПД-регулятора в структурну схему (рис.3) отримуємо перехідний процес (рис.4), який має якісні показники: $\phi = 0,9$, $A_1 = 0,85$. Порівнюючий його з перех. Процесом з ПІ-регулятором сказати, що час регулювання у ПД-регулятора менший, але набагато, ступінь згасання більший, і динамічна похибка також менша. робимо висновок, що вибрання ПД- регулятора в даному випадку . ПІ-регулятор має статичну похибку, що суттєво звужує його застосування.

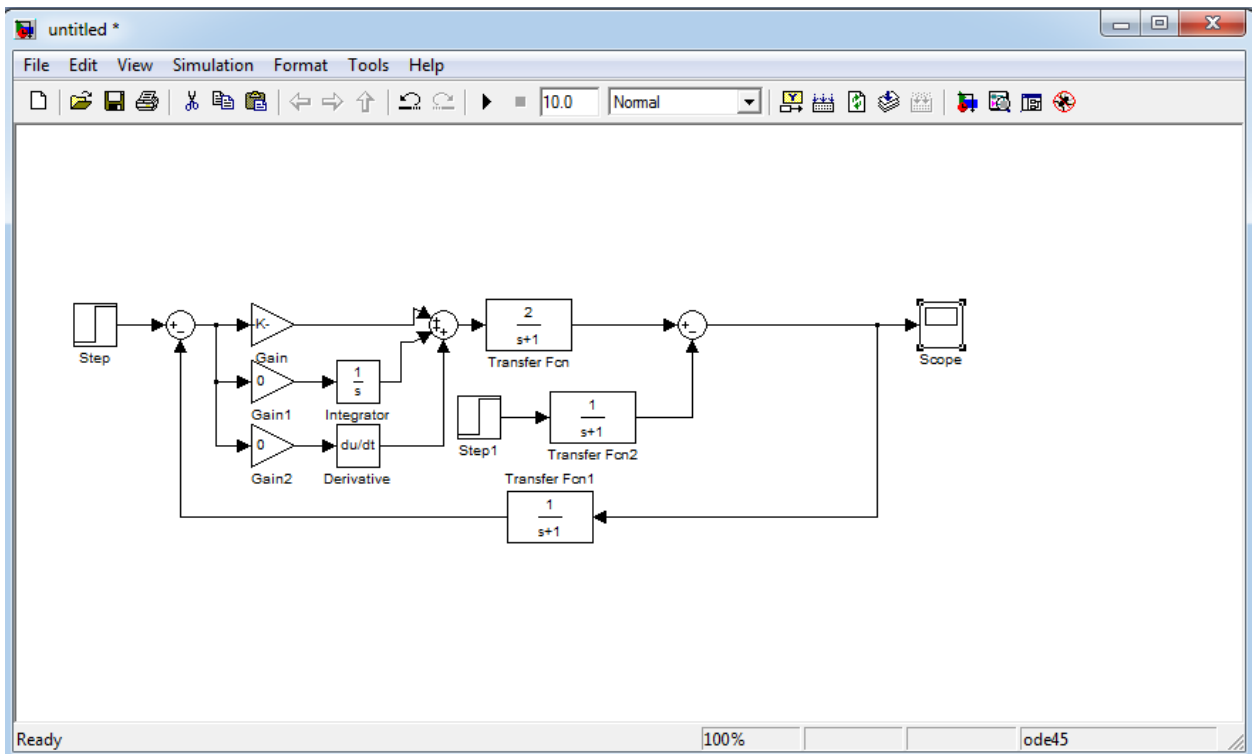


Рис. 3.2.1.1. Структурна АСР з П-регулятором

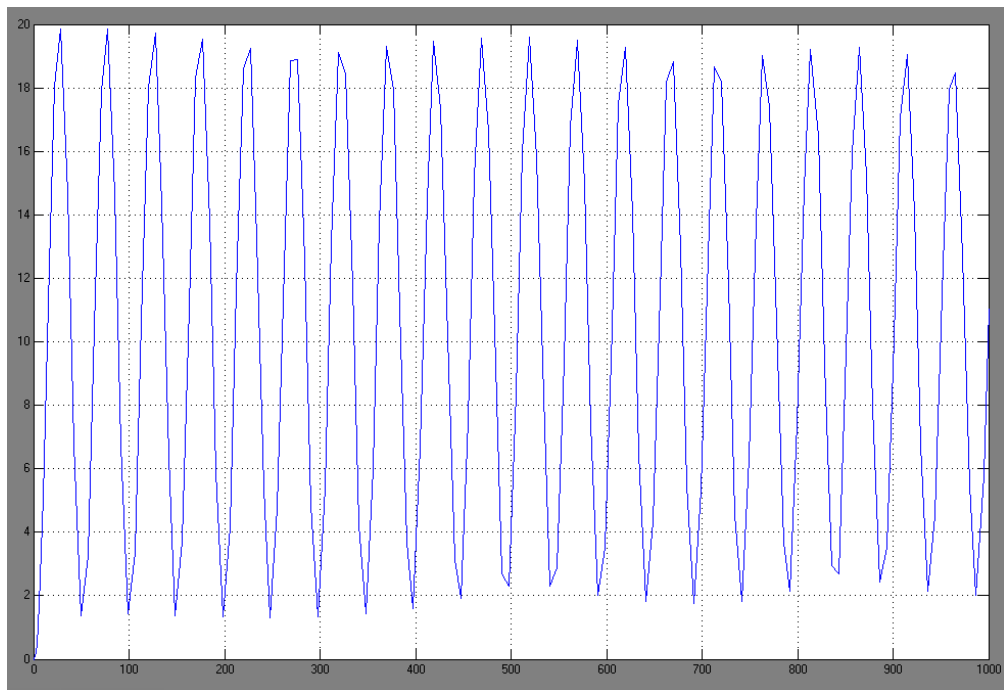


Рис. 3.2.1.. Перехідний процес АСР з П-регулятором на межі стійкості
 $K_p(\text{крит.})=5,6$

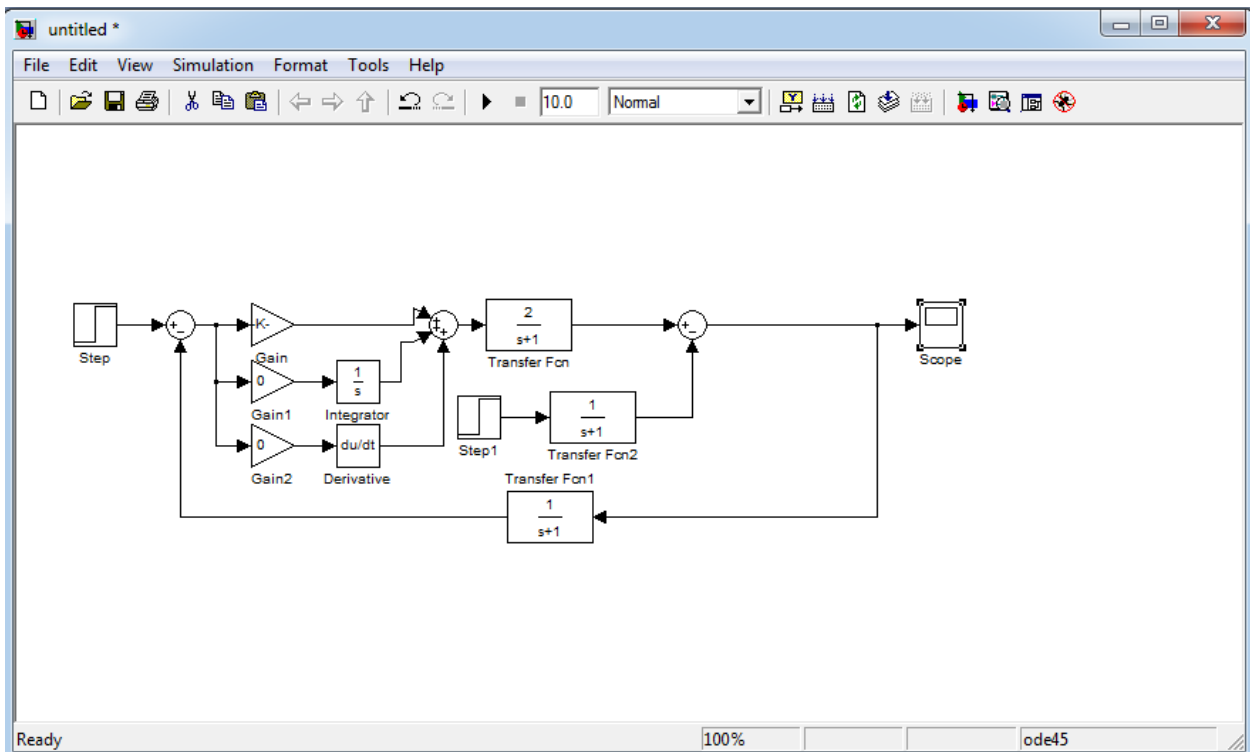
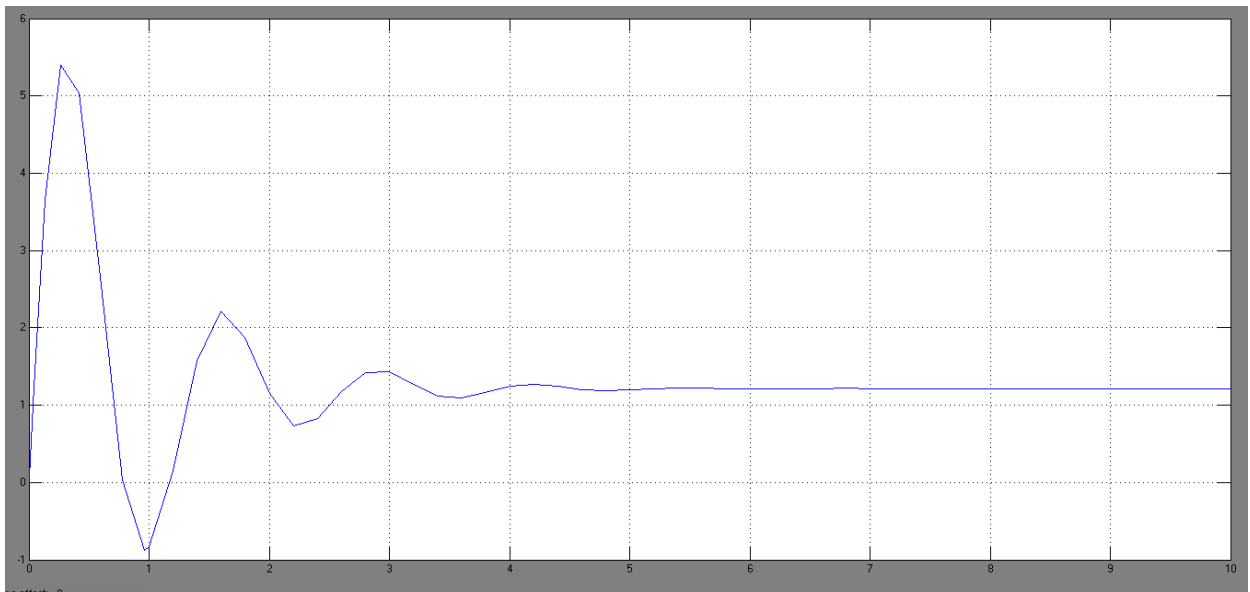


Рис. 3.1.3. Структурна схема АСР з ПД-регулятором



. 3.2.1.4. Перехідний процес АСР з ПД-

$$\psi = (A1 - A3) / A1 = (4 - 0,94) = 0,77; \quad A1 = X1_{\max} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \Delta X_{\text{cm}} = 0,085 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Тобто бачимо по графіках перехідного процесу, що показники в ПІД-регулятора кращі, через меншу статичну похибку, затухаючий перехідний процес. Динамічна похибка в нейрорегулятора менша.

Порівняння

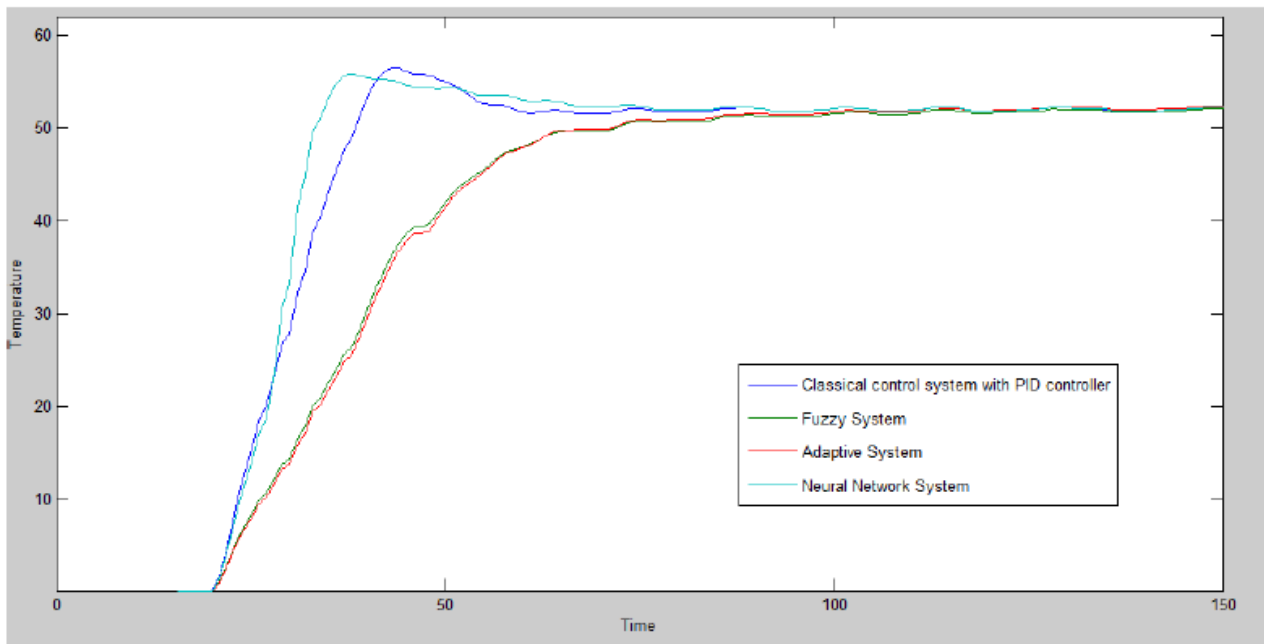


Рис. 3.2.1.5. Графіки перехідних процесів

Результати моделювання

| | АСР з ПІД-регулятором | АСР с fuzzy-регулятором | Адаптивна АСР з нечітким блоком адаптації | АСР зі спеціалізованим нейронним керуванням |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------|---|---|
| Перерегулювання, % | 8,5% | 0,3% | 0,82% | 7,2% |
| Тривалість перехідного процесу, с | 64 | 97 | 97 | 67 |
| Інтегральний показник якості | 173,99 | 211,72 | 214,27 | 171,68 |

Із таблиці та графіків можна зробити такі висновки:

1. Найшвидше на заданий режим виходить АСР з ПІД-, найповільніше – АСР з нечітким регулятором, що може бути з необхідністю оптимізації функцій належності чи збільшення кількості термів.

. Найбільше перерегулювання спостерігають у АСР з ПІД-регулятором, причому здійснювалося автоматично, тобто покращити цей результат суттєво

неможливо. Найменше – у АСР з fuzzy-регулятором, що пояснюється повільним поступовим виходом на усталений режим, без стрибків. Такий самий показує і адаптивна система за рахунок виистання нечіткої моделі якості блоку адаптації.

3. Інтегральний показник якості найменший у зі спеціалізованим нейронним керуванням, що вказує на найменшу похибку ; найгірший показник – у АСР з fuzzy-регулятором.

найкращі якісні показники має система із нерегулятором.

3.2. Оцінка єдності розв'язків за змінюваних параметрів регулятора

Змінюємо кількість для навчання нейронної мережі.

TRAINLM - функція тренування мережі, яка значення ваг і зміщень відповідно до методу оптимізації Левенберга-.

TRAINOSS - функція навчання мережі, яка модифікує ваги і зміщення до одноступінчастим методом січних.

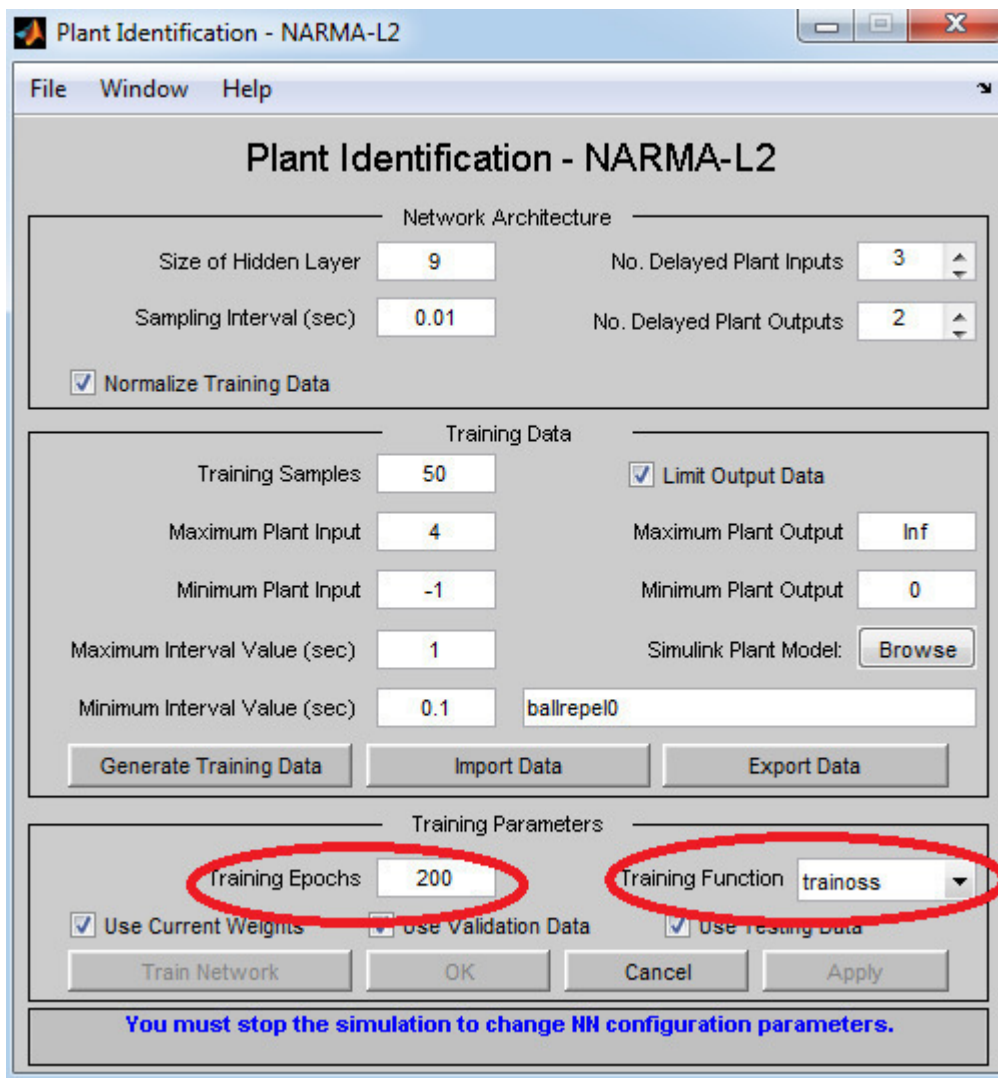


Рис. 3.2.2. Вибір кількості епох та методу навчання мережі

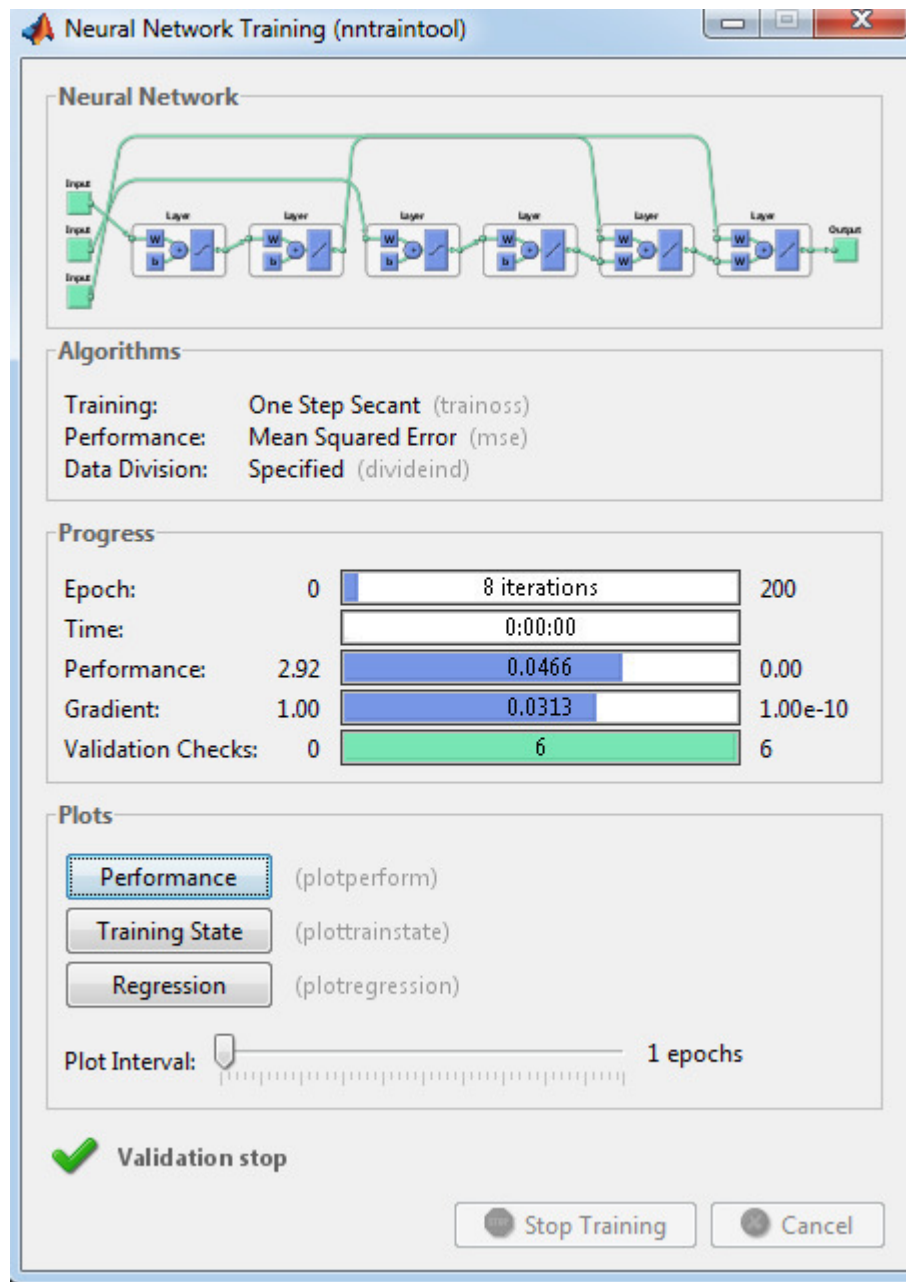


Рис. .2.2.2 Головне меню тренування нейронної мережі та навчання

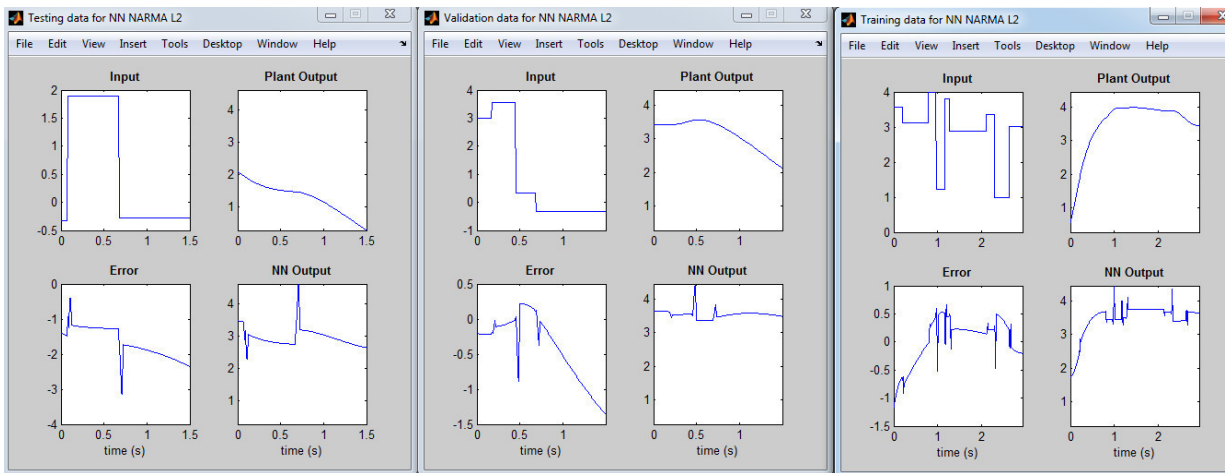


Рис. 3.2.2.3. Дані тесту дані перевірки

Графіки перехідних процесів, які були зняті при в середовищі MatLab
приведені на рисунках:

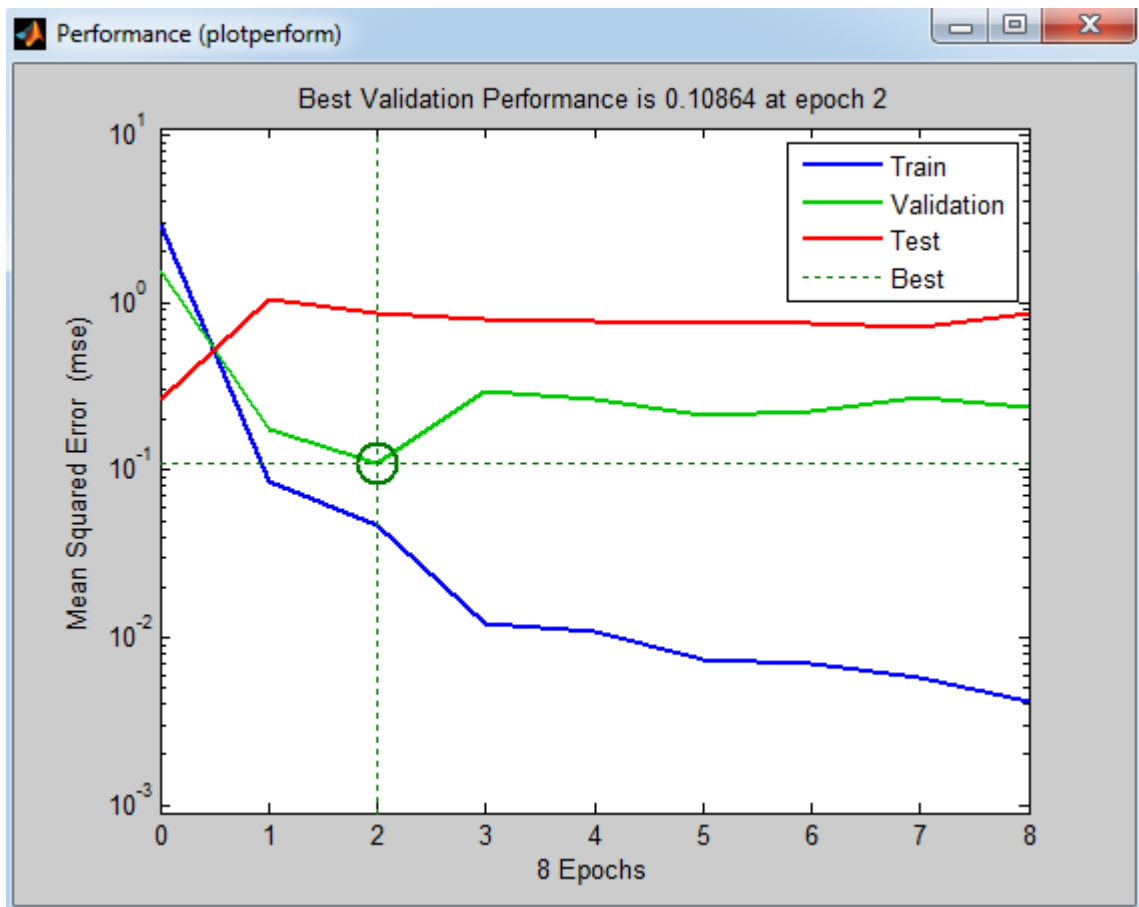


Рис. .2.2.4 Графік зміни швидкості

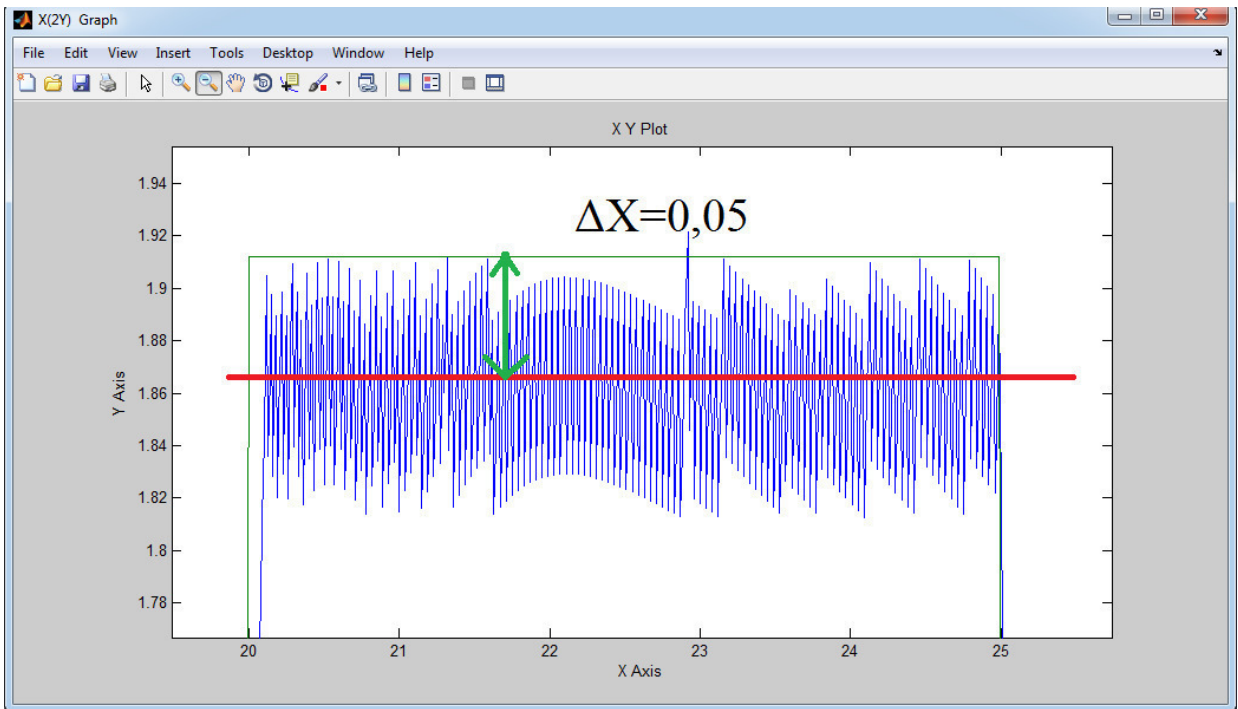
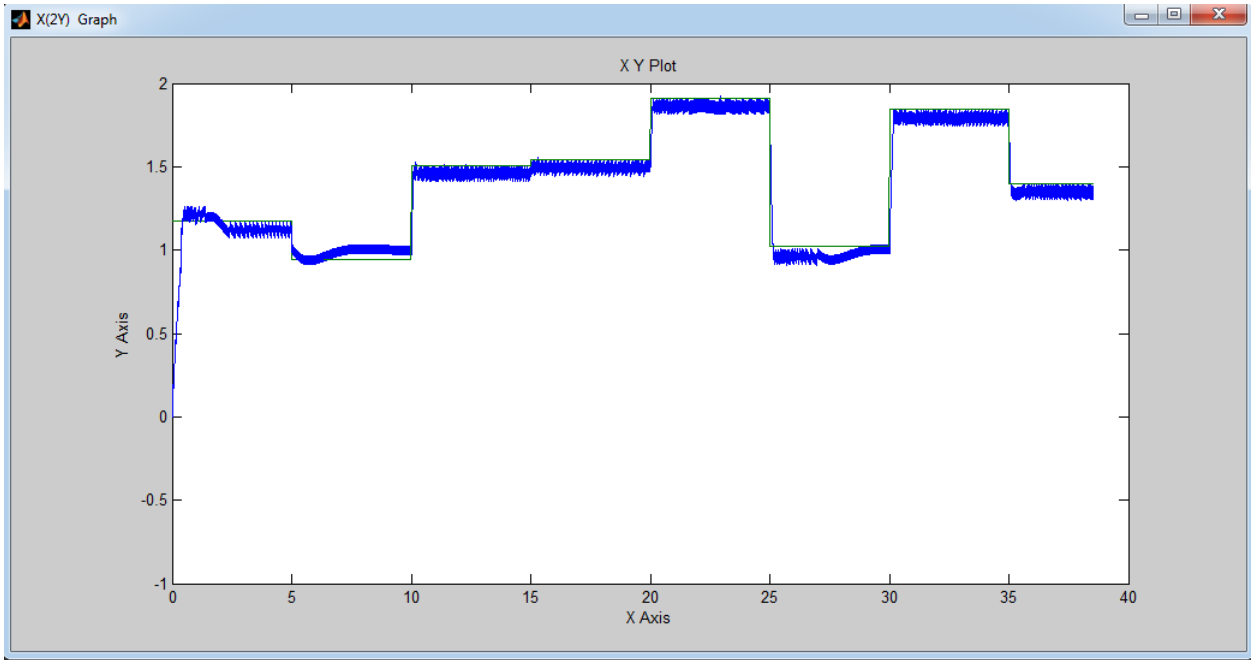


Рис. . Графік зміни температури

Висновок: За збільшення кількості епох 100 до 200 зменшується статична похибка при зміні завдання. спостерігаємо єдність розв'язків при зміні завдання та умов навчання. В даному розділі було показано що зміна кількості епох методу навчання зменшує тривалість перехідного процесу та статичної похибки. підтверджено доцільність виистання нейрорегулятора, в порівнянні із ПДД-регулятором. першу чергу це швидка адаптація до зміни завдання перехідного.

3.3. Оцінка техніко-економічних переваг та отриманої ефективності

є одним з найважливіших параметрів у технологічному режимі роботи і має чітко встановлені значення, дотримання яких забезпечує якість надійність протікання технологічного процесу. У разі підвищення температури відбувається подачі теплоносія на вході у змішувач, а в іншому відбувається відкриття клапану подачі охолодженої рідини (води), поступає у сорочку барабанного кристалізатора у разі пониження температури встановленого рівня погіршується процес розчину патоки із цукровою масою відбувається дегідратування цукрози з утворенням темнокольорових пігментів які негативно на технологічний процес. Для вимірювання температури виистовуються такі технічні автоматизації, як термометр розширення, термоперетворювач опору, термопари різних градувань. системи автоматизації для даного параметру забезпечить надійність технологічного режиму.

точному дозуванню таких компонентів як патоки та цукру забезпечується висока якість вихідного сиропу, який служить основою цукрової помади. система автоматизації дає можливість точного контролю та регулювання витрати допомогою сучасних регуляторів та технічних засобів. Для нормального теплового роботи установки необхідно своєчасно відводити

вихідну суміш із кристалізаційної . Це відбувається шляхом відкриття регулюючого клапану, який сприймає керуючий від регулятора рівня. Дана система автоматизації повинна забезпечити , безперебійну та якісну роботу виробничої лінії, а також зводити до мінімуму втрати фізичної праці й значно підвищити надійність роботи . У харчовій промисловості постійно вдосконалюється техніка і технологія виробництва впровадження прогресивних технологічних схем нового виду обладнання, передового досвіду. Сказати, що потрібно з особливою увагою підходити до питання , оскільки від вибору надійних та якісних технічних засобів автоматизації весь подальший процес виготовлення цукрової начинки та її якість.

інтелектуальну систему автоматичного регулювання (САР) регулювання температури, на основі теорії нейронних мереж. Розроблено математичну модель об'єкта . Аналіз показників якості перехідних процесів за різних режимів роботи котла засвідчив, що традиційна САР має істотні недоліки, пов'язані значним часом регулювання і першим відхиленням. Для вдосконалення традиційної та підвищення її ефективності запропоновано використовувати нейромережевий підхід в . Синтезований нейромережевий регулятор навчений визначати оптимальні керуючі впливи для глибоких збурень, викликаних піковими та регулювальними режимами роботи енергоблоків. апробації запропонованих рішень у програмі MatLab (Simulink, NT) проведено комп'ютерні експерименти з розроблення та випробування нейромережевої системи . Аналіз показників якості перехідних процесів під час проведення експерименту визначення робастності і стійкості нейромережевого регулятора в процесі впливу зовнішніх і внутрішніх збурень засвідчив перевагу адаптивної нейромережевої системи порівнянні з традиційною комбінованою, яка вимагає проведення етапу адаптації.

навчання нейромережевого ПД-регулятора його було включено в САК класичного цифрового ПДрегулятора. Для збереження значень u та v попередньої ітерації вибрано запам'ятовуючі пристрої. Проведено порівняння перехідних процесів з нейромережевим ПД-регулятором, цифровим ПД-регулятором та системи регулятора. В результаті вицання ПД-регулятора помилка системи зменшилась нуля, зникло перерегулювання, що загалом значно покращило перехідний процес (рис. 10). Завдяки вибраній низькій середньоквадратичній помилці навчання, перехідні процеси з нейромережевим ПД-регулятором та цифровим регулятором майже збігаються.

У роботі представлена покрокова методологія синтезу реалізації нейромережевого ПД-регулятора графічною мовою програмування G засобами . Були побудовані моделі ОК, та класичного ПД-регулятора, розраховані настроювання класичного ПД-регулятора. Для програмної реалізації нейромережевого ПД- регулятора було обрано структуру та архітектуру штучної нейронної мережі із набором нейронів, шарів та активаційною функцією. Настроювання нейронної мережі шляхом процедури навчання за результатами роботи класичного ПДрегулятора в . Завдяки вибраній низькій середньоквадратичній помилці, перехідні процеси з нейромережевим та класичним цифровим ПДрегулятором майже збігаються. Головні переваги нейромережевої ПД-регулятора наступні: – вицтовуючи здатність навчання на кількості навчальних вибірок, нейронна мережа має можливість вирішувати задачі, яких невідомі закономірності між вхідними і вихідними даними ОК – можливість стійкого функціонування САК при наявності більшої кількості сигналів шляхом адаптування до змін зовнішнього середовища; – більша швидкодія, що досягається за рахунок організації масової квазіпаралельної даних із вицтанням програмних технологій LabVIEW та цільової апаратної CompactRIO на базі FPGA; – гарантована відмовостійкість

при реалізації нейромережевого ПД-регулятора. Це означає, що при несприятливих продуктивність мережі падатиме незначно. Програмне моделювання інших інтелектуальних регуляторів САК засобами LabVIEW є перспективним та актуальним для даного напрямку.

3.4. Розробка та моделювання ІСК

3.4.. Лінгвістична апроксимація вхідних та вихідних змінних

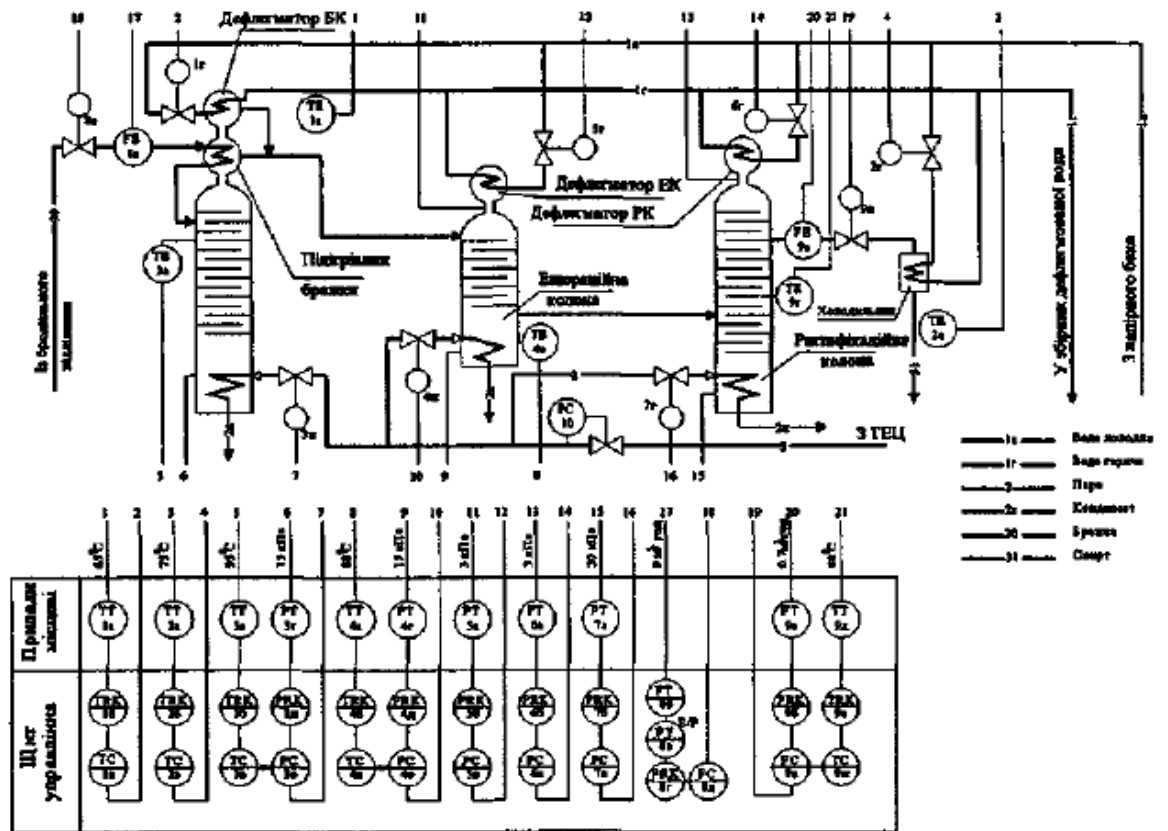


Рис. 1 схема БРУ

БРУ, як об'єкт керування являє собою легку систему з декількома взаємопов'язаними вхідними величинами. Зате явно виражена контурів регулювання за основними каналами регулюючих дій, таких як бражки, пари, холодної води в дефлегматор. На виході ми спирт-сирець із певним значенням вмісту спирту.

За основу три вхідні змінні:

T: [(0-100С) - температура в бражній колоні;

F1: [(-1000)л./год.] - витрата води в ;

F2: [(0-3000)л./.] - витрата бражки в колону.

F3: [(0-)м3/год.] - витрата пари в апарат.

: [(0-3000) КПа] тиск в .

Вихідна змінна:

QE: [(0-96) – вміст спирту;

В роботі виистовуються трикутні функції . Нечіткі змінні: дуже низька, низька, нижче норми, норма, норми, висока.

В протоколі роботи зафіксувати правила нечіткого висновку, відгуку бази знань та зробити відповідні висновки.

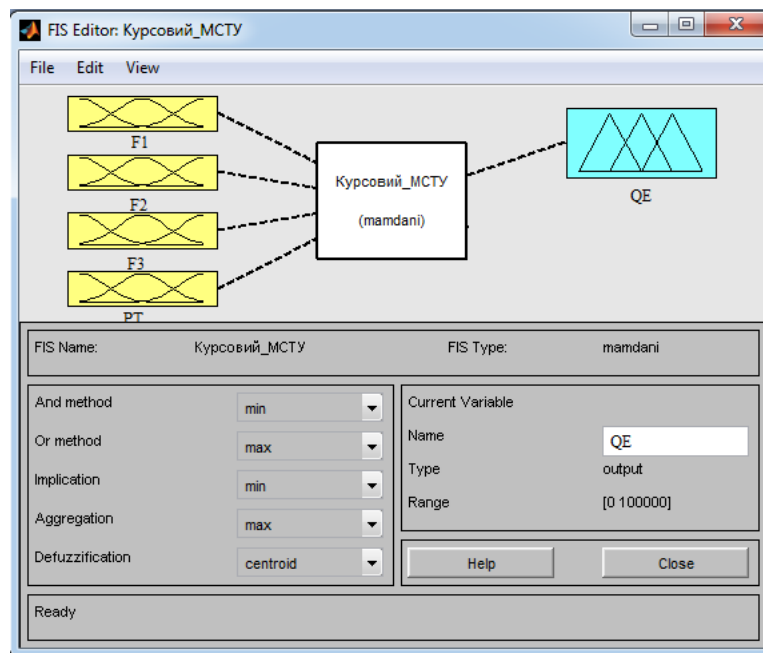


Рисунок .1 – Параметрична структура підсистеми (нечіткого висновку) функції належності:

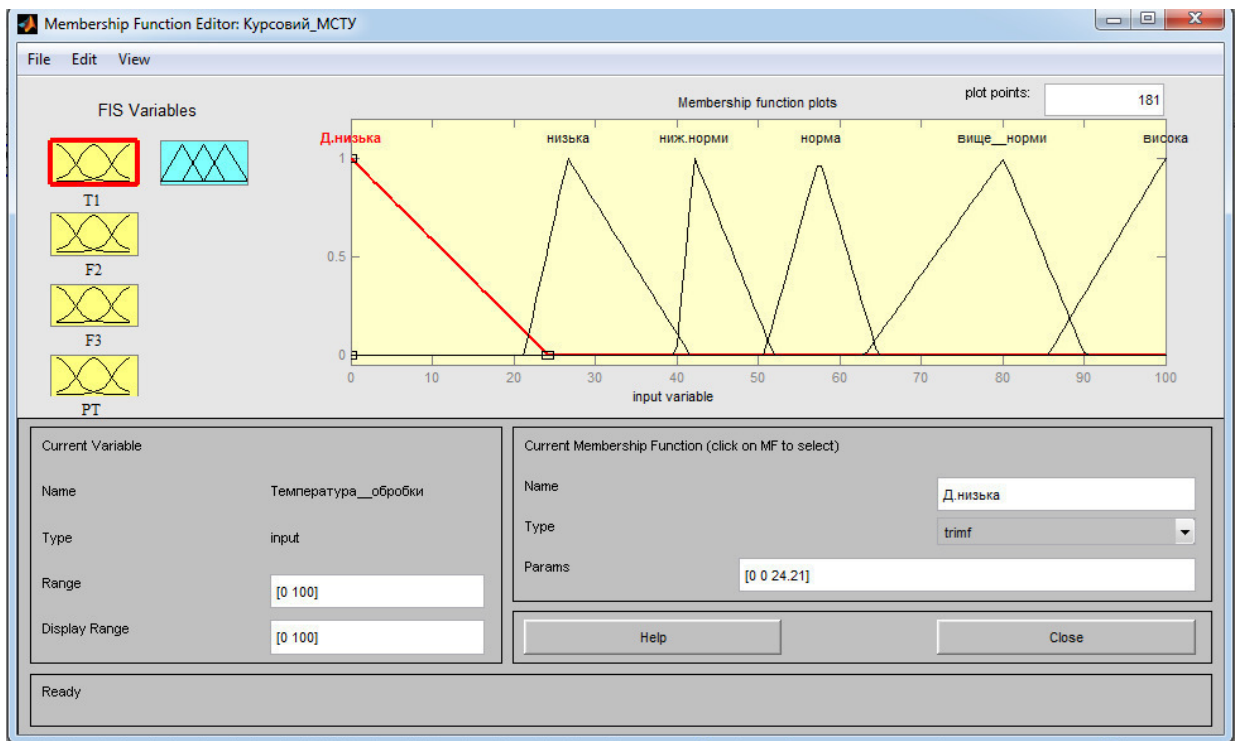


Рисунок 3.2 – Вікно функції належності (температура в апараті)

Виділяємо курсором функцію належності і в нижній частині вікна змінюємо в параметрів Current Variable параметри Range (ряд) і Range (ряд, що відображається) - діапазон змінювання вхідного . Як правило, це мінімальне і максимальне значення параметру.

| Лінгвістичні | Температура обробки, С | | |
|--------------|------------------------|-----|-----|
| Дуже низька | | 0 | 25 |
| Низька | 21 | 30 | 42 |
| Нижче норми | 40 | 44 | 52 |
| Норма | 50 | | 67 |
| Вище норми | 64 | | 90 |
| Висока | 86 | 100 | 100 |

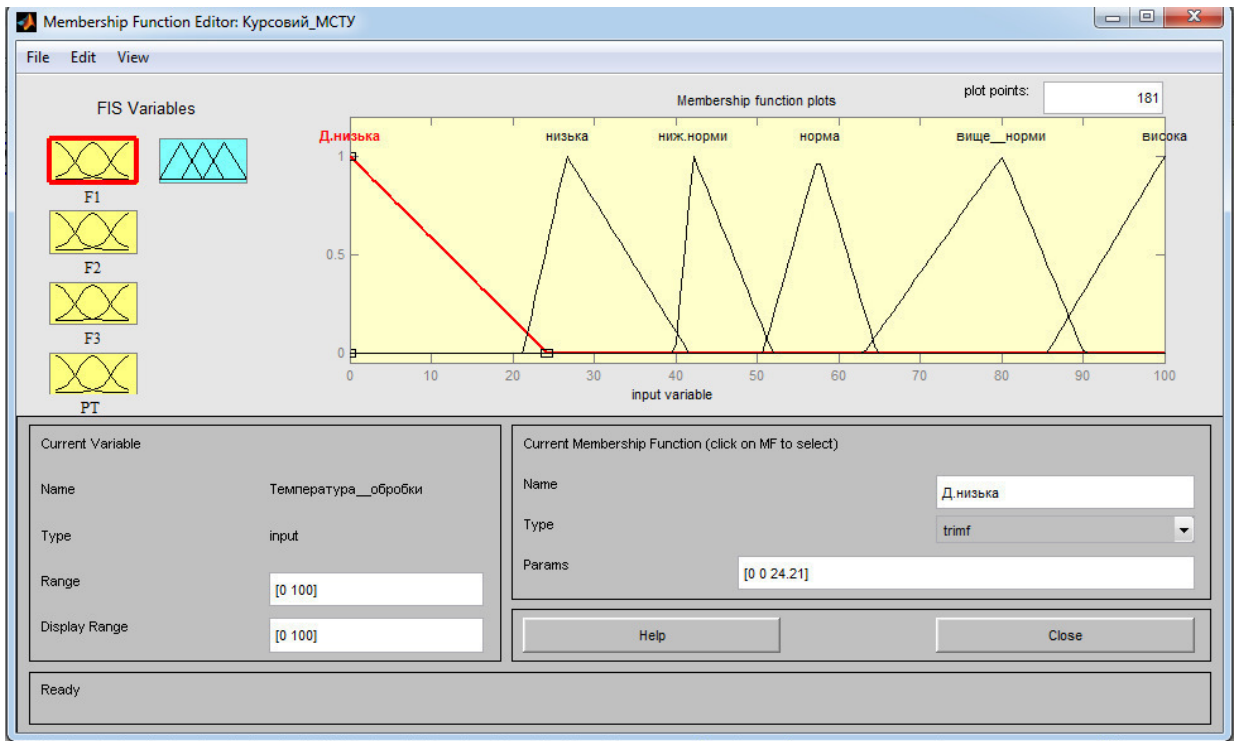


Рисунок 3.3 - Вікно редагування належності (витрата воли в дефлегматор)

| Лінгвістичні поняття | Витрата води, л | | |
|-------------------------|-----------------|-----|-----|
| | Дуже низька | 0 | 0 |
| Низька | 90 | | 210 |
| Нижче норми | 200 | | 320 |
| Норма | 295 | 325 | 350 |
| Вище норми | 340 | 380 | 425 |
| Висока | 400 | 500 | |

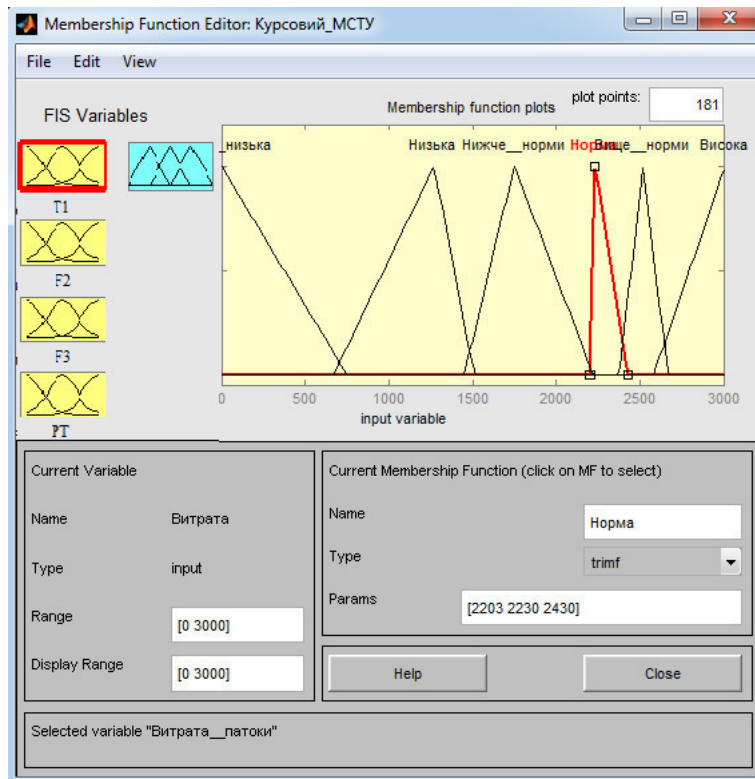


Рисунок 3.4 - Вікно редагування функцій (витрата бражки)

| Лінгвістичні поняття | Витрата бражки, | | |
|-------------------------|-----------------|------|------|
| Дуже низька | 0 | 0 | |
| Низька | 700 | 1300 | 1500 |
| Нижче норми | 1450 | 1700 | 2250 |
| Норма | 2200 | 2300 | 2400 |
| Вище норми | 2350 | 2550 | 2700 |
| Висока | 2600 | 3000 | 3000 |

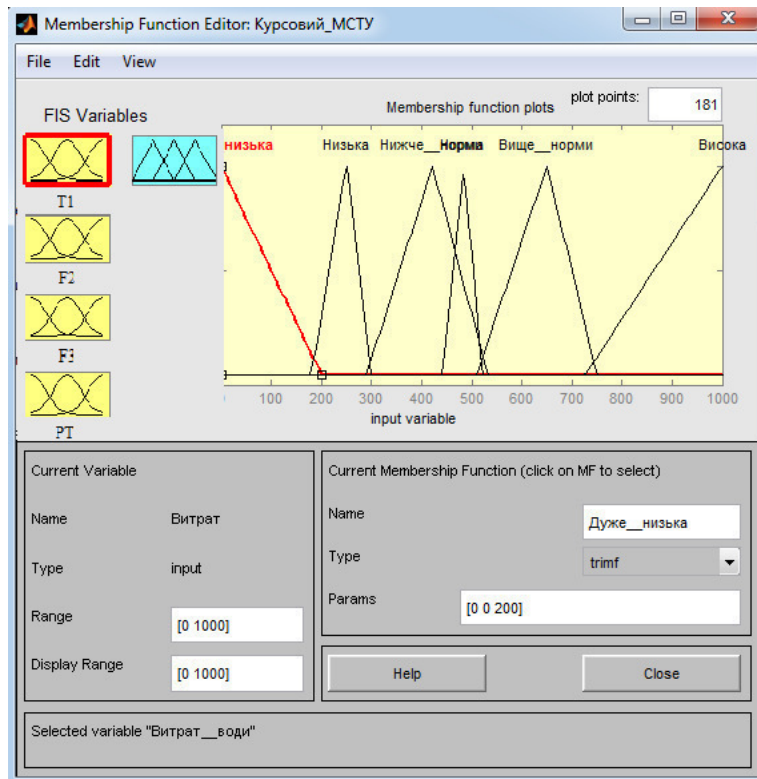


Рисунок 3.4 - Вікно редагування функцій належності (витрата пари)

| Лінгвістичні поняття | Витрата пари, м3/год | | |
|-------------------------|----------------------|------|------|
| | Дуже низька | 0 | 0 |
| Низька | 190 | 260 | 300 |
| Нижче норми | 290 | 420 | 500 |
| Норма | 480 | 520 | 580 |
| Вище норми | 560 | 680 | 760 |
| Висока | 730 | 1000 | 1000 |

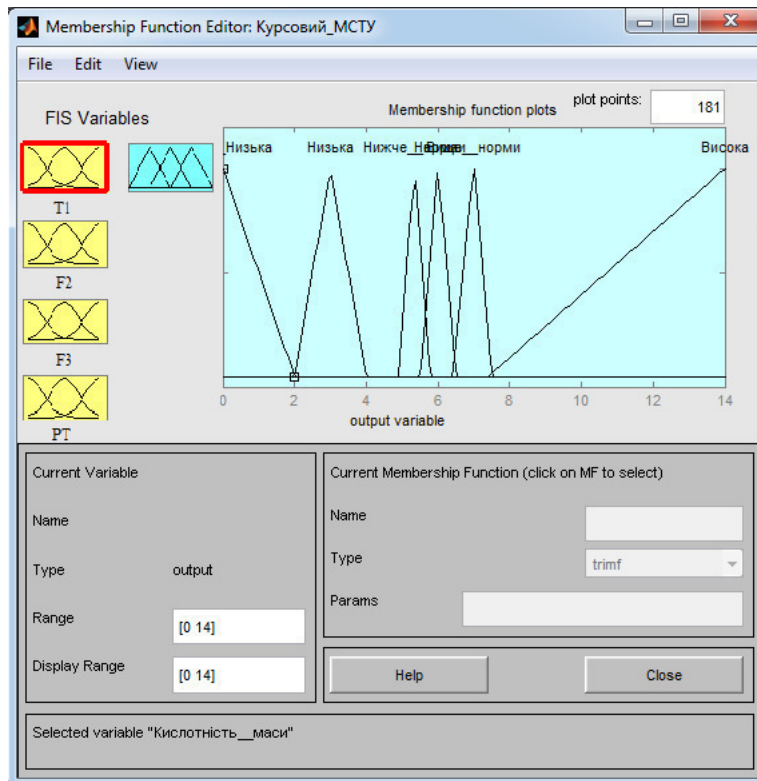


Рисунок 3.5 - Вікно редагування функцій належності (Вміст спирту)

| Лінгвістичні поняття | Вміст спирту, % | | |
|-------------------------|-----------------|----|----|
| | 0 | 20 | 30 |
| Дуже низька | 0 | 0 | 2 |
| Низька | 15 | 20 | 30 |
| Нижче норми | 25 | 35 | 45 |
| Норма | 40 | 50 | 60 |
| Вище норми | 50 | 60 | 70 |
| Висока | 65 | 70 | 75 |

3.4.2 Розробка бази правил для нечіткої системи. Аналіз результатів роботи системи

В головному вікні FIS Editor в меню Edit→Rules... відкриється вікно Rule Editor. Це вікно також відкриється подвійним натисканням лівої клавіші миші на центральному білому прямокутнику. В даному вікні визначаються нечіткі правила поведінки системи, що створюється (рис. 12).

Для перегляду результату роботи системи (підсистеми) нечіткої логіки в головному вікні FIS Editor обирають в меню View команду Rules – графічне відображення роботи алгоритму нечіткого висновку (рис.13) або команду Surface – відображення поверхні відгуку (рис.14).

В головному вікні FIS Editor в меню Edit→Rules... відкриється вікно Rule Editor. Це вікно також відкриється подвійним натисканням лівої клавіші миші на центральному білому прямокутнику. В даному вікні визначаються нечіткі правила поведінки системи, що створюється (рис. 12).

Для перегляду результату роботи системи (підсистеми) нечіткої логіки в головному вікні FIS Editor обирають в меню View команду Rules – графічне відображення роботи алгоритму нечіткого висновку (рис.4.1) або команду Surface – відображення поверхні відгуку (рис.4.2).

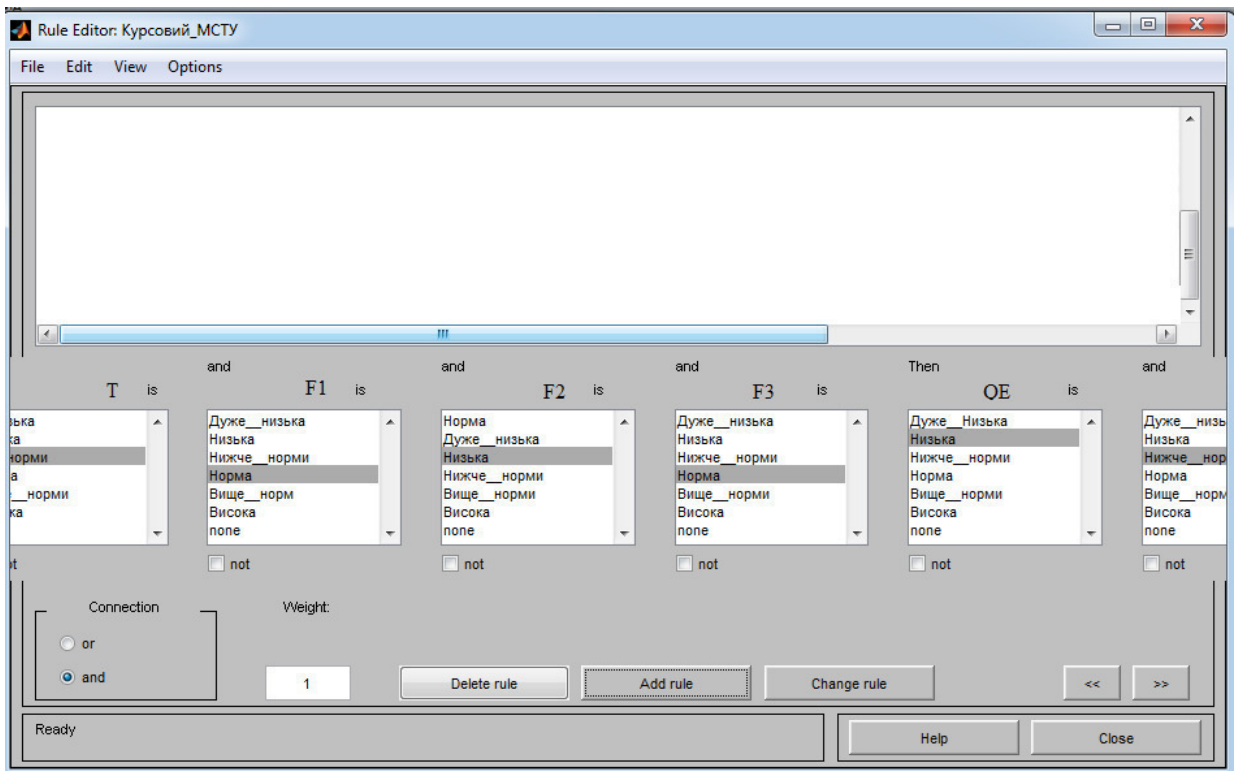


Рис.4.1 Графічне відображення роботи алгоритму нечіткого висновку. Вікно редагування правил нечіткого висновку.

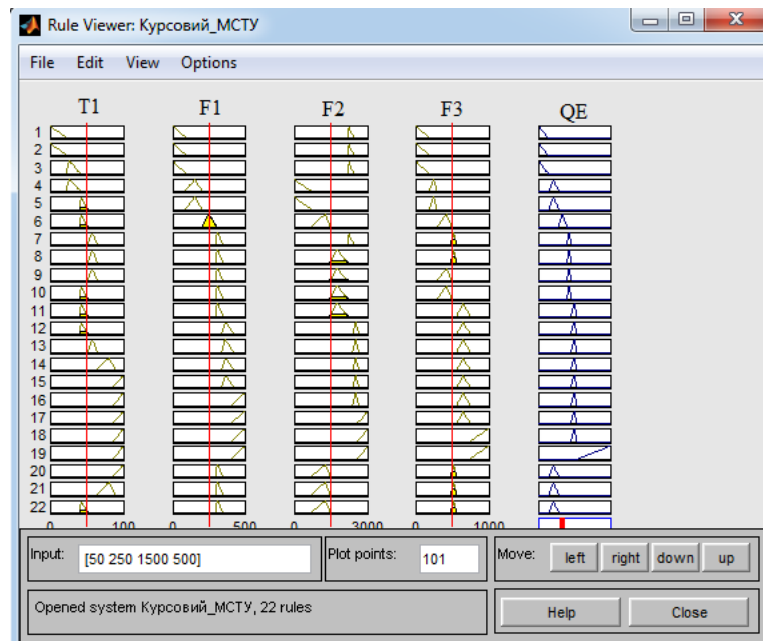


Рисунок 4.2 – Вікно графічного відображення роботи алгоритму нечіткого висновку

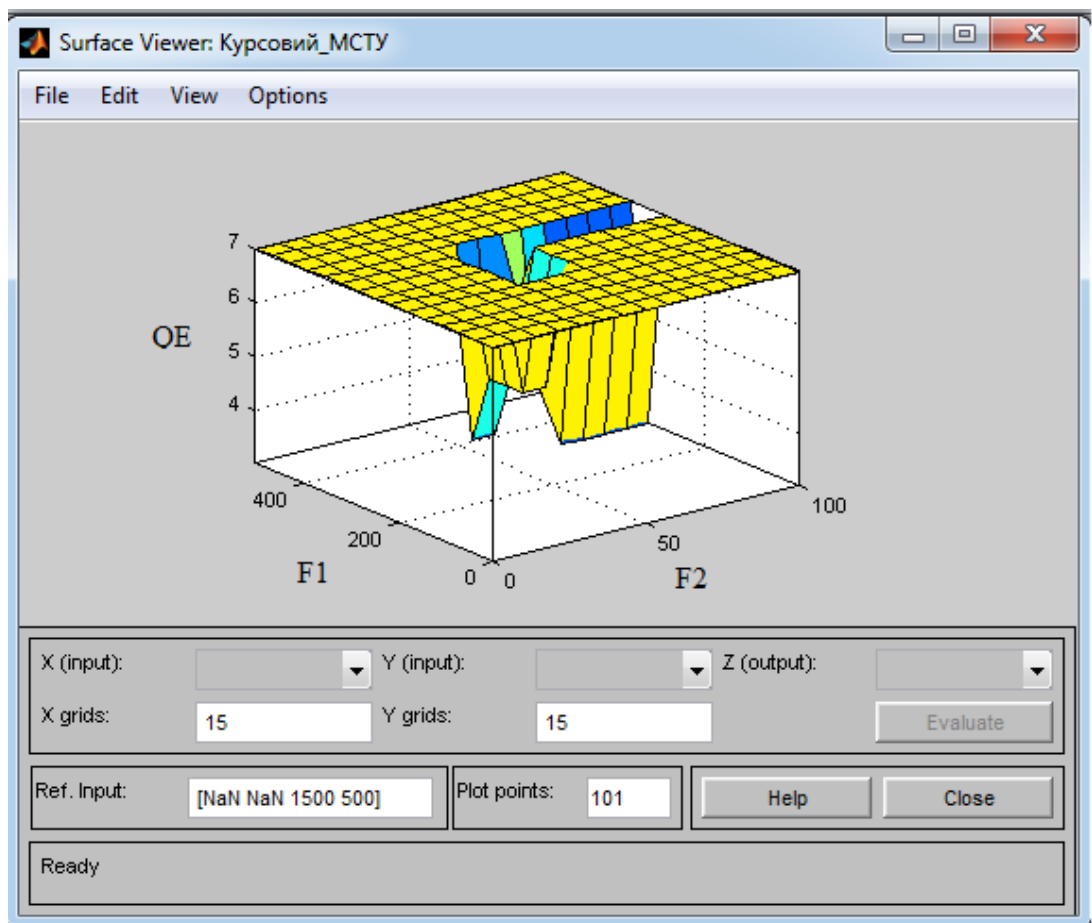


Рисунок 4.2 – Вікно відображення вмісту спирту від зміни витрати води в дефлегматор, та бражки.

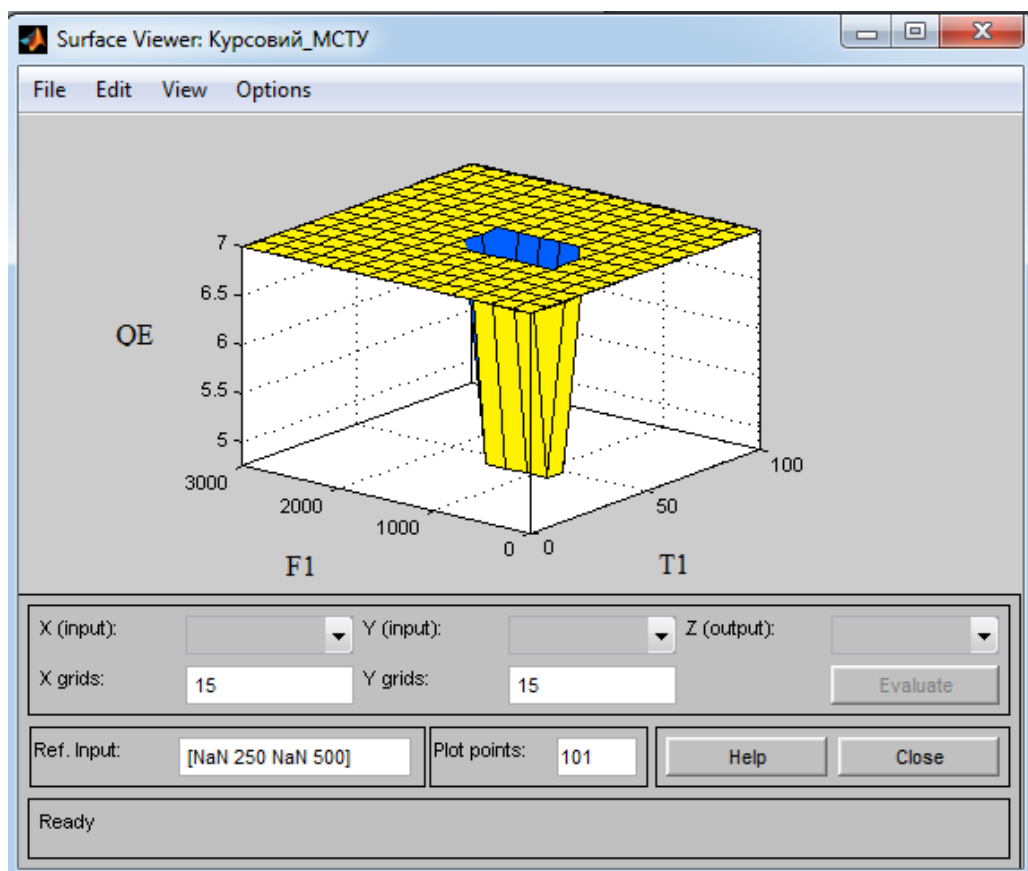


Рисунок 4.3 – Вікно відображення вмісту спирту від зміни витрати води в дефлегматор, та температури в апараті.

Висновки

В даному проекті було створено нечітку систему логічного висновку для керування температурою в бражній колоні БРУ спиртового заводу. Основні етапи побудови систем інтелектуального керування на основі нечіткої логіки. З аналізу процесу було визначено 3 входів та 1 вихід процесу.

Функція належності являє собою імовірнісну оцінку, що показує наближене відтворення числового діапазону до лінгвістичного поняття. Для входних параметрів виистовувалися такі функції належності: «низька», «нижче норми», «норма», «вище норми», «висока», а для вихідного: «низька», «нижче норми», «норма», «вище норми», «висока». В роботі виистано гаусівську функцію належності і алгоритм Мамдані, приведення до чіткості приводиться центроїдним методом.