

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерних систем і автоматики
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютерних систем управління
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором»

Виконав: студент 2 курсу, групи 2АКІТ-20м
спеціальності 151- Автоматизація та
комп'ютерно- інтегровані технології»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ Антон Наваліхін
(ім'я та прізвище)

Керівник: к.т.н., професор каф. КСУ

_____ Микола Биков
(ім'я та прізвище)

« _____ » _____ 2021 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. АІТ

_____ Ольга Софіна
(ім'я та прізвище)

« _____ » _____ 2021 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри КСУ
Володимир Дубовой
(прізвище та ініціали)

« _____ » грудня 2021 року

Вінницький національний технічний університет
Факультет комп'ютерних систем і автоматики
Кафедра комп'ютерних систем управління
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 15 Автоматика та приладобудування
Спеціальність - 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітньо-професійна програма - Інтелектуальні комп'ютерні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КСУ
_____ Володимир Дубовой

« 01 » 10 2021 року

ЗАВДАННЯ **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

_____ Наваліхіну Антону Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором»

керівник роботи Биков Микола Максимович, к. т. н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “24”09 2021 року №277

2. Строк подання студентом роботи 14.12. 2021 року

3. Вихідні дані до роботи: програмне середовище – Win PLC7 5.0, тип ПЛК - VIPA CPU 313-5BF13, інтерфейс – RS 485, виконавчі пристрої: двигун насоса, електромагнітний клапан, електронагрівач.

4. Зміст текстової частини: Вступ; Техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки; Багатоваріантний аналіз об'єкта автоматизації; Розробка конфігурації системи і вибір обладнання стенда; Розробка алгоритмічного і програмного забезпечення системи; Економічний розділ .

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Функціональна схема хімічного реактора – 1 аркуш; 2. Структурна схема лабораторного стенда – 1 аркуш; 3. Виконавчі пристрої системи управління – 1 плакат; 4. Схема алгоритму роботи хімічного реактора – 1 аркуш; 5. Схема програми управління – 1 аркуш; 6. UML-діаграма варіантів використання – 1 аркуш. 7. Інтерфейс програмного середовища WinPLC7 – 1 аркуш; 8. Результати машинного експерименту– 1 плакат;

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ змістової частини роботи | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------------------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Економічний розділ | доцент кафедри ЕПВМ, доцент, к.е.н. Кавецький В.В. | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання “ 07 ” 09 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

- | | | |
|----|--|----------------|
| 1 | Техніко-економічне обґрунтування доцільності обробки | 02.10.2021 р. |
| 2 | Постановка задачі і розробка технічного завдання | 04.10. 2021 р. |
| 3 | Багатоваріантний аналіз об'єкта автоматизації | 20.10. 2021 р. |
| 4 | Розробка конфігурації системи і вибір обладнання стенда | 10.11. 2021 р. |
| 4 | Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення системи і машинний експеримент | 15.11. 2021 р. |
| 5 | Підготовка економічної частини | 26.11. 2021 р. |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу і презентації | 30.11. 2021 р. |
| 7 | Апробація результатів дослідження | 07.12.2021 р. |
| 8 | Публікації | 13.12.2021 р. |
| 9 | Графічні матеріали: | |
| | Функціональна схема хімічного реактора | 01.12. 2021 р. |
| | Структурна схема лабораторного стенда | 01.12. 2021 р. |
| | Виконавчі пристрої системи управління | 02.12. 2021 р. |
| | Схема алгоритму роботи хімічного реактора | 02.12. 2021 р. |
| | Схема програми управління | 04.12. 2021 р. |
| | UML-діаграма варіантів використання | 05.12. 2021 р. |
| | Інтерфейс програмного середовища WinPLC7 | 05.12. 2021 р. |
| | Результати машинного експерименту | 06.12. 2021 р. |
| 10 | Захист МКР | 23.12. 2021 р. |

Студент _____

Антон Наваліхін

Керівник роботи _____

Микола Биков

АНОТАЦІЯ

УДК 676.5(075)

Наваліхін А.С. Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітня програма – інтелектуальні комп'ютерні системи. Вінниця: ВНТУ, 2021. 106 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 43 назв; рис.: 47; табл.: 23.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці апаратного та програмного забезпечення лабораторного стенда системи управління хімічним реактором. Вона дозволить підвищити ефективність практичної підготовки студентів спеціальності 151 з дисциплін по автоматизації виробничих процесів.

На основі проведеного варіантного аналізу в роботі обґрунтовано вибір структури лабораторного стенду і обладнання для нього. Згідно заданого в індивідуальному завданні типу програмованого логічного контролера для роботи з лабораторним стендом вибрано програмне середовище WinPLC7 5.0. Розроблено структурну схему лабораторного стенда і функціональну схему автоматизації хімічного реактора.

У розділі програмного забезпечення в середовищі WinPLC7 виконано конфігурування апаратури стенда, розроблено алгоритми управління хімічним реактором і схему програмного забезпечення, що його реалізує. Проведена симуляція роботи розроблених програм показала адекватність їх функціонування.

В економічному розділі обґрунтована економічна доцільність розробки.

Графічна частина містить 8 плакатів з ілюстрацією результатів роботи.

Ключові слова: автоматизовані системи управління технологічними процесами, програмні середовища, проектування систем автоматизації, лабораторний стенд.

ABSTRACT

UDC 676.5 (075)

Navalikhin A.S. Development of a laboratory stand of the chemical reactor control system. Master's thesis in specialty 151 - automation and computer-integrated technologies, educational program - intelligent computer systems. Vinnytsia: VNTU, 2021. 106 p.

In Ukrainian language. Bibliogr. : 43 titles; Fig.: 47; table: 23.

The master's qualification work is devoted to the development of hardware and software of the laboratory stand of the chemical reactor control system. It will increase the effectiveness of practical training of students majoring in 151 disciplines in the automation of production processes.

Based on the variant analysis, the choice of the structure of the laboratory stand and the equipment for it is substantiated in the work. According to the type of programmable logic controller specified in the individual task, the WinPLC7 5.0 software environment is selected for work with the laboratory stand. The structural scheme of the laboratory stand and the functional scheme of automation of the chemical reactor are developed.

In the software section in the WinPLC7 environment, the configuration of the stand equipment was performed, algorithms for controlling the chemical reactor and the scheme of the software that implements it were developed. The simulation of the developed programs showed the adequacy of their operation.

The economic feasibility of development is substantiated in the economic section.

The graphic part contains 8 posters illustrating the results of the work.

Keywords: automated process control systems, software environments, design of automation systems, laboratory stand.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| ВСТУП..... | 8 |
| 1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ | 10 |
| 1.1 Суть технічної проблеми, що виникла на сучасному етапі..... | 10 |
| 1.2 Огляд і аналіз існуючих розробок лабораторних стендів..... | 11 |
| 1.3 Вибір і обґрунтування аналогу..... | 21 |
| 1.4 Розрахунки, які підтверджують доцільність нової розробки..... | 24 |
| 1.5 Висновки до розділу..... | 27 |
| 2 АНАЛІЗ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ СТЕНДА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ХІМІЧНИМ РЕАКТОРОМ..... | 28 |
| 2.1 Особливості сучасного етапу автоматизації технологічних процесів і виробництв..... | 28 |
| 2.2 Розробка функціональної схеми об'єкта управління..... | 29 |
| 2.3 Вибір обладнання лабораторної установки..... | 32 |
| 2.4 Розробка структурної схеми системи управління реактором..... | 39 |
| 2.5 Висновки до розділу..... | 40 |
| 3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА..... | 41 |
| 3.1 Вибір програмної платформи..... | 41 |
| 3.2 Конфігурування обладнання в середовищі WinPLC7..... | 46 |
| 3.3 Опис функцій програмного забезпечення лабораторної установки..... | 47 |
| 3.4 Розробка алгоритму роботи системи..... | 49 |
| 3.5 Розробка програмного забезпечення..... | 50 |
| 3.6 Тестування розробленого програмного забезпечення..... | 51 |
| 3.7 Висновки до розділу..... | 53 |
| 4 РОЗРАХУНОК ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ | 54 |
| 4.1 Розрахунок сигналу з давача температури Pt100..... | 54 |
| 4.2 Обчислення споживаного струму для Pt100..... | 57 |
| 4.3 Розрахунок похибки вимірювання..... | 57 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4 Висновки до розділу..... | 58 |
| 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА..... | 59 |
| 5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки | 59 |
| 5.2 Оцінювання рівня новизни розробки..... | 60 |
| 5.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи..... | 67 |
| 5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором..... | 81 |
| ВИСНОВКИ..... | 86 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 87 |
| ДОДАТКИ..... | 91 |
| Додаток А (обов'язковий). Технічне завдання..... | 92 |
| Додаток Б (обов'язковий). Лістинги програм..... | 96 |
| Додаток В (обов'язковий). Ілюстративна частина..... | 98 |

ВСТУП

Особливістю сучасного етапу розвитку автоматизації виробництва є застосування комп'ютерно-інтегрованих технологій управління його роботою шляхом об'єднання за допомогою інформаційних мереж в єдине ціле об'єктів виробництва та якісно нових технічних засобів мікроелектроніки, обчислювальної техніки, вимірювальної техніки та мехатроніки. В сучасних галузях української промисловості, таких як нафтопереробна, газовидобувна, хімічна, металургійна, енергетична, харчова і багато інших широкі розповсюдження отримали автоматизовані системи управління технологічними процесами. Автоматизована система управління технологічними процесами (АСУТП) - це сукупність апаратно-програмних засобів, що здійснюють контроль і управління виробничими і технологічними процесами, підтримують зворотний зв'язок і активно впливають на хід процесу при відхиленні його від заданих параметрів, керують технологічними об'єктами, забезпечуючи регулювання і оптимізацію керованого процесу [1].

Застосування в сучасних АСУТП програмованих логічних контролерів (ПЛК) дозволило спростити як проектування самих систем автоматизації, так і їх експлуатацію. Спрощення проектування відбулося за рахунок розробки фірмами-виробниками обладнання спеціалізованих програмних середовищ, таких як Tia Portal, CodeSys, WinPLC7, PC Works та інших. Застосування ПЛК дозволяє реалізувати найбільш зручний інтерфейс оператора і об'єднати локальні системи автоматизації в єдину систему керування технологічним процесом (дільницею, цехом). В зв'язку з цим на сучасному ринку праці виникла потреба у фахівцях, які володіють знаннями з використання сучасних програмних середовищ у області програмування ПЛК та у роботі з іншим периферійним обладнанням.

Навчання таких фахівців повинно надати їм практичні навички роботи з ПЛК і різним технологічним обладнанням. Їх студенти можуть отримати шляхом використання в навчальному процесі навчальних лабораторних стендів. Стенди повинні мати наглядну та зрозумілу структуру, допускати можливість самостійної взаємодії студентів з деякими елементами, розташовуватися обладнання повинно так, щоб студенти візуально змогли на стенді оцінити принцип роботи установки. В такому випадку на лабораторних заняттях студенти зможуть закріпити свої теоретичні знання і отримати практичні навички, необхідні на виробництві [2,3]. Тому тема даної магістерської роботи, присвячена розробці лабораторного стенда системи управління хімічним реактором, є на сьогодні **актуальною**.

Метою дипломної роботи є підвищення ефективності навчання з дисциплін автоматизації виробничих процесів шляхом розробки лабораторного стенда автоматизованої системи управління хімічним реактором.

Об'єктом дослідження є навчальний лабораторний стенд.

Предметом дослідження є процес управління хімічним реактором лабораторного стенда.

Методи дослідження базуються на теорії управління, теорії автоматів та теорії алгоритмів.

Новизна роботи полягає в застосуванні інноваційних програмних середовищ для програмування логічного контролера стенда.

Практична цінність. Розробка стенда дозволить проводити лабораторні заняття з дисципліни «Автоматизація технологічних і бізнес процесів» студентами спеціальності 151.

Апробація результатів роботи. Результати і основні положення досліджень доповідалися й обговорювалися на форумі молодих науковців ВНТУ (м. Вінниця, 2021).

Публікації. За тематикою дослідження опублікована робота в репозиторії ВНТУ.

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ

1.1 Суть технічної проблеми, що виникла на сучасному етапі

Технологічні процеси в промисловості нерозривно пов'язані з автоматизацією її технологічних процесів [4, 5]. Автоматизація ефективно застосовується на сучасному етапі розвитку людства з метою досягнення зростання показників ресурсозбереження, поліпшення екології навколишнього середовища якості та надійності продукції. В зв'язку з бурхливим розвитком мікропроцесорної техніки і персональних комп'ютерів, функціональні можливості яких дають змогу використовувати найдосконаліші методи в рамках сучасних складних систем управління. Мікропроцесорні пристрої та електронно-обчислювальні машини, пов'язані між собою обчислювальними та керуючими мережами з використанням загальних баз даних, дозволяють впроваджувати комп'ютерні технології у нетрадиційній сфері діяльності підприємства, що проявляється в інтеграції виробничих процесів та управління ними [6-10].

Головним напрямом автоматизації на сучасному етапі є створення комп'ютерно-інтегрованих виробництв. Основою систем автоматизації стали функціональні можливості мікропроцесорних систем управління, при створенні яких вирішальну роль відіграють такі фактори, як використання принципів інтеграції, розподіленого управління, програмних комплексів. При автоматизації виробництва об'єктом є не окремий технологічний процес чи агрегат, а технологічний комплекс із складними взаємозв'язками між його підсистемами.

Рівень розвитку сучасних цифрових інтегральних мікросхем, промислових контролерів, мікро-ЕОМ дозволяє одночасно реалізовувати складні алгоритми керування, обробки сигналів у масштабі реального часу, якісну та швидку передачу даних. Цифрові системи автоматизованого

управління (ЦСУ) мають переваги порівняно з аналоговими. Перш за все це виражається у відносній простоті та гнучкості реалізації алгоритмів цифрового управління, які не обмежуються традиційним ПІД-регулюванням. Однією з головних складових успішного проектування сучасних комп'ютеризованих систем управління та переобладнання аналогових є знання теорії цифрових систем управління та вміння застосовувати її методи на практиці. Адже, як свідчить досвід провідних вищих навчальних закладів, в останні роки виникли значні проблеми, пов'язані саме із здатністю студентів застосовувати отримані знання, приймати рішення на основі власного досвіду у реальних ситуаціях на практиці. Це вказує на необхідність переглянути існуючі методи та засоби навчання та привести їх у відповідність сучасним вимогам [2, 11]. Перш за все це стосується лабораторних практикумів та навчально-лабораторного обладнання, адже саме ці складові навчального процесу формують практичні навички. Тому роль лабораторного практикуму на основі лабораторного стенду в навчальному процесі з дисципліни «Автоматизація технологічних і бізнес процесів» спеціальності 151 «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології» є надзвичайно важливою.

Тому, актуальною є задача розробки апаратного і програмного забезпечення лабораторного стенду системи управління хімічним реактором, в якому б вказані недоліки були усунуті [1].

1.2 Огляд і аналіз існуючих розробок лабораторних стендів

Комп'ютеризоване лабораторне обладнання для вищої та середньої школи зараз не тільки інтенсивно розробляється та впроваджується власноруч самими навчальними закладами, але і випускається в широкому асортименті на спеціалізованих підприємствах [19-23]. На жаль, в Україні поки що немає таких спеціалізованих підприємств, що, ймовірно, пояснюється певними негараздами в економіці країни.

Широкий спектр сучасного навчального обладнання для вищих навчальних закладів пропонує НПП «Учтех-Профи» Южно-Уральського державного університету (Росія) [23]. Весь асортимент продукції цього підприємства згрупований по навчальним розділам, що відповідають різним напрямкам освіти та галузям знань. Розглянемо розділи "Мікропроцесорні системи управління електроприводами" [24] та "Робототехніка, гнучкі виробничі й складальні системи, CAD/CAM-технології" [25], що найбільш відповідають тематиці лабораторного дослідження в проектованому лабораторному стенді.

Комп'ютеризований багатофункціональний лабораторний стенд «Засоби автоматизації й управління робота-маніпулятора» містить діючу електромеханічну систему робота-маніпулятора (рисунок 1.1) [26].



Рисунок 1.1 - Комп'ютеризований багатофункціональний лабораторний стенд «Засоби автоматизації й управління робота-маніпулятора»

Лабораторний стенд дозволяє вивчити технічні характеристики й систему програмування промислового контролера Omron, а також систему автоматизації на базі робота-маніпулятора.

Габарити робота 700x450x450 мм, маса стенда – не більше 15 кг.

Технічні характеристики: напруга електроживлення - 220 В; частота живлячої напруги - 50 Гц; споживана потужність, не більше - 250 ВА.

До складу лабораторного стенду входять:

- моноблок «САУ-Робот»;
- блок управління роботом;
- робот-маніпулятор із платформою та датчиками;
- пульт управління роботом;
- ноутбук;
- програмне забезпечення CX-One;
- програмне забезпечення SCADA Trace Mode.

Разом зі стендом поставляється комплект кабелів і сполучних проводів, технічний опис лабораторного стенда та методичні вказівки до проведення лабораторних робіт.

Завдяки функціональній складності лабораторного стенда на ньому можна виконувати широкий спектр лабораторних досліджень та практичних завдань.

При всіх зазначених перевагах даного лабораторного стенду як універсального навчального засобу, він має і суттєвий недолік для навчальних закладів – дуже велика ціна. Так для вузів Росії цей стенд продається за 336,99 тис. рублів, що еквівалентно приблизно 9,85 тис. умовних одиниць.

Комп'ютеризований лабораторний стенд "Мікропроцесорна система керування кроковим двигуном" являє собою моноблок, що з'єднаний з ноутбуком (рисунок 1.2) [27]. Лабораторний стенд дозволяє вивчити не тільки принцип роботи крокового двигуна та основи побудови мікропроцесорних систем керування ним, але і технічні характеристики, архітектуру й систему програмування мікроконтролера ATmega8535 на мовах С й Асемблер.

Габарити станда (без ноутбука) - 400x150x250 мм, маса - не більше 10кг, напруга живлення 220 В, частота напруги живильної мережі 50 Гц, споживана потужність - не більше 50 ВА.



Рисунок 1.2 - Комп'ютеризований лабораторний стенд
"Мікропроцесорна система керування кроковим
двигуном"

До складу лабораторного станду входить:

- моноблок «Кроковий електропривод»;
- ноутбук;
- програмне забезпечення (компакт-диск);
- комплект кабелів і сполучних проводів;

Надається також технічний опис лабораторного станда та методичні вказівки до проведення лабораторних робіт.

Лабораторний стенд використовує електромеханічний об'єкт дослідження на основі крокового двигуна, проте в стенді не передбачений зв'язок об'єкту дослідження з конкретним технологічним процесом. В стенді не використовуються дорогі промислові засоби автоматизації, такі, як

контролер, проте вартість стенду досить значна. Так, для вузів Росії ціна стенду дорівнює 57,0 тис. рублів, що еквівалентно приблизно 1600 доларів.

Інший промисловий комп'ютеризований лабораторний стенд "Мікропроцесорні системи керування електроприводів", що містить різноманітні електромеханічні пристрої, має настільне виконання (рисунок 1.3) [28].



Рисунок 1.3 - Комп'ютеризований лабораторний стенд
"Мікропроцесорні системи керування електроприводів"

Лабораторний стенд дозволяє:

Габарити лабораторного стенду 650x610x300 мм; маса – не більше 20кг. Склад лабораторного стенду:

- модуль живлення стенда;
- мікроконтролер;
- пристрої введення/виведення;
- тиристорний силовий перетворювач;
- широтно-імпульсний силовий перетворювач;
- кроковий двигун;
- ноутбук.

На даному лабораторному стенді можна виконувати різноманітні лабораторні дослідження та практичні завдання за такою тематикою:

- "Вивчення принципів роботи й способів управління кроковим електроприводом від мікроконтролера";

- "Побудова цифрової системи керування кроковим електроприводом";

- "Вивчення принципів роботи й способів управління широтно-імпульсним перетворювачем від мікроконтролера".

Описаний комп'ютеризований лабораторний стенд відрізняється широкою номенклатурою встановленого електромеханічного та контролерного обладнання, а також різноманіттям застосованого програмного забезпечення, виконаний за вимогами сучасного технічного дизайну, але суттєвим його недоліком теж є дуже значна ціна. Так, для вузів Росії один такий стенд продається за 211,0 тис. рублів. Тобто вартість одного лабораторного стенда сягає приблизно 5,5 тис. умовних одиниць.

Таким чином, проведений огляд існуючих розробок комп'ютеризованих лабораторних стендів з електромеханічними об'єктами досліджень в першу чергу показав їх суттєві переваги по відношенню до традиційних (застарілих) навчальних засобів:

- збільшення ефективності навчального процесу завдяки взаємодії студентів в ході лабораторних експериментів з сучасними та реально працюючими комп'ютерними та інформаційно-комунікаційними технологіями;

- збільшення обсягів лабораторних досліджень під час навчальних занять завдяки автоматизації проведення експериментів (збирання інформації про фізичні параметри, її програмне опрацювання, відображення результатів експериментів, їх документування та інше);

- забезпечення можливості застосування елементів дистанційного навчання у разі великих за обсягом та складних лабораторних робіт (наприклад, попередня розробка студентами програм контролерів на

домашніх комп'ютерах з подальшою перевіркою їх на лабораторному стенді під час аудиторних занять, або виконання студентами обробки експериментальних даних, що представлені у цифровій формі, на своїх домашніх комп'ютерах за допомогою спеціальних програмних пакетів);

– забезпечення широкої тематики лабораторних досліджень, що пояснюється як конструктивною складністю самих стендів (в одному стенді використовуються різні програмовані засоби автоматизації, декілька реальних об'єктів дослідження, або їх фізичні чи електричні моделі), так і застосуванням програмних засобів моделювання об'єктів з різних галузей промисловості та різноманітних інформаційно-комунікаційних технологій, які теж виступають в якості об'єктів лабораторних досліджень.

Проте, з точки зору навчальних закладів, сучасні комп'ютеризовані лабораторні стенди мають дуже велику вартість, що утруднює їх впровадження в навчальний процес. Значну частку цієї вартості складає вартість промислових засобів автоматизації та спеціального програмного забезпечення, які утворюють основу стендів. Крім того, великі витрати коштів йдуть на виготовлення стендів та розробку їх програмного забезпечення.

Спеціалізовані підприємства, що виготовляють такі навчальні засоби незначними партіями, компенсують усі свої витрати за рахунок збільшення ціни стендів у продажі. Навчальні ж заклади, що саморуч розробляють та виготовляють такі навчальні засоби можуть розраховувати лише на власні кошти або на кошти спонсорської допомоги, яких, як правило, завжди недостатньо. Тому вищі освітні заклади, середні спеціальні навчальні заклади та загальноосвітні школи вимушені шукати економічно вигідніші для себе шляхи вирішення проблеми оснащення своїх навчальних лабораторій сучасним комп'ютеризованим обладнанням.

Проаналізуємо лабораторні стенди по автоматизації Національного університету харчових технологій (НУХТ) [44].

Маючи більш ніж 50-річний досвід підготовки фахівців з автоматизації, кафедри особливу увагу приділяють розвитку матеріально-технічної бази, розуміючи, що підготовка високоякісних фахівців неможлива без надання практичної підготовки до самостійної роботи з сучасними технічними і програмними засобами автоматизації. Кафедра однією з перших на Україні почала широко вивчати і впроваджувати у навчальний процес і виробництво сучасні мікропроцесорні засоби автоматизації, у тому числі промислові контролери. Навчальні лабораторії випускових кафедр обладнані технічними засобами провідних фірм світу: Siemens, який зображений на рисунку 1.4; Danfos, який зображений на рисунку 1.5; SchneiderElectric, який зображений на рисунку 1.6; Vira, який зображений на рисунку 1.7; Mitsubishi, який зображений на рисунку 1.8; Hitachi, Honeywell, , OpenSystem, FESTO, який зображений на рисунку 1.9; Овен, Мікрол, Тера та іншими, що створює можливість майбутніх фахівців не тільки теоретично вивчати сучасні технічні засоби, а і набувати необхідних практичних навичок, що дуже цінується майбутніми роботодавцями [45].



Рисунок 1.4 - Лабораторія технологічного вимірювання



Рисунок 1.5 - Лабораторія автоматичного управління



Рисунок 1.6 - Лабораторія мікропроцесорної техніки з обладнанням фірми SchneiderElectric



Рисунок 1.7 - Лабораторія мікропроцесорної техніки з обладнанням фірми Vipa



Рисунок 1.8 - Лабораторія мікропроцесорної техніки з обладнанням фірми Mitsubishi



Рисунок 1.9 - Стенд пневмоавтоматики фірми FESTO

Аналізуючи проведений огляд, як висновок можна зазначити, що розробка і впровадження в навчальний процес ВНТУ апаратного і програмного забезпечення лабораторного стенда системи управління хімічним реактором є дуже актуальною і нагальною залячею. Системи автоматизації досить широко розповсюджені в сучасному виробництві підприємств України.

1.3 Вибір і обґрунтування аналогу

Економічно вигідним шляхом вирішення проблеми оснащення лабораторій сучасним комп'ютерним обладнанням у навчальних закладах України зараз є придбання ними за власні кошти або кошти спонсорів обмеженого набору промислових засобів автоматизації та програмного забезпечення відомих світових виробників для створення на їх основі універсальних комп'ютеризованих лабораторій, які навчальні заклади розробляють та монтують власноруч [29-41].

Аналізуючи приклади універсальних комп'ютеризованих лабораторій, які змонтовані в останні роки у провідних навчальних закладах України, можна побачити їх повну аналогію з розглянутою лабораторією кафедри "Автоматизація виробничих процесів" Одеської національної академії харчових технологій. Зокрема, на кафедрі автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки Вінницького національного технічного університету у 2013 році змонтована аналогічна універсальна комп'ютеризована лабораторія "Засоби автоматизації та комп'ютеризовані системи управління". Усе обладнання лабораторії куплялось за кошти благодійних внесків, тому при її розробці особлива увага приділялась саме техніко-економічному обґрунтуванню оптимального варіанта.

В [1] наведена загальна конфігурація комп'ютеризованого комплексу цієї лабораторії. Він отримав назву "Комп'ютеризований комплекс "Лабораторія"" (ККЛ). Він складається з двох комп'ютеризованих місць

викладачів та трьох автоматизованих робочих місць (АРМ) студентів. Всі комп'ютери робочих місць об'єднані у локальну мережу Ethernet, яка з'єднана з сервером кафедри і має вихід в мережу Internet.

Автоматизовані робочі місця студентів (АРМ1-АРМ3) побудовані на основі персонального комп'ютера та промислового програмованого контролера ПЛК150-220.А-М виробництва російської компанії "ОВЕН". Вартість такого контролера ОВЕН разом з блоком живлення складає 3722 грн., що набагато менше вартості будь-якого контролера VIPA, що найчастіше застосовується в складі аналогічних лабораторій інших вузів.

Поєднання в комп'ютеризованому комплексі "Лабораторія" персональних комп'ютерів, промислових контролерів, модулів віддаленого введення-виведення сигналів, датчиків та виконавчих пристроїв лабораторних стендів призводить до утворення 3-рівневої лабораторної комп'ютеризованої системи.

Датчики, виконавчі механізми, лабораторні стенди, модулі та контролери утворюють нижчий рівень цієї системи. Комп'ютери АРМ студентів утворюють середній рівень, а комп'ютери робочих місць викладачів - верхній рівень. Для роботи зі стендами використовується програмне середовище для програмування ПЛК CoDeSys (утворюється від слів *Controllers Development System*). CoDeSys надає програмістові можливість програмування контролерів на мовах стандарту MEK 61131-3.

Таким чином, студенти в ході виконання будь-якої лабораторної роботи на комплексі "Лабораторія" безпосередньо взаємодіють з працюючою комп'ютеризованою системою, яка в своїй роботі використовує ті ж самі інформаційно-комунікаційні технології, що і будь-яка сучасна промислова система управління. Тобто комп'ютеризація лабораторії вже сама по собі забезпечує підвищення ефективності підготовки випускників кафедри за рахунок отримання ними практичного досвіду на закріплення навичок роботи на такому сучасному комп'ютерному обладнанні.

Отже, в якості аналога для розробки було обрано лабораторний стенд на основі мікроконтролера ОВЕН ПЛК150.

Основними недоліками аналога є висока вартість та мала функціональність. Також до недоліків можна віднести складність в роботі з мікроконтролером.

У магістерській роботі пропонується дану проблему вирішити використанням мікроконтролера VIPA 313-5BF13. Він є дешевшим та простішим у використанні.

Порівняємо запропонований варіант лабораторного стенда з лабораторним стендом аналога за такими показниками, як вартість, здатність до модифікації та надійність роботи.

У таблиці 1.1 наведені основні технічні показники аналога і нової розробки.

Таблиця 1.1 - Основні технічні показники аналога і нової розробки

| Показники | Аналог | Нова розробка | Відношення параметрів нової розробки до параметрів аналога |
|--|--------|---------------|--|
| Вартість, грн | 3000 | 2400 | 1/0,75 |
| Здатність до модифікації (% обладнання, що не потребує заміни) | 55 | 90 | 1/1,63 |
| Надійність (коефіцієнт готовності) | 0,80 | 0,85 | 1/1,06 |

Проаналізувавши дані із таблиці, зроблено висновок, що аналог має гірші показники порівняно з розроблюваним стендом і не задовольняє сьогоденні вимоги. Прогноз основних економічних показників і технічних

характеристик дозволяє зробити висновки, що нова розробка матиме кращі показники за аналог, що доводить її доцільність і своєчасність.

1.4 Розрахунки, які підтверджують економічну доцільність нової розробки

Задачею даної дипломної роботи є розробка апаратного забезпечення для автоматизованої системи управління хімічним реактором, яка буде виконувати керування лабораторним стендом хімічним реактором.

Необхідно, щоб розробка була економічно вигідною, із можливістю зміни або доповнення.

Нашу задачу можливо вирішити декількома способами.

Перший варіант рішення основної задачі – заснований на використанні мікроконтролера ПЛК ОВЕН150.

Другий варіант рішення – заснований на використанні мікроконтролера VIPA.

Оцінка економічної доцільності розробки проводиться шляхом співставлення питомих капітальних вкладень та питомих експлуатаційних витрат аналога та нової розробки.

Розрахуємо спрощеним способом капітальні вкладення K та експлуатаційні витрати E для аналогу та нової розробки.

Скористаємось методом питомої ваги.

Собівартість одиниці нової продукції та аналогу S можна спрогнозувати за формулою:

$$S = \frac{B_n \cdot K_H \cdot 100\%}{П\%}, \quad (1.1)$$

де B_n – величина однієї із статей прямих витрат, яка вибрана за основу, (вартість комплектуючих) грн.;

K_H – коефіцієнт, який враховує конструктивні та технологічні особливості нової розробки;

Π – питома вага цієї статті витрат в собівартості аналога.

$$S_1 = \frac{95904,36 \cdot 1 \cdot 100\%}{82,9\%} = 115686,80 \text{ (грн)}.$$

Величина капітальних вкладень може бути прогнозована за формулою:

$$K = B \cdot A \cdot S = B \cdot C \text{ (грн)}, \quad (1.2)$$

де B – коефіцієнт, який враховує витрати на розробку, придбання, транспортування, монтаж;

A – коефіцієнт який враховує прогнозований дохід, податки, які повинен сплатити виробник.

S – собівартість нової розробки, грн., яка визначається приблизним способом.

C – ціна аналогу 200000,00 грн.

Розрахуємо капітальні вкладення для аналогу та нової розробки:

$$K_{\text{ан}} = 1,5 \cdot 200000,00 = 300000,00 \text{ (грн)},$$

$$K_p = 1,5 \cdot 1,56 \cdot 115686,80 = 270707,11 \text{ (грн)}.$$

Спрогнозуємо величину експлуатаційних витрат.

Експлуатаційні витрати, які забезпечують безвідмовне функціонування в період експлуатації в найбільш спрощеному вигляді величина експлуатаційних витрат в розрахунку на один рік може бути прогнозована за формулою:

$$E = K \cdot C \cdot \beta = K \cdot A \cdot S \cdot \beta, \text{ грн./рік}. \quad (1.3)$$

де C – ціна реалізації нового пристрою, грн./шт.;

K -коефіцієнт, що враховує витрати на амортизацію, електроенергію тощо. $K=(0.2\div 0.4)$, оберемо $K=0,2$;

A – коефіцієнт, що враховує прогнозований прибуток, податки, тощо, $A=1.5\div 2.3$;

S -собівартість розробки, що оцінюється приблизним способом, грн.;

β - частка часу, що витрачає працівник на обслуговування виробу в загальному часі своєї роботи.

$$E_{\text{ан}} = 0,2 \cdot 200000,00 \cdot 0,24 = 6800,00 \text{ (грн/рік);}$$

$$E_{\text{р}} = 0,2 \cdot 1,56 \cdot 115686,80 \cdot 0,17 = 6136,02 \text{ (грн/рік.)}$$

Проведемо аналіз виходячи з даних занесених в таблицю 1.2

Таблиця 1.2 – Техніко-економічні показники аналогу та нової розробки

| Назва | Капітальні вкладення, грн | Експлуатаційні витрати, грн |
|----------------|---------------------------|-----------------------------|
| Аналог | 300000,00 | 6800,00 |
| Нова розробка | 270707,11 | 6136,02 |
| Співвідношення | $K_1 > K_2$ | $E_1 > E_2$ |

Ми отримаємо абсолютний ефект на капітальних вкладеннях і на експлуатаційних витратах:

$$K_{\text{еф } 1/2} = K_1 - K_2 \text{ грн.,} \quad (1.4)$$

$$E_{\text{еф } 1/2} = E_1 - E_2 \text{ грн./рік.} \quad (1.5)$$

$$K_{\text{еф } 1/2} = 300000 - 270707,11 = 29292,89 \text{ (грн),}$$

$$E_{\text{еф } 1/2} = 6800,00 - 6136,02 = 663,98 \text{ (грн/рік).}$$

Отже, нова розробка в порівнянні з аналогом є кращою.

На підставі вищевикладеного можна стверджувати, що нове технічне рішення, що пропонується для розробки, буде мати кращі технічні

показники, ніж існуючі, вирішить задачі щодо забезпечення лабораторними стендами навчальні заклади України.

Розроблювана система є більш ефективною в порівнянні з аналогом, тому її розробка та впровадження є актуальною.

1. 5 Висновки до розділу

Проведений огляд сучасних лабораторних установок показав, що за рубежом існують спеціалізовані фірми, що розробляють лабораторне обладнання для освітніх закладів, але придбання їх в комплексі за дороге для навчальних закладів України і неможливе за умов відсутності фінансування державою. Раціональним виходом з даної ситуації є придбання окремого обладнання і самостійна розробка на його основі необхідних стендів. В роботі проведено аналіз розроблених таким чином лабораторних установок, вибрано аналог, і на основі економічних розрахунків показано, що є доцільною розробка запропонованого в магістерській роботі лабораторного стенда.

2 АНАЛІЗ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ СТЕНДА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ХІМІЧНИМ РЕАКТОРОМ

2.1 Особливості сучасного етапу автоматизації технологічних процесів і виробництв

Ефективна автоматизація машин, приладів і технологічного устаткування, що є обов'язковою умовою прискорення науково-технічного прогресу, заснована на широкому застосуванні засобів мікропроцесорної техніки (МТ). Автоматизація з використанням мікропроцесорів (МП) і програмованих логічних контролерів (ПЛК) швидко поширюється в найрізноманітніших галузях народного господарства, охоплює нові сфери.

Характерно, що створення мікропроцесорних пристроїв і систем в більшій мірі стає функцією фахівців у конкретній предметній області, а не професійних програмістів і фахівців з обчислювальної техніки. Це викликає велику потребу в інженерних кадрах, що, крім своєї предметної області, додатково розбираються в мікропроцесорній техніці [1].

Як відомо, МТ складається з двох специфічних частин: апаратурних засобів (АС) і прикладного програмного забезпечення (ППО). При цьому, розглядаючи загальний процес проектування МТ, можна відзначити, що в більшості випадків частка загальної трудомісткості розробки ППО значно перевершує трудомісткість розробки АС. Зазначена обставина порозумівається тим, що розробка апаратурної частини МТ на базі типових мікропроцесорних БІС зводиться (найчастіше) до виконання стандартних операцій відповідно до рекомендацій, викладеними в технічній документації на використовувані інтегральної схеми. Зовсім по-іншому виглядає інженерна праця при розробці ППО. Проектна робота носить тут творчий характер, буває рішеннями, що мають "вольову" чи "смакову" фарбування, і рішеннями, продиктованими кон'юнктурними розуміннями. В силу перерахованих обставин саме при проектуванні ППО розроблювач

зіштовхується з найбільшою кількістю проблем і від того, як вони будуть вирішені, залежить успіх розробки МТ в цілому. Таким чином, дуже актуальним представляється орієнтація майбутніх інженерів на більш глибоке вивчення питань, зв'язаних саме з програмуванням МТ, зокрема мов програмування, засобів автоматизації програмування програмованих логічних контролерів (асемблерів, компіляторів з мов високого рівня, лінкерів і ін.), структурних особливостей мікропроцесорної елементної бази. Зважаючи на те, що лабораторії мікропроцесорної техніки кафедри КСУ ВНТУ не мають сучасних лабораторних стендів систем автоматизації на ПЛК, студенти не в змозі повною мірою засвоїти матеріал, що необхідний для ефективної роботи з контролерами та іншими засобами автоматизації (сенсорами, виконавчими механізмами, НМІ панелями) на виробництві. Отже постала проблема впровадження таких стендів для надання студентам не тільки теоретичних знань, але і практичних навичок з програмування сучасних систем управління технологічними об'єктами, в якості якого в магістерській роботі обрано хімічний реактор [1].

2.2 Розробка функціональної схеми автоматизації об'єкта управління

На сучасному етапі розвитку систем автоматизації доцільним завданням є розробка та впровадження у навчальних процес нових лабораторних установок, які побудовані на новітньому обладнанні та призначені для набуття теоретичних та практичних навичок студентами при вивченні відповідних дисциплін. Такі установки повинні мати просту та зрозумілу структуру, можливість самостійного підключення деяких елементів студентами, обладнання повинно розташовуватися так, щоб студенти візуально змогли оцінити принцип роботи установки. Поставлені вимоги зможуть певним чином допомогти студентам правильно застосувати свої теоретичні навички для виконання лабораторних робіт.

На сучасному ринку праці є нагальна потреба у фахівцях, які володіють знаннями у області програмування програмованих логічних контролерів (ПЛК) та у роботі з іншим периферійним обладнанням [26].

Для навчання таких фахівців необхідні практичні навички роботи із мікроконтролерами, різними типами давачів, реле та з іншим обладнанням, що використовується для автоматизації технологічних процесів. Для отримання практичних навичок у роботі із даними елементами можна використовувати навчальні лабораторні стенди.

При розробці навчальних стендів необхідно провести апаратне компонування та програмну реалізацію [27, 29].

Значна частина технологічних процесів як на виробництві, так і в побуті представляють собою об'єкти дискретної дії. Автоматизація лабораторного обладнання, що використовується для вивчення та дослідження даних об'єктів, можлива на основі керуючих приладів, що відносяться до пристроїв вбудованих систем управління [28]. Основними представниками даної категорії є промислові логічні контролери (ПЛК) та програмовані реле (ПР).

Характерними особливостями промислових логічних контролерів є велика кількість вхідних та вихідних каналів, наявність системної шини, блочна структура компонування, значні об'єми пам'яті [28].

Область використання ПЛК - управління складними технологічними процесами.

Лабораторний стенд, що розробляється, призначений для навчання студентів роботі із мікроконтролерами, давачами температури, давачами рівня клапанами, нагрівальними елементами (ТЕН), насосами та приводами. Лабораторний стенд повинен керувати певним технологічним процесом, у нашому випадку це процес контролю температури та рівня рідини у резервуарі (хімічний реактор).

У роботі системи має виконуватись обробка інформації, її аналіз та управління в залежності від отриманої інформації.

Лабораторний стенд складається із таких складових частин:

- реактор;
- зливна ємність.
- побутовий насос;
- давач рівня;
- нагрівач;
- давач температури
- привід-мішалка;
- клапани впускний і випускний.

Реактор керується контролером. Для навчальних цілей алгоритм роботи технологічного об'єкта управління можна словесно описати таким чином.

Вмикається побутовий насос 5, починає наповнюватися ємність реактора. Рівень контролюється сигналізатором 1. Після досягнення заданого рівня насос вимикається. Вмикається термоелектричний нагрівач (ТЕН) 7. Вмикається електродвигун 2 мішалки. Для підсилення сигналу керування електродвигуном застосовано електромагнітне реле 4. Температура води в реакторі контролюється датчиком 2. При досягненні заданої температури нагрівач вимикається. Мішалка продовжує працювати встановлений програмою час, а температура весь цей час підтримується на заданому рівні програмним регулятором. По закінченню встановленого часу електродвигун мішалки вимикається, регулювання температури припиняється, вода в реакторі повільно охолоджується до заданого рівня. Після охолодження води виконується опорожнення ємності реактора через клапан 6. Робота закінчена.

Відповідно до наведеного вербального алгоритму роботи хімічного реактора розроблена функціональна схема його автоматизації, представлена на рис. 2.1. Функціональна схема автоматизації є основним технічним документом, на підставі якого розробляється вся решта схем по автоматизації і складається специфікація на замовлення приладів та засобів автоматизації.

На схемі представлено основне і допоміжне устаткування, а також всі засоби автоматизації. Нумерація елементів схеми зроблена відповідно до наведеного вище словесного опису алгоритму управління.

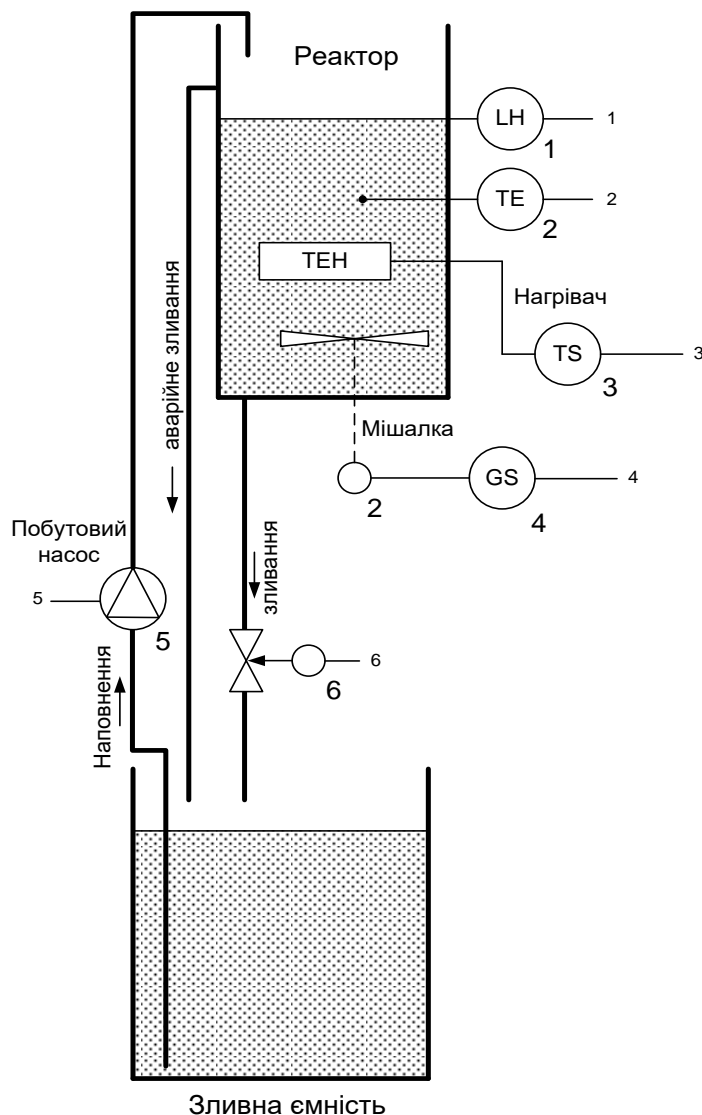


Рисунок 2.1 - Функціональна схема автоматизації реактора

2.3 Вибір обладнання лабораторної установки

Вибір ПЛК. Головним елементом автоматизованої системи управління є мікроконтролер VIPA 313-5BF13.

Серія ПЛК 300S базується на технології SPEED7, завдяки якій вона є однією з найшвидших і ефективних у застосуванні систем управління в

своєму класі. Програмування здійснюється за допомогою WinPLC та/або STEP7 компанії Siemens.

Контролери відрізняє не тільки їх високу швидкість. При необхідності їх швидкість реакції додатково може бути істотно збільшена з допомогою швидкісної системної шини SPEED-bus.

Завдяки унікальній технології управління пам'яттю, збільшення обсягу робочої пам'яті контролера може бути виконано шляхом використання спеціальних MMC-карт без заміни модуля CPU. Наша система захисту ноу-хау з розширеними функціональними можливостями дозволяє гарантовано захистити програму користувача від копіювання. Широкий набір вбудованих комунікаційних інтерфейсів, включаючи Ethernet, забезпечує легке і просте впровадження наших контролерів в різні мережеві структури [36].

На рисунку 2.2 зображено контролер VIPA 313-5BF13.



Рисунок 2.2 – Фронтальний вигляд контролера VIPA 313-5BF13

Основні його характеристики мікроконтролера VIPA 313-5BF13:

- технологія SPEED7;
- входи/виходи 24 x DI, 16 x DO, 4 x AI, 2 x AO, 1xAI Pt100;
- 128 kB робочої пам'яті;
- розширення пам'яті (макс. 512 kB);
- PtP інтерфейс;

Важлива особливість: для роботи модулів ЦПУ серії 300S не потрібні які-небудь додаткові карти пам'яті. При необхідності обсяг робочої пам'яті

залежно від моделі може бути розширений до 8 Мбайт за допомогою карт VIPA MCC (Memory Configuration Card). Крім того, всі модулі ЦПУ серії 300S мають вбудований порт Ethernet для PG / OP функцій зв'язку.

Модулі CPU класу Compact, також базуються на технології SPEED7, мають вбудовані канали введення-виведення і тому особливо добре підходять для бюджетних систем.

Найвища продуктивність, можливість нарощування обсягу пам'яті і широкі комунікаційні можливості дозволяють використовувати контролери System 300S для вирішення найрізноманітніших ресурсномістких завдань автоматизації.

Особливості VIPA System 300S:

1. висока швидкодія для будь-якої задачі:
 - вбудований процесор SPEED7 для забезпечення високої продуктивності;
 - системна шина SPEED-Bus для підключення швидкісних сигнальних модулів і комунікаційних процесорів.
2. гнучке управління пам'яттю і захист даних:
 - вбудована робоча пам'ять - робота без додаткової карти пам'яті;
 - гнучке розширення обсягу пам'яті з використанням карт MCC (Memory Configuration Card);
 - вбудоване ОЗУ з резервним живленням від акумулятора;
 - система захисту ноу-хау з розширеними функціональними можливостями.
3. розширені комунікаційні можливості і підтримка сучасних протоколів: вбудовані порти Ethernet, PROFIBUS DP, RS-485 і MPI; додатково: Profinet, CANopen, Interbus, ASCII, Modbus RTU, Modbus TCP, UDP, RFC1006, EtherCAT.
4. висока гнучкість при використанні і застосуванні:

- конструктивна сумісність з системою SIMATIC S7-300 фірми Siemens;
- можливість одночасного використання в ПЛК модулів VIPA і Siemens;
- можливість застосування у складі централізованих і розподілених систем управління;
- модульна конструкція;
- швидкі аналогові модулі: час перетворення 100 мкс для 4 каналів;
- швидкі дискретні модулі: час реакції каналів встановлюється в діапазоні від 2,65 мкс до 40 мс.

5. довгостроковий захист інвестицій:

- можливість підключення до ЦПУ до 32 модулів розширення в один ряд;
- великий запас по продуктивності і розширюваний обсяг пам'яті;
- гарантія 24 місяці;
- сертифікація в системі ГОСТ, метрологічний сертифікат, дозвіл Держтехнагляду.

У таблиці 2.1 наведена потрібна конфігурація ПЛК VIPA 313-5BF13.

Таблиця 2.1 – Конфігурація мікроконтролера VIPA 313-5BF13

| № | Найменування | Сервісний номер | Версія | Ціна, € |
|----|-------------------------------|-----------------|--------|---------|
| 1. | Мікроконтролер VIPA 313-5BF13 | VIPA 313-5BF13 | V360 | 724 |
| 2. | Блок живлення | VIPA 390-1AB60 | V360 | 159 |
| 3. | Аналоговий модуль (output) | 334-0KE00 | V360 | 205 |

Вибір датчика температури. Датчики температури застосовуються при контактному способі вимірювання температури поверхні, повітря або рідини. Датчики температури діляться на два великі класи: Датчик

температури як первинний елемент перетворення тепла в електричний сигнал. До цього класу належать термопари і термоопір [30,31]. Термопари і термоопір застосовують як джерело первинної інформації про температуру, що надходить на пристрої вимірювання (термометр), регулювання (температурний контролер, регулятор температури) або підтримки (термостат) температури; Датчики температури як електронний пристрій перетворює сигнал, від вбудованого терморезистора або термопари, в інформацію подану приладом в графічному (цифровий дисплей), аналоговому (струмовий вихід 4 ... 20 мА) або цифровому (Modbus) вигляді [31]. Інформація про температуру може використовуватися безпосередньо оператором або передаватися для цілей віддаленого моніторингу та підтримки температури. Найчастіше значення температури повітря важливо в поєднанні з даними про вологість. Такі датчики застосовуються як датчиків температури повітря. До цього класу належать і багатоточкові датчики температури (термопідвіски) для контролю температури великих обсягів різних продуктів, наприклад зерна в силосах.

Після аналізу різних типів давачів було обрано термоопір Pt100, оскільки він підходить до заданих температурних меж і є універсальним [31].

Конструктивно датчики термоопору являють собою котушку, що намотана дуже тонким (0,05 або 0,063) мідним або платиновим дротом. Котушка поміщається всередину запаяної з одного боку металевої гільзи загерметизованою або залитою, що має електричний опір більше 10 МОм. Виходи котушки з'єднані з клемми, розташованими в головці датчика. Сукупність котушки, гільзи і клем називається чутливим елементом. Все інше - корпусом або головкою датчика.

Підключення термодатчика може здійснюватись по одній із трьох схем – 2-х провідній, 3-х провідній і 4-х провідній (рис. 2.3).

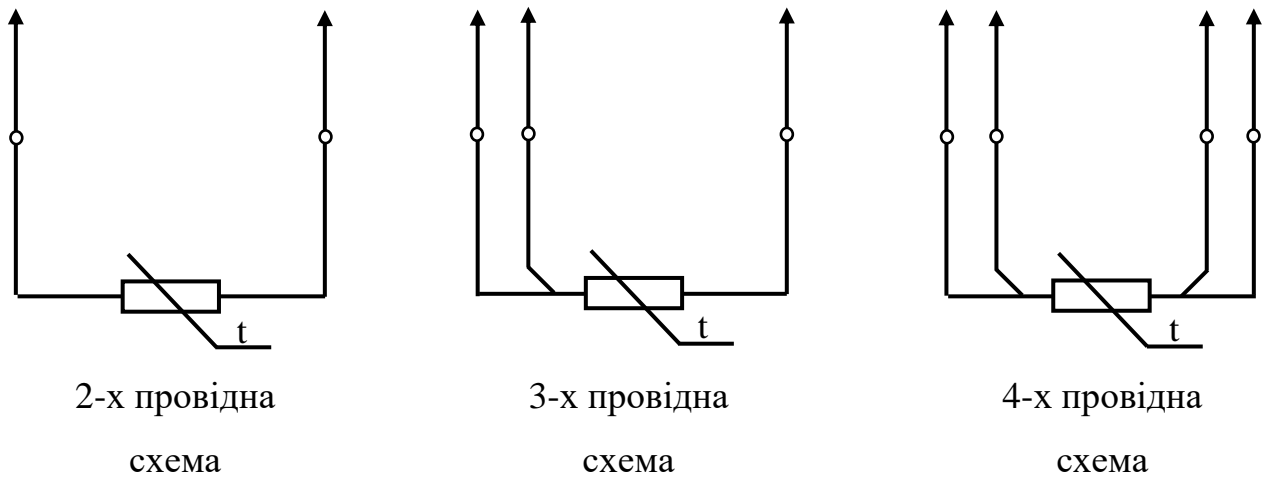


Рисунок 2.9 – Схеми підключення термоопору

З метою зменшення похибки, яку вносять провідники підключення термоопору в 2-х провідній схемі, в основному використовують трьох провідну схему підключення. Якраз за цією схемою підключають датчики термоопору до контролерів Siemens серії S7-300, S7-400, S7-1200 та інших, а також до входів ПЛК інших виробників. 4-х провідна схема використовується в основному при підключенні сенсорів термоопору до приладів комерційного і технічного обліку споживання енергоресурсів, де важливо максимально точне вимірювання температури. Чотирьохпровідна схема дозволяє здійснити повну компенсацію опору з'єднувальних провідників і дає найбільшу точність вимірювань. Конструктивно сенсори термоопору найчастіше мають чотири клеми для підключення сполучних проводів, широко поширені і датчики з трьома клемами. Датчики з двома клемами як правило мають з'єднувальні провідники фіксованої довжини заводського виготовлення, за допомогою яких датчик приєднується до входів вимірювального приладу.

Вибір датчика рівня. Датчики рівня - первинний польовий прилад в системах автоматизації. Існує безліч датчиків рівня, що вимірюють різні фізичні величини. Спочатку в часи становлення промислової автоматики найбільш доступним було вимірювання рівня рідини. Датчики рівня щодо

застосування для різних речовин діляться на датчики рівня для рідини і датчики рівня для сипучих матеріалів. За функціональністю розрізняють сигналізатори рівня (контролюють досягнення рівня в конкретній точці) і рівнеміри або перетворювачі рівня, здійснюють безперервний моніторинг за рівнем.

З огляду на особливості вибраного технологічного об'єкта управління, в роботі для сигналізації рівня вибрано датчик Lovato LVM20. Кондуктивне реле (давач) рівня Lovato LVM20 зображений на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Кондуктивне реле (давач) рівня Lovato LVM20

LVM20-реле контролю для струмопровідної рідини, яке забезпечує контроль за рівнем рідини в резервуарі за допомогою електродів мінімального і максимального рівня відповідно MIN і MAX [34].

Даний давач має наступні особливості: призначений тільки для струмопровідної рідини; має три електроди визначення рівня (COM, MIN, MAX); діапазон регулювання чутливості 2,5...50кОм; зелений індикатор стану включення; червоний індикатор спрацювання вихідного реле; вхід електродів захищений варисторами.

До основних переваг даного реле можна віднести: нечутливий до турбулентності; простота і міцність конструкції; рухомі механічні частини відсутні, що значно збільшує строк роботи; технологічним процесом допускається висока температура та тиск; простота в обслуговування і налаштуванні.

До основних недоліків слід віднести непридатність для роботи з неструмопровідними речовинами.

Вибір клапана зливу продукту. В якості клапану для зливання рідини було обрано електромагнітний нормально замкнутий 2-ходовий клапан Jaks, що зображений на рисунку 2.18 [35].



Рисунок 2.5 – Клапан випуску рідини типу Jaks

Клапан повинен підключатись до дискретного виходу ПЛК VIPA через проміжне електромагнітне реле, оскільки величина струму його включення перевищує струмову здатність виходу контролера. Передбачена також можливість керувати клапаном сигналом з давача рівня через проміжне реле.

2.4 Розробка структурної схеми системи управління реактором

Як зазначалось в розділі 1, лабораторний стенд управління хімічним реактором побудований на основі промислових контролерів.

Контролер призначений для:

- вимірювання фізичних параметрів, значення яких датчиками може бути перетворене в напругу постійного струму, уніфікований електричний сигнал постійного струму або активний опір;
- вимірювання аналогових сигналів струму або напруги;
- вимірювання дискретних вхідних сигналів;

- керування дискретними (релейними) виходами;
- керування аналоговими виходами;
- прийом і передачу даних;
- виконання користувальницької програми з аналізу результатів виміру та керування дискретними входами й виходами.

На рис. 2.6 наведена структурна схема лабораторного стенду.

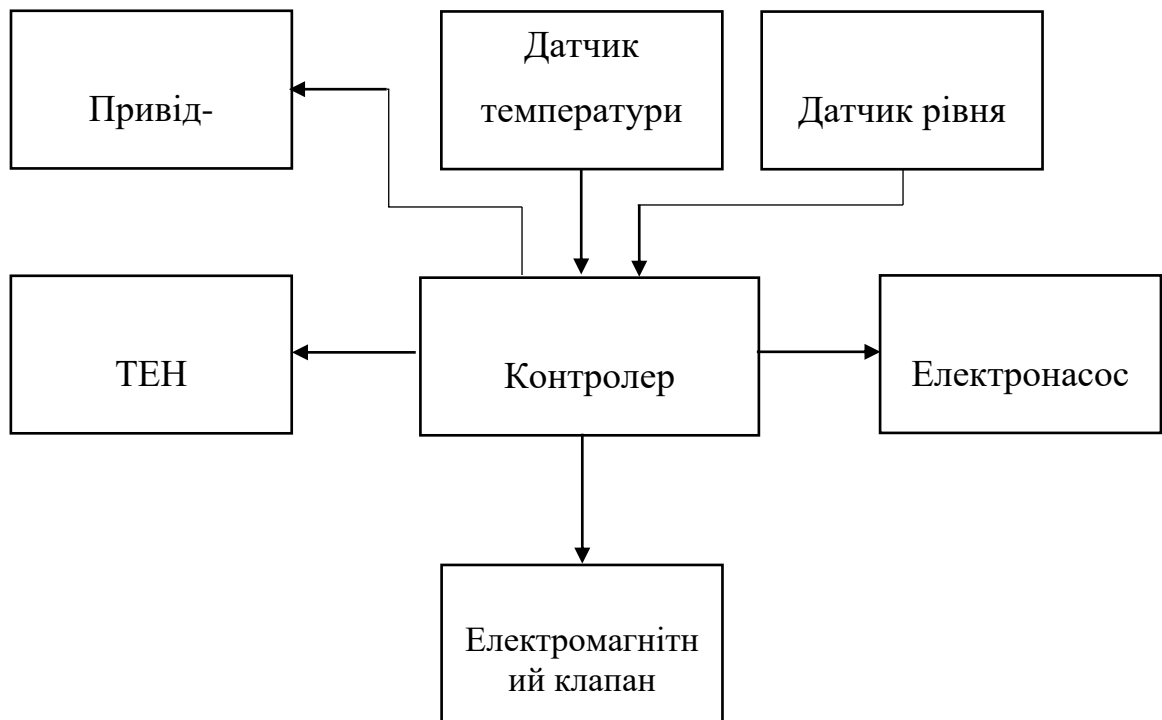


Рисунок 2.6 - Структурна схема лабораторної установки

2.5 Висновки до розділу

У даному розділі було розроблено функціональну схему автоматизації хімічного реактора, проведено огляд і вибір апаратного забезпечення, описано його технічні характеристики.

Також розроблено структурну схему автоматизованої системи управління технологічним об'єктом та описано функції кожної із складових частин схеми.

3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

3.1 Вибір програмної платформи

Мікроконтролер VIPA 313-5BF13 може програмувати у трьох середовищах: в двох середовищах Siemens – TIA Portal і Step 7, а також в середовищі VIPA Win PLC7.

Середовище TIA Portal призначене для вирішення глобальних проектів по автоматизації великих підприємств, тому вартість ліцензійного пакету на TIA Portal є досить великою. Середовище Win PLC7 має можливість працювати у DEMO-режимі безкоштовно, при необхідності є можливість придбати повну версію пакету, вартість є значно нижчою ніж у попереднього програмного засобу, через це нами було обрано Win PLC7 та Step 7 [38-41].

Програмний пакет WinPLC7 призначений для конфігурування, програмування, відлагодження програм і діагностики контролерів VIPA всіх серій. Має зручний інтерфейс для всіх етапів роботи. Даний пакет дозволяє забезпечувати зв'язок користувача із всіма ПЛК фірми VIPA [36].

WinPLC7 містить всі необхідні інструменти для створення проекту: конфігуратор обладнання, що використовується, символічний редактор, конфігуратор мережі PROFIBUS DP, редактор програм, емулятор контролера.

Для програмування систем автоматизації в рамках пакету WinPLC7 можуть бути використані три мови: STL (Statement List) - список інструкцій, LAD (Ladder Diagram) - мова релейно-контактних схем і FBD (Function Block Diagram) - мова функціональних блоків.

На рисунку 3.1 зображений інтерфейс програмного середовища VIPA Win PLC7.

WinPLC7 дозволяє імпортувати/експортувати проекти для контролерів Simatic S7-300 компанії Siemens, зберігати резервну копію програм і даних на карту MMC, а також виконувати програмну емуляцію роботи контролера.

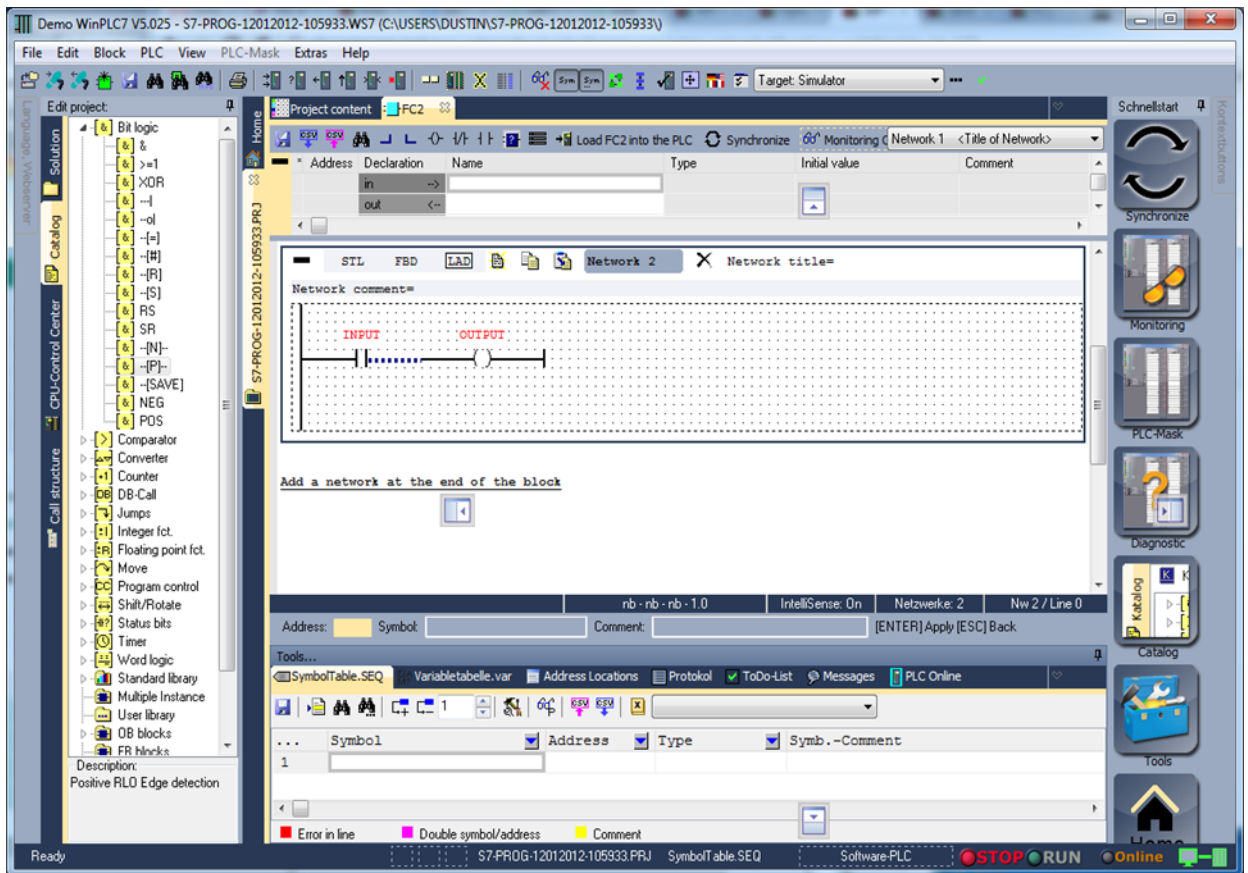


Рисунок 3.1 – Графічний інтерфейс програмного середовища
VIPAWinPLC7 5.0

WinPLC7 дозволяє імпортувати/експортувати проекти для контролерів Simatic S7-300 компанії Siemens, зберігати резервну копію програм і даних на карту MMC, а також виконувати програмну емуляцію роботи контролера.

Програмний пакет WinPLC7 має декілька інтерфейсів:

- Vira OPC;
- Vira NCS;
- Vira CoCT.

Vira OPC - стандартний інтерфейс для забезпечення зв'язку між контролерами і програмним забезпеченням різних виробників, заснований на технології OPC Data Access V1.0 і V2.0. Підтримка протоколів MPI, TCP/IP і

RFC1006. Протокол передачі MPI організовується через COM-порт за допомогою MPI-адаптера. Для протоколів TCP/IP і RFC1006 необхідна мережева карта для мережі Ethernet. Проект створюється в OPC-Editor або в OPC-Client. OP-сервер працює з найбільш відомими для користувача OPC-клієнтами - системами візуалізації: Progea, WinCC, FIX, Zenon, InTouch, Citect, TraceMode та інші [41].

Vipa NCS - інтерфейс для параметризації і конфігурації мереж ProfibusDP і Ethernet використовуючи контролери VIPA та комунікаційні процесори модулі. Є функції тестування і діагностики системи на базі контролерів VIPA через стандартний web-клієнт. За допомогою програмного забезпечення можливо імпортувати GSD-файли від VIPA і GSD-файли від інших виробників для конфігурації мереж.

Vipa CoST - інтерфейс для параметризації і конфігурації мережі CAN з використанням контролерів VIPA і контролерів інших виробників. Зручний, зрозумілий графічний інтерфейс. Налаштування швидкості передачі даних по мережі (До 1 Мбіт / с).

Інтерфейс конфігурування обладнання Hardware configurator Win PLC7.

Конфігуратор Hardware configurator Win PLC7 призначений для компонування обладнання VIPA та Siemens S7-300:

- VIPA System 100V;
- VIPA System 200V;
- Siemens S7-300/VIPA System 300V;
- VIPA SPEED7;
- VIPA SLIO;
- Периферійне обладнання.

В даному інтерфейсі також проводять мережеве з'єднання між елементами системи за допомогою таких інтерфейсів:

- PROFIBUS;
- Ethernet;
- Fieldbus.

На рисунку 3.2 зображений інтерфейс Hardware configurator Win PLC7.

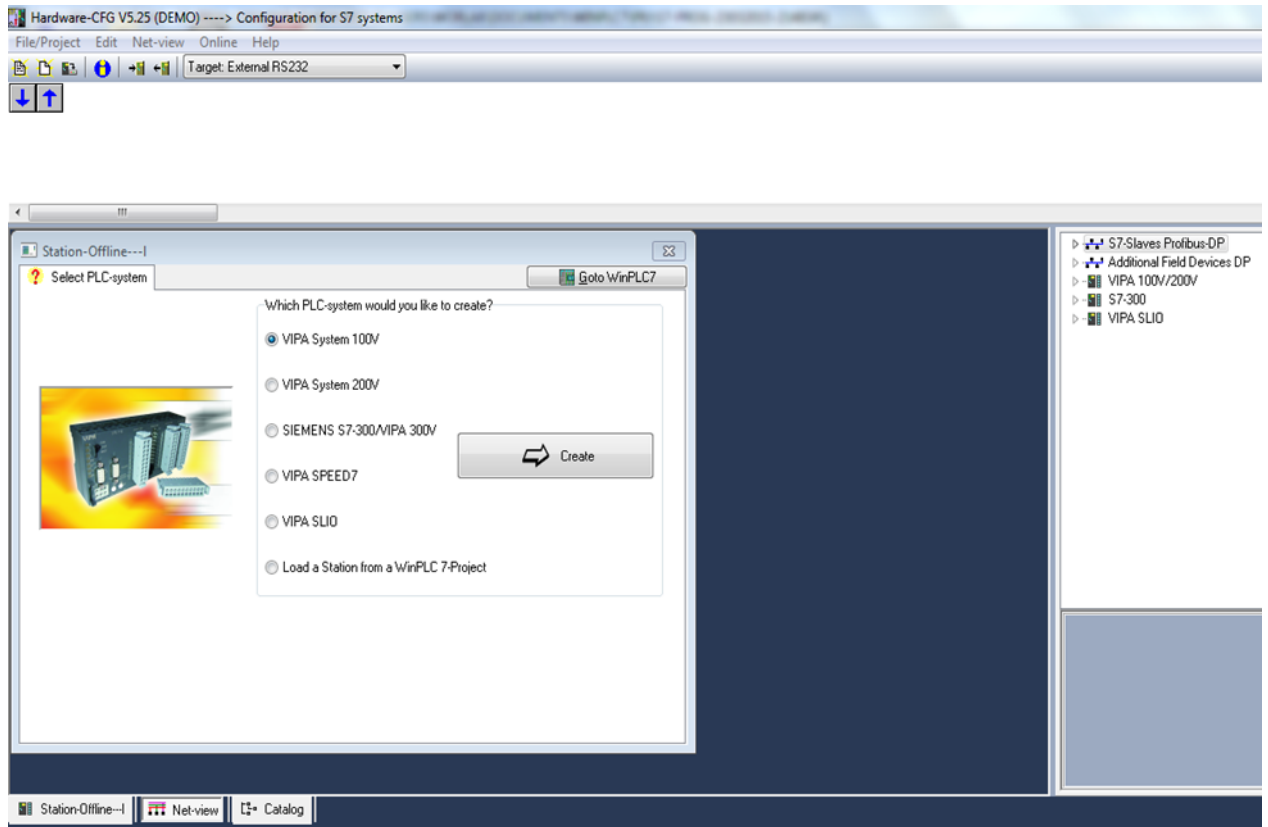


Рисунок 3.2 - Інтерфейс Hardware configurator Win PLC7

Інтерфейс діагностики мікроконтролера призначений для моніторингу та перевірки стану системи.

Даний пакет дозволяє виконувати наступні функції:

- отримувати та оцінювати загальну інформацію про мікроконтролер (кількість входів-виходів, обсяг використаних таймерів, лічильників, компараторів та інших елементів);
- аналізувати та проводити моніторинг підключеного до мікроконтролера обладнання через промислові мережі;
- отримувати інформацію про зайняту пам'ять, а також здійснювати стискання даних для збільшення обсягу пам'яті;
- здійснювати діагностику через отримані повідомлення про стан мікроконтролера у різний час, які зберігаються у текстовому файлі;

- аналізувати кількість завантажених програмних блоків та функцій;
- оцінювати час виконання циклу програми.

На рис. 3.3 зображений інтерфейс діагностики роботи програмованого логічного контролера.

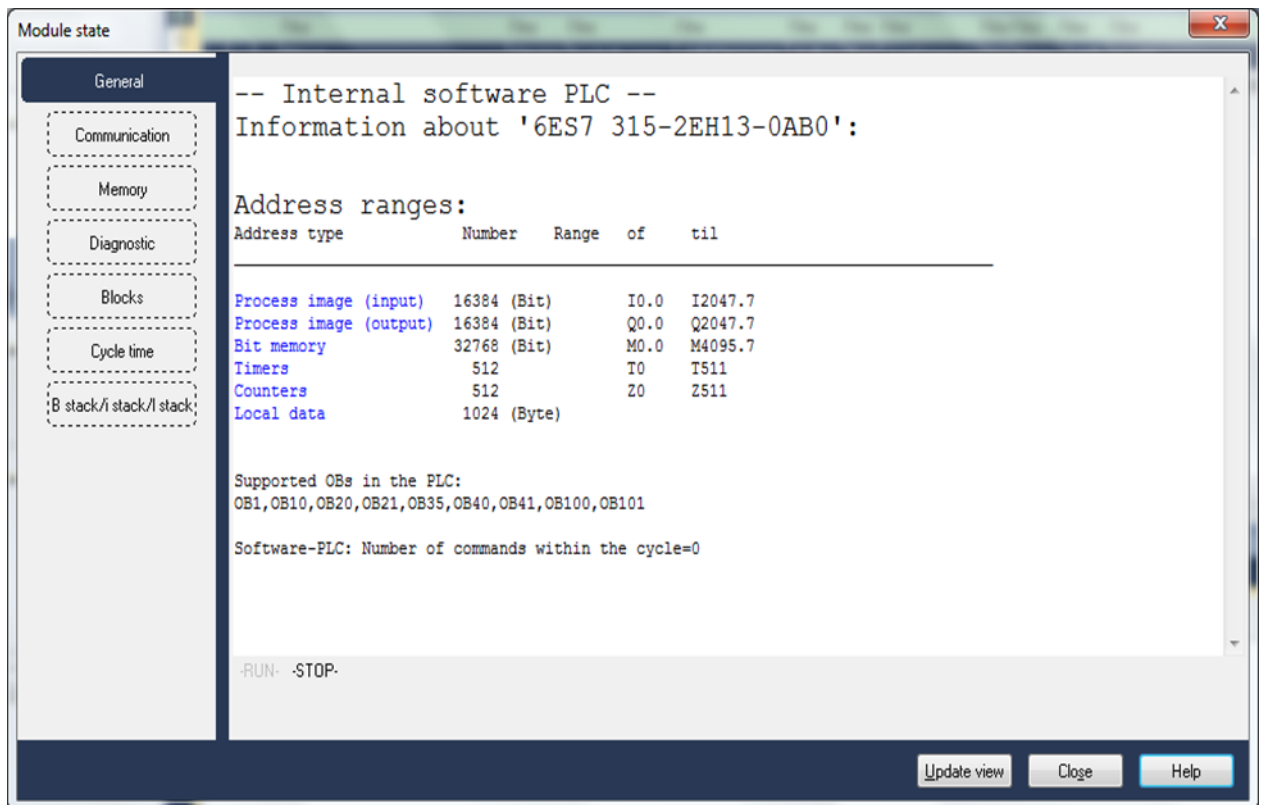


Рисунок 3.3 - Інтерфейс діагностики роботи контролера

Інтерфейс для симуляції виходів та входів мікроконтролера призначений для симуляції аналогових та цифрових виходів мікроконтролера. Цей інструмент дозволяє тестувати створену програму та виявляти помилки чи невідповідність роботи програми побудованому раніше алгоритму.

На рисунку 3.4 зображено інтерфейс симуляції входів/виходів мікроконтролера.

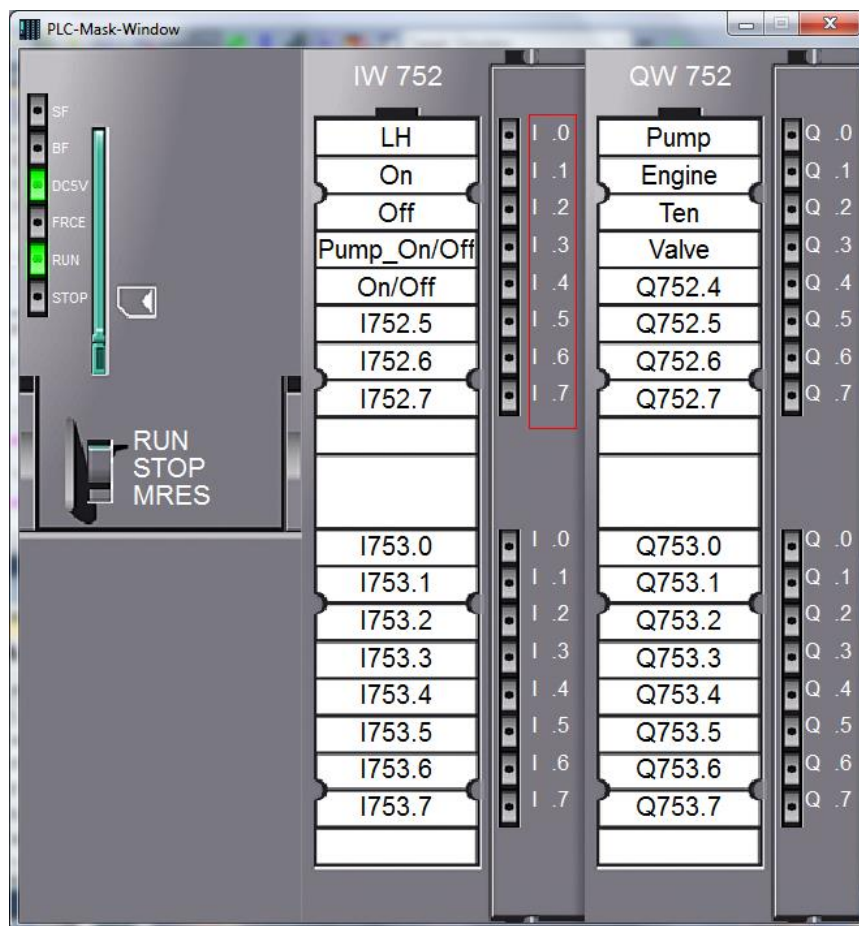


Рисунок 3.4 – Симулятор входів-виходів мікроконтролера

3.2 Конфігурування обладнання в середовищі Win PLC7

При аналізі об'єкта дослідження, було визначено обладнання, яке необхідно для реалізації поставленого завдання.

Керуючим засобом був обраний мікроконтролер VIPA 313-5BF13. На рис. 3.5 зображена конфігурація ПЛК, в яку входять такі основні елементи: блок живлення PS307, інтерфейсний модуль IM360. Також на рисунку 3.5 зображуються стандартні модулі, якими устатковується контролер, а також їхня адресація у пам'яті контролера.

| Slot | Module | Order No. | MPI address | I address | Q address |
|-------|------------------|---------------------|-------------|-----------|-----------|
| 1 | PS 307 10A | 6ES7 307-1KA00-0AA0 | | | |
| 2 | CPU 313SC SPEED7 | 6ES7 313-5BF13-0AB0 | 2 | | |
| - 2.2 | DI/DO | | | 124 - 126 | 124 - 125 |
| - 2.3 | AI/AO | | | 752 - 761 | 752 - 755 |
| - 2.4 | Count | | | 768 - 783 | 768 - 783 |
| 3 | IM 360 | 6ES7 360-3AA01-0AA0 | | 2000 | |
| 4 | SM334 AI4/AO2 | 6ES7 334-0KE00-0AB0 | | 256-263 | 256-259 |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |

Рисунок 3.5 – Конфігурація мікроконтролера VIPA 313-5BF13

В роботі розроблено схему електричних з'єднань, яка дозволяє підключити всі елементи лабораторного стенду до програмованого логічного контролера і його модулів.

3.3 Опис функцій програмного забезпечення лабораторної установки

Розроблювана система управління хімічним реактором повинна реалізувати наступні функції:

- дотримання встановленої температури у резервуарі;
- можливість зміни меж необхідної температури;
- аварійне відключення, у разі виникнення збою;
- дотримання рівня рідини у резервуарі;
- рівномірне охолодження і нагрівання рідини;
- можливість зливання та накачування рідини у резервуар.

Дотримання температури буде виконуватись за допомогою контролера, а нагрівання – за допомогою нагрівача (ТЕНа). У програмному забезпечення повинна бути передбачена функція вводу температурних меж. У разі надмірного нагрівання рідини чи неправильної роботи системи повинно відбутись аварійне відключення. Аварійне відключення повинно бути передбачено програмно, а також і за допомогою ручного режиму (вимикачем).

Дотримання рівня у резервуарі буде забезпечуватись давачем рівня. В залежності від даних від давача, контролер буде керувати насосом.

Рівномірне охолодження чи нагрівання буде забезпечуватись при використанні привода-мішалки, яка буде рівномірно розподіляти по резервуарі рідину.

Зливання рідини буде забезпечуватись за допомогою відкриття електромагнітного клапана, який керується сигналом із мікроконтролера.

3.4 Розробка алгоритму роботи системи

Роботу системи можна поділити на такі основні етапи:

- наповнення резервуара;
- нагрівання рідини;
- дотримання температури;
- зливання рідини.

Більш детально алгоритм роботи системи управління описаний словесно в розділі 2.2. Згідно вибраної програмного середовища проектування систем автоматизації, реалізувати алгоритм можна на одній із стандартних мов програмування ПЛК. В роботі для програмування вибрана мова релейно-контактних схем LAD, яка є зручною для інженерів в області електротехніки і автоматизації.

На рис. 3.6 представлено алгоритм роботи системи.

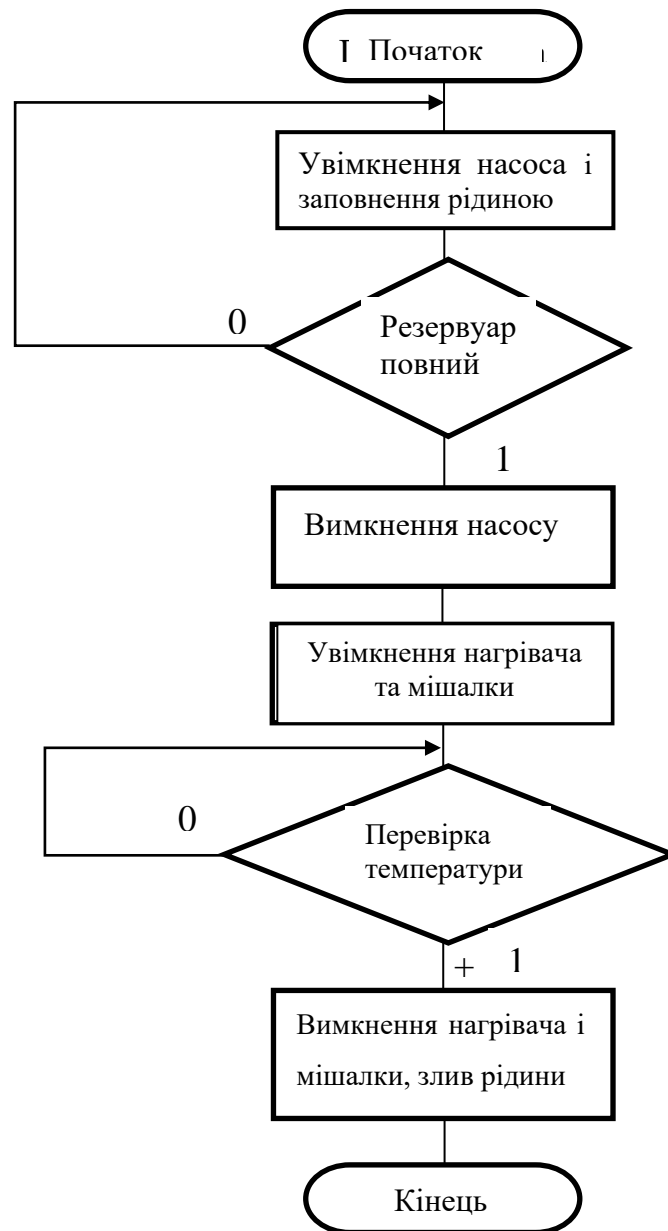


Рисунок 3.6 – Схема програми роботи системи управління

3.5 Розробка програмного забезпечення

Розроблене програмне забезпечення складається із наступних складових частин:

- Головний блок OB1 [45];
- Функція FC1 [46-47] ;
- База даних DB1;
- Таблиця тегів програми SYMBOLTABLE.SEQ;

- Таблиця змінних VARIABLES.VAR.

На рис. 3.7 наведені складові частини проекту та їх властивості.

| Object | Version | Symbolic name | Initial language | Author | Plam | Load memory | DI? | Name | Family | Header | Code | Comment |
|-----------------|---------|-----------------|------------------|--------|------|-------------|-----|------|--------|--------------------------|-------------------|----------------------|
| OB1 | 1.0 | | STL-FBD-LAD | nb | 160 | 240 | - | nb | nb | 2015-3-23 21:07:57(24) | 2015-3-23 21:07 | NAME:nb |
| FC1 | 1.0 | | STL-FBD-LAD | mh | 72 | 126 | - | nb | nb | 2015-3-23 18:53:48(76) | 2015-3-23 20:00 | TITLE= <Title of FC> |
| DB1 | 1.0 | | STL-FBD-LAD | nb | 46 | 108 | No | nb | nb | 2015-3-23 19:53:14(00) | 2015-3-23 20:00 | NAME:nb |
| SYMBOLTABLE.SEQ | | Symbolic table | - | | | | | | | | | |
| VARIABLES.VAR | | Status-Variable | - | | | | | | | | | |

Рисунок 3.7 – Таблиця тегів елементів проекту

Для написання програми необхідно визначити стартові межі адресації цифрових та аналогових входів та виходів. При конфігурації було обрано такі межі [36]:

Для аналогових сигналів:

- Входи - 124-126;
- Виходи – 124-125.

Для цифрових сигналів:

- Входи - 752-761;
- Виходи – 752-755.

| ... | Symbol | Address | Type | Symb.-Comment |
|-----|-------------|---------|------|---------------|
| 2 | Pump_On/Off | I 752.3 | BOOL | |
| 3 | Off | I 752.2 | BOOL | |
| 4 | LH | I 752.0 | BOOL | Height_Level |
| 5 | On/Off | I 752.4 | BOOL | Switch_On/Off |
| 6 | Pump | Q 752.0 | BOOL | Pump |
| 7 | Engine | Q 752.1 | BOOL | Engine |
| 8 | Ten | Q 752.2 | BOOL | Ten |
| 9 | Valve | Q 752.3 | BOOL | |
| 10 | Sensor_temp | PIW 256 | INT | |

Рисунок 3.8 - Таблиця тегів SYMBOLTABLE.SEQ

Згідно обраних меж адресації, було створено теги змінних програми, які були занесені у таблицю тегів SYMBOLTABLE.SEQ, що зображені на рисунку 3.8.

Для перетворення аналогового сигналу із давача температури Sensor_temp в цифровий вид, було створено ряд проміжних тегів із адресацією MD10, MD14, MD18 [49].

Підпрограма для перетворення значення аналогового сигналу [36-40] записана в програмному блоці FC1. У блоці бази даних DB1 задані температурні межі, до якої повинна бути нагріта рідина, а також довільне значення аналогового сигналу, для тестування програми [36]. Дані межі зображенні на рисунку 3.9.

Лістинг програми наведений у Додатку Б.

| Address | Variable | Actual value |
|---------|----------|--------------|
| 0.0 | TEMP | 10000 |
| 2.0 | Max_temp | 5.000000e+01 |
| 6.0 | Min_temp | 4.500000e+01 |

Рисунок 3.9 – Температурні межі в базі даних DB1

3.6 Тестування розробленого програмного забезпечення

Для тестування програми необхідно замість реального сигналу із давача температури ввести довільне значення у рамках від 0 до 27648, для перевірки правильності. На рис. 3.10 наведено результат тесту нормалізації аналогового сигналу [54-56].

Тестування основної (main) програми, записаної в організаційному блоці OB1, проведено для всіх її віток, результати тестування підтвердили адекватність написаної програми [57]. На рисунку 3.11 показані результати тестування декількох основних віток програми, які також підтверджують адекватність розробленого програмного забезпечення.

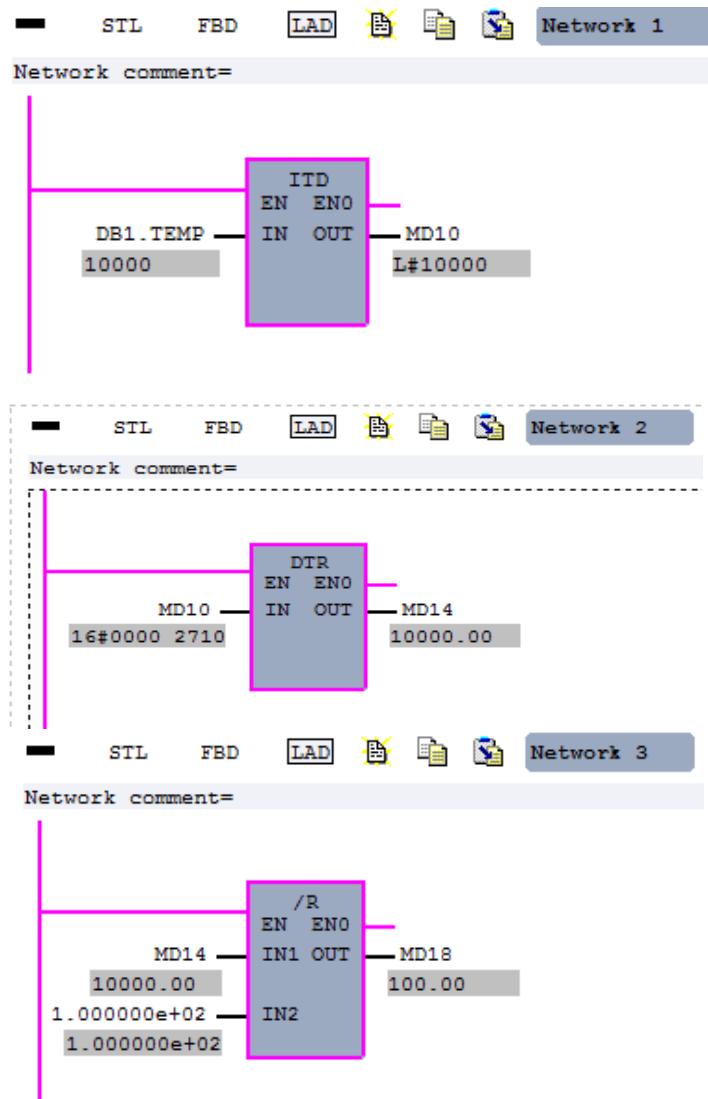
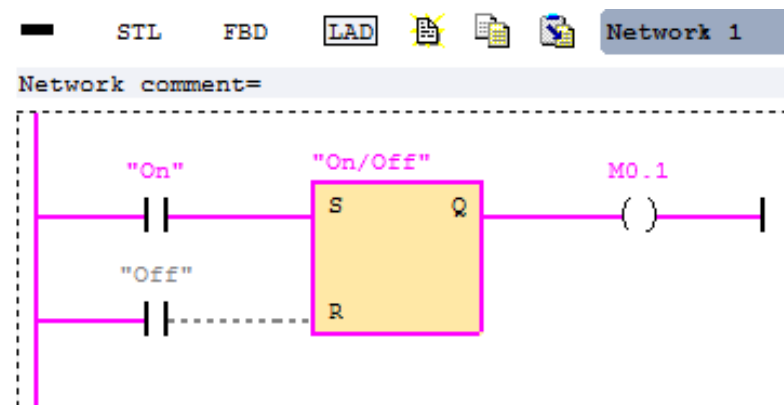


Рисунок 3.10 – Тестування підпрограми нормалізації аналогового сигналу



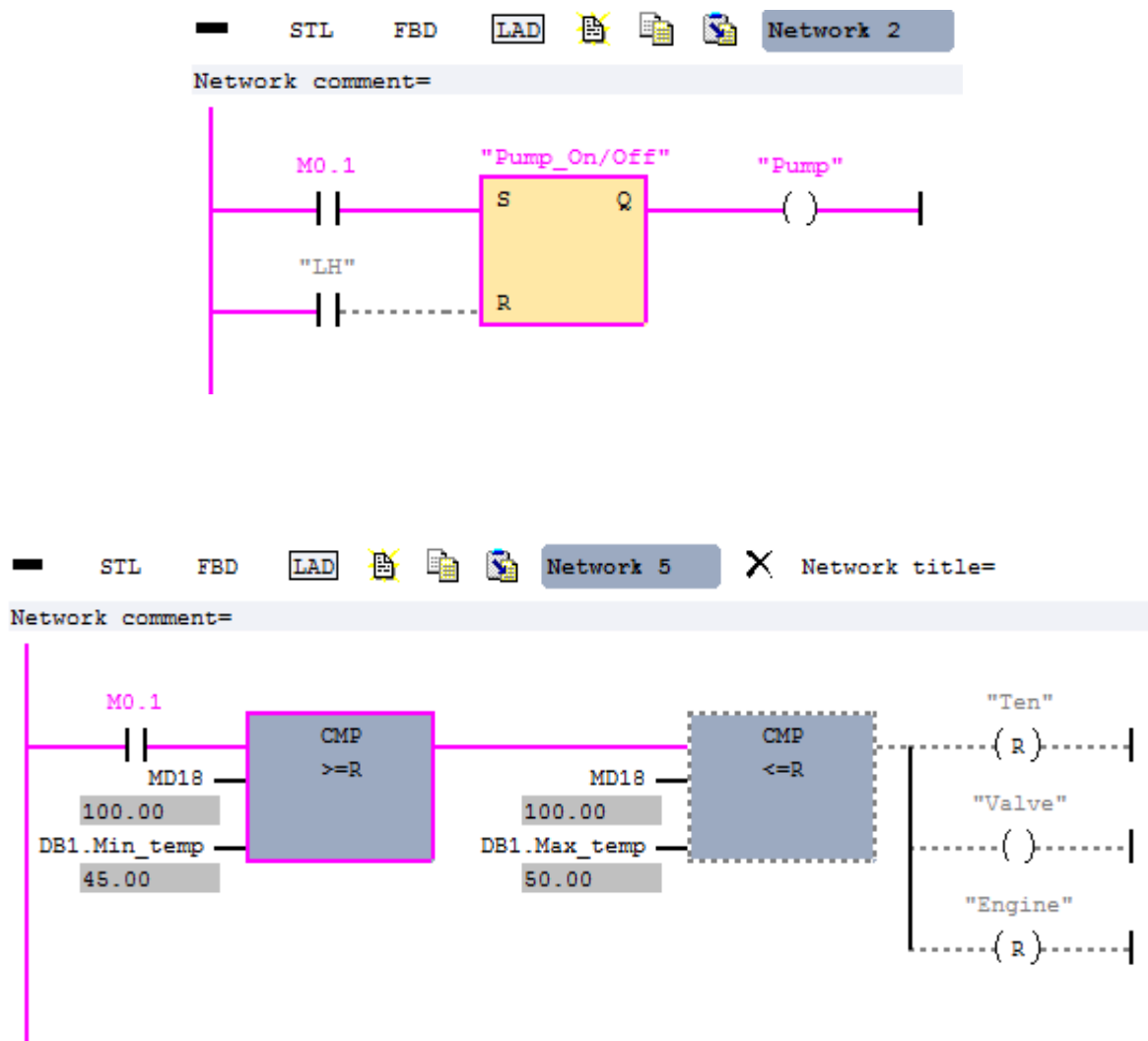


Рисунок 3.11 - Тестування блоку програми main

3.7 Висновки до розділу

У даному розділі було програмне середовище проектування систем автоматизації WinPLC7 5.0, розроблене німецькою фірмою VIPA для програмування контролерів власного виробництва, а також вибрана мова програмування LAD. В даному середовищі проведена конфігурація обладнання лабораторного стенду системи управління реактором, розроблено алгоритм роботи системи і створено програмне забезпечення для реалізації даного алгоритму. Тестування програм на стимуляторі середовища підтвердило їх адекватну роботу.

4 РОЗРАХУНОК ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ

4.1 Розрахунок сигналу з датчика температури Pt100

Для того, щоб перетворити залежну від температури зміну опору Pt100 в напругу, використовується аналоговий вихід як джерело постійного струму. Вихід живить датчик Pt100 постійним струмом 12.5mA. За допомогою цього ланцюга генерується лінійна вхідна напруга 1mV /°C. Модуль мікроконтролера перетворює дану напругу в цифрове значення, яке циклічно читається програмою [29].

Програма обчислює температуру [°C], використовуючи наступну формулу:

$$T[°C] = \frac{t_e}{100}, \quad (4.1)$$

де t_e - прочитане і оцифроване аналоговим модулем аналогове значення вимірюваної температури, яке зберігається в комірці пам'яті ($x = 0,4,8$);

Програма обчислює значення до першої десяткової коми і записує результат в вбудовану змінну Temperature_Real: " Температура у ємності = xxx.x °C". У сегменті ініціалізації програми користувач може ввести верхній і нижній межі температури.

Використаний в даному випадку термоопір Pt100 відповідає DIN IEC 751, і призначений для застосування в діапазоні від -200 до +100 °C, температурна характеристика Pt100 показана на рисунку 4.1 не є повністю лінійною. Вона відрізняється від прямої лінії і відхиляється більше всього на кордонах температурного діапазону [31,32]. Весь температурний діапазон був поділений на 30 сегментів по 10 °C кожен і було взято середнє значення відхилення для сегмента. В результаті отримано 30 значень відхилення, які могли бути використані в програмі для лінеаризації в якості компенсаційних значень для відповідного температурного діапазону.

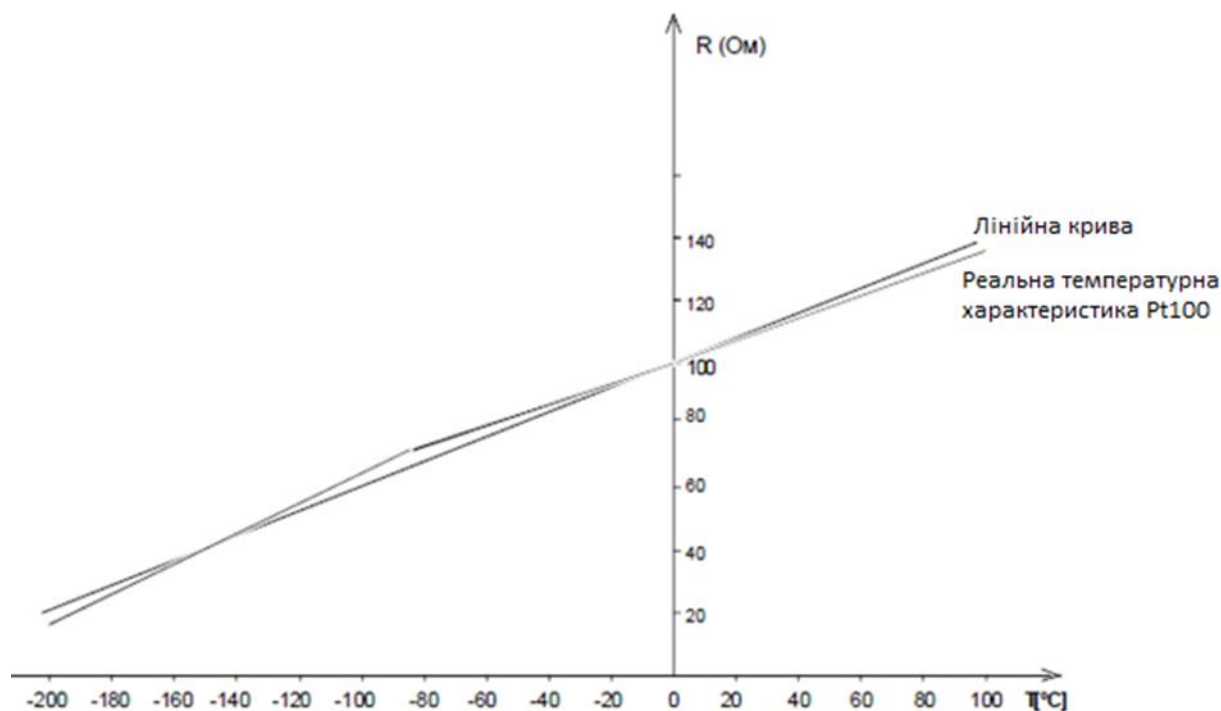


Рисунок 4.1 - Температурна характеристика термоопору Pt100

Оскільки зміна опору на 0.4 Ом відповідає зміні температури на 1 °С, компенсаційне значення перетворено в °С і безпосередньо додано до значення температури, розрахованої програмою.

У таблиці 4.1 наведені стандартизовані значення опорів при зміні температури.

Таблиця 4.1 - Стандартизовані значення опорів при зміні температури

| °C | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | °C |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| -200 | 18.52 | | | | | | | | | | -200 |
| -190 | 22.83 | 22.40 | 21.97 | 21.54 | 21.11 | 20.68 | 20.25 | 19.82 | 19.38 | 18.95 | -190 |
| -180 | 27.10 | 26.67 | 26.24 | 25.82 | 25.39 | 24.97 | 24.54 | 24.11 | 23.68 | 23.25 | -180 |
| -170 | 31.34 | 30.91 | 30.49 | 30.07 | 29.64 | 29.22 | 28.80 | 28.37 | 27.95 | 27.52 | -170 |
| -160 | 35.54 | 35.12 | 34.70 | 34.28 | 33.86 | 33.44 | 33.02 | 32.60 | 32.18 | 31.76 | -160 |
| -150 | 39.72 | 39.31 | 38.89 | 38.47 | 38.05 | 37.64 | 37.22 | 36.80 | 36.38 | 35.96 | -150 |
| -140 | 43.88 | 43.46 | 43.05 | 42.63 | 42.22 | 41.80 | 41.39 | 40.97 | 40.56 | 40.14 | -140 |
| -130 | 48.00 | 47.59 | 47.18 | 46.77 | 46.36 | 45.94 | 45.53 | 45.12 | 44.70 | 44.29 | -130 |
| -120 | 52.11 | 51.70 | 51.29 | 50.88 | 50.47 | 50.06 | 49.65 | 49.24 | 48.83 | 48.42 | -120 |
| -110 | 56.19 | 55.79 | 55.38 | 54.97 | 54.56 | 54.15 | 53.75 | 53.34 | 52.93 | 52.52 | -110 |
| -100 | 60.26 | 59.85 | 59.44 | 59.04 | 58.63 | 58.23 | 57.82 | 57.41 | 57.01 | 56.60 | -100 |
| -90 | 64.30 | 63.90 | 63.49 | 63.09 | 62.68 | 62.28 | 61.88 | 61.47 | 61.07 | 60.66 | -90 |
| -80 | 68.33 | 67.92 | 67.52 | 67.12 | 66.72 | 66.31 | 65.91 | 65.51 | 65.11 | 64.70 | -80 |
| -70 | 72.33 | 71.93 | 71.53 | 71.13 | 70.73 | 70.33 | 69.93 | 69.53 | 69.13 | 68.73 | -70 |
| -60 | 76.33 | 75.93 | 75.53 | 75.13 | 74.73 | 74.33 | 73.93 | 73.53 | 73.13 | 72.73 | -60 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| -50 | 80.31 | 79.91 | 79.51 | 79.11 | 78.72 | 78.32 | 77.92 | 77.52 | 77.12 | 76.73 | -50 |
| -40 | 84.27 | 83.87 | 83.48 | 83.08 | 82.69 | 82.29 | 81.89 | 81.50 | 81.10 | 80.70 | -40 |
| -30 | 88.22 | 87.83 | 87.43 | 87.04 | 86.64 | 86.25 | 85.85 | 85.46 | 85.06 | 84.67 | -30 |
| -20 | 92.16 | 91.77 | 91.37 | 90.98 | 90.59 | 90.19 | 89.80 | 89.40 | 89.01 | 88.62 | -20 |
| -10 | 96.09 | 95.69 | 95.30 | 94.91 | 94.52 | 94.12 | 93.73 | 93.34 | 92.95 | 92.55 | -10 |
| 0 | 100.00 | 99.61 | 99.22 | 98.83 | 98.44 | 98.04 | 97.65 | 97.26 | 96.87 | 96.48 | 0 |
| 0 | 100.00 | 100.39 | 100.78 | 101.17 | 101.56 | 101.95 | 102.34 | 102.73 | 103.12 | 103.51 | 0 |
| 10 | 103.90 | 104.29 | 104.68 | 105.07 | 105.46 | 105.85 | 106.24 | 106.63 | 107.02 | 107.40 | 10 |
| 20 | 107.79 | 108.18 | 108.57 | 108.96 | 109.35 | 109.73 | 110.12 | 110.51 | 110.90 | 111.29 | 20 |
| 30 | 111.67 | 112.06 | 112.45 | 112.83 | 113.22 | 113.61 | 114.00 | 114.38 | 114.77 | 115.15 | 30 |
| 40 | 115.54 | 115.93 | 116.31 | 116.70 | 117.08 | 117.47 | 117.86 | 118.24 | 118.63 | 119.01 | 40 |
| 50 | 119.40 | 119.78 | 120.17 | 120.55 | 120.94 | 121.32 | 121.71 | 122.09 | 122.47 | 122.86 | 50 |
| 60 | 123.24 | 123.63 | 124.01 | 124.39 | 124.78 | 125.16 | 125.54 | 125.93 | 126.31 | 126.69 | 60 |
| 70 | 127.08 | 127.46 | 127.84 | 128.22 | 128.61 | 128.99 | 129.37 | 129.75 | 130.13 | 130.52 | 70 |
| 80 | 130.90 | 131.28 | 131.66 | 132.04 | 132.42 | 132.80 | 133.18 | 133.57 | 133.95 | 134.33 | 80 |
| 90 | 134.71 | 135.09 | 135.47 | 135.85 | 136.23 | 136.61 | 136.99 | 137.37 | 137.75 | 138.13 | 90 |
| 100 | 138.51 | 138.88 | 139.26 | 139.64 | 140.02 | 140.40 | 140.78 | 141.16 | 141.54 | 141.9 | 100 |

4.2 Обчислення споживаного струму для Pt100

PT100 при температурі 0 С° має опір 100 Ом. Опір із зростанням температури змінюється лінійно - близько 0.4 Ом на градус Цельсія, таким чином теплової коефіцієнт PT100 дорівнює 0.4 Ом/°С. Для генерації коефіцієнта напруги 1mV/°С, необхідне джерело струму 2.5mA. У вибраному діапазоні напруги від 0 до 1V поточний аналоговий вихід дозволяє 10uA/Число. Так як формат слова даних з MD зсувається на 4 біта вліво, розрахований значення помножено на 16.

$$(32000/20mA * 2.5mA = 4000)$$

У результаті для ініціалізації струму I0 2.5mA на аналоговому виході в MD10 заноситься 4000.

4.3 Розрахунок похибки вимірювання

Підключення давачів термоопору проводиться по двох, трьох або чотирьох провідній схемі. Двохпровідна схема підключення використовується вкрай рідко, тому що в цьому випадку опір з'єднаних між собою проводів вносить істотну похибку у вимірюванні. Найбільш часто використовується трьохпровідна схема підключення - саме за цією схемою датчики термоопору підключаються до контролерів VIPA, як втім і до

контролерів інших серій та інших виробників. Чотирихпровідна схема в основному використовується при підключенні датчиків термоопору до приладів технічного та комерційного обліку споживання енергоресурсів, де важливо максимально точно вимірювання температури. Саме при чотирихпровідною схемою здійснюється повна компенсація опору сполучних проводів і найбільша точність показань. Датчики термоопору найчастіше мають чотири клеми для підключення сполучних проводів, широко поширені і датчики з трьома клемами. Датчики з двома клемами зустрічаються рідко і, як правило, вони мають з'єднувальні дроти фіксованої довжини заводського виготовлення, за допомогою яких датчик приєднується до вторинного приладу.

Похибка вимірювання температури T при застосуванні двохпровідної схеми зв'язку давача термоопору з вторинним приладом може бути розрахована за наступними формулами:

$$\Delta T [^{\circ}\text{C}] = 2 * \left(\frac{l * \rho}{S} \right) [O_{\text{M}}] * K \left[\frac{^{\circ}\text{C}}{O_{\text{M}}} \right], \quad (4.2)$$

$$\Delta T [^{\circ}\text{C}] = 0,034 * \frac{l * K}{S}. \quad (4.3)$$

Збільшення довжини лінії зв'язку L призводить до зростання похибки, застосування дротів з великим поперечним перерізом жили S призводить до зменшення похибки. Питомий опір міді $\rho = 0,0171 \text{ Ом} * \frac{\text{мм}^2}{\text{м}}$. Через множник 2 враховується сумарний опір обох (двох) жил кабелю.

$$K \left[\frac{^{\circ}\text{C}}{O_{\text{M}}} \right] = \frac{1}{R_0 * R_{100} - R_0} \left[\frac{O_{\text{M}}}{^{\circ}\text{C}} \right]. \quad (4.4)$$

Коефіцієнт K залежить від градування застосовуваного датчика термоопору. Коефіцієнти K , наведені в таблиці 5.2, були розраховані для $W_{100} = 1,391$ (платинові датчики) і $W_{100} = 1,428$ (мідні датчики).

Таблиця 4.2 – Коефіцієнти термоопору та похибки для давачів

| Назва | Коеф. ($^{\circ}\text{C}/\text{Ом}$) | Поперечний переріз провідника, мм^2 | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0,20 | 0,35 | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,50 | 2,00 | 2,50 | 3,00 | 4,00 |
| Похибка ($^{\circ}\text{C}$), що вноситься при 10 метрів кабелю двохпровідної схеми підключення давача температури | | | | | | | | | | | |
| 50М | 4,76 | 8,092 | 4,624 | 3,237 | 2,158 | 1,618 | 1,079 | 0,809 | 0,647 | 0,539 | 0,405 |
| 50П | 5,12 | 8,704 | 4,972 | 3,482 | 2,321 | 1,741 | 1,161 | 0,870 | 0,696 | 0,580 | 0,435 |
| 100М | 2,33 | 3,961 | 2,263 | 1,584 | 1,056 | 0,792 | 0,528 | 0,396 | 0,317 | 0,264 | 0,198 |
| 100П | 2,56 | 4,352 | 2,487 | 1,741 | 1,161 | 0,870 | 0,580 | 0,435 | 0,348 | 0,290 | 0,218 |
| 500М | 0,47 | 0,799 | 0,457 | 0,320 | 0,213 | 0,160 | 0,107 | 0,080 | 0,064 | 0,053 | 0,040 |
| 500П | 0,51 | 0,867 | 0,495 | 0,347 | 0,231 | 0,173 | 0,116 | 0,087 | 0,069 | 0,058 | 0,043 |

Як видно з таблиці при двохпровідній схемі з'єднання з давачем термоопору доцільно застосування провідники із великим поперечним перетином провідника. Розрахунок виконаний для одножильних і багатожильних проводів і кабелів 3 класу (за ДСТУ 22483-77). Реальна похибка вноситься в результат вимірювання двохпровідною схемою з'єднання з довжиною більшою за 10 метрів буде відрізнятися від розрахованої у таблиці величини.

У разі застосування двохпровідної схеми підключення, краще використовувати давачі опором 100 або навіть 500 Ом, тому що опір сполучних проводів в цьому випадку, вносить меншу похибку в результат вимірювання температури, ніж при застосуванні 50-омного давача. У деяких випадках доцільніше використовувати вбудований в головку давача нормуючий перетворювач.

4.4 Висновки до розділу

У даному розділі було проведено розрахунок параметрів давача температури. Було побудовано температурну характеристику термоопору Pt100 та наведено таблицю градування. Розраховано похибки вимірювання температури.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Науково-технічна розробка має право на існування та впровадження, якщо вона відповідає вимогам часу, як в напрямку науково-технічного прогресу та і в плані економіки. Тому для науково-дослідної роботи необхідно оцінювати економічну ефективність результатів виконаної роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота з розробки та дослідження «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором» відноситься до науково-технічних робіт, які орієнтовані на виведення на ринок (або рішення про виведення науково-технічної розробки на ринок може бути прийнято у процесі проведення самої роботи), тобто коли відбувається так звана комерціалізація науково-технічної розробки. Цей напрямок є пріоритетним, оскільки результатами розробки можуть користуватися інші споживачі, отримуючи при цьому певний економічний ефект. Але для цього потрібно знайти потенційного інвестора, який би взявся за реалізацію цього проекту і переконати його в економічній доцільності такого кроку.

Для наведеного випадку нами мають бути виконані такі етапи робіт:

- 1) проведено комерційний аудит науково-технічної розробки, тобто встановлення її науково-технічного рівня та комерційного потенціалу;
- 2) розраховано витрати на здійснення науково-технічної розробки;
- 3) розрахована економічна ефективність науково-технічної розробки у випадку її впровадження і комерціалізації потенційним інвестором і проведено обґрунтування економічної доцільності комерціалізації потенційним інвестором.

5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним

реактором» є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 4.1 [42].

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

| Бали (за 5-ти бальною шкалою) | | | | | |
|----------------------------------|--|---|--|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Технічна здійсненність концепції | | | | | |
| 1 | Достовірність концепції не підтверджена | Концепція не підтверджена експертними | Концепція підтверджена розрахунками | Концепція перевірена на практиці | Перевірено на працездатність продукту в |
| Ринкові переваги (недоліки) | | | | | |
| 2 | Багато аналогів на малому ринку | Мало аналогів на малому ринку | Кілька аналогів на великому ринку | Один аналог на великому ринку | Продукт не має аналогів на |
| 3 | Ціна продукту значно вища за ціни аналогів | Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів | Ціна продукту приблизно дорівнює цінам | Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів | Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів |
| 4 | Технічні та споживчі властивості | Технічні та споживчі властивості продукту | Технічні та споживчі властивості | Технічні та споживчі властивості | Технічні та споживчі властивості |
| 5 | Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж | Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж | Експлуатаційні витрати на рівні | Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж | Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж |
| Ринкові перспективи | | | | | |
| 6 | Ринок малий і не має позитивної | Ринок малий, але має позитивну | Середній ринок з позитивною | Великий стабільний ринок | Великий ринок з позитивною |
| 7 | Активна конкуренція великих | Активна конкуренція | Помірна конкуренція | Незначна конкуренція | Конкуренція немає |
| Практична здійсненність | | | | | |

| | | | | | |
|----|---|--|---|---|---|
| 8 | Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї | Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання | Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення штату | Необхідне незначне навчання фахівців | Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї |
| 9 | Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї | Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування | Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є | Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є | Не потребує додаткового фінансування |
| 10 | Необхідна розробка нових матеріалів | Потрібні матеріали, що використовуються у військово- | Потрібні дорогі матеріали | Потрібні досяжні та дешеві матеріали | Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуютьс |
| 11 | Термін реалізації ідеї більший за 10 років | Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій | Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше | Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х | Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше |
| 12 | Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на проодукту. | Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту. | Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів | Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про реалізацію продукту | Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту |

Результати оцінювання науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки потрібно звести до таблиці.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

| Критерії | Експерт (ПІБ, посада) | | |
|----------|-----------------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| | Бали: | | |

| | | | |
|---|------|----|----|
| 1. Технічна здійсненність концепції | 5 | 5 | 5 |
| 2. Ринкові переваги (наявність аналогів) | 2 | 2 | 2 |
| 3. Ринкові переваги (ціна продукту) | 2 | 2 | 2 |
| 4. Ринкові переваги (технічні властивості) | 2 | 1 | 1 |
| 5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати) | 1 | 1 | 1 |
| 6. Ринкові перспективи (розмір ринку) | 3 | 3 | 3 |
| 7. Ринкові перспективи (конкуренція) | 1 | 1 | 1 |
| 8. Практична здійсненність (наявність фахівців) | 3 | 3 | 3 |
| 9. Практична здійсненність (наявність фінансів) | 3 | 4 | 4 |
| 10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів) | 4 | 4 | 4 |
| 11. Практична здійсненність (термін реалізації) | 4 | 4 | 4 |
| 12. Практична здійсненність (розробка документів) | 4 | 4 | 3 |
| Сума балів | 34 | 34 | 33 |
| Середньоарифметична сума балів $СБ_c$ | 33,7 | | |

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 4.2, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 4.3 [42].

Таблиця 4.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

| Середньоарифметична сума балів $СБ_c$, розрахована на основі висновків експертів | Науково-технічний рівень та комерційний потенціал розробки |
|---|--|
| 41...48 | Високий |
| 31...40 | Вище середнього |
| 21...30 | Середній |
| 11...20 | Нижче середнього |
| 0...10 | Низький |

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором» становить 33,7 бала, що, відповідно до таблиці 4.3, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

5.2 Оцінювання рівня новизни розробки

Виводячи на ринок новинку виробник вважає, що тієї новизни, якою наділена нова розробка є достатньо для того, щоб вона була сприйнята споживачем як нова. Але це не завжди так, в силу того, що споживач і виробник неоднозначно визначають її рівень новизни. Тому доцільним є визначення рівня новизни розробки отриманої в результаті досліджень за темою «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором».

Саме визначення рівня і ступеня інтегральної новизни є найбільш актуальним, оскільки її рівень визначає ступінь однакового позитивного сприйняття новизни розробки як виробником, так і споживачем, а отже і ринком в цілому, а це, у свою чергу, є гарантією того, що новинка знайде своє місце на ринку, користуватиметься попитом у споживачів і забезпечить відшкодування витрат, зазнаних товаровиробником під час розроблення та виробництва технічної розробки [Кавецький практикум 2016].

Рівень новизни нової продукції розраховуємо експертним методом шляхом протиставлення нової продукції та її аналогів, що існують в даний час на ринку, за чинниками що визначають її значення, в системі «краще-гірше». Рівень новизни встановлюємо відносно рівня аналога (або продукту, що досить близький до аналога).

Для визначення i -го виду новизни, застосуємо чинники, які впливають на її рівень. Кожен чинник i -го виду новизни розраховуємо в балах. Більша

кількість набраних балів свідчить про більший рівень новизни. Для оцінювання рівня новизни використаємо думки експертів, які встановлюють визначені бали відповідним чинникам. Бал відповідності проставляється в діапазоні від (-5 – значно гірше аналога до +5 – значно краще аналога). Результати попереднього оцінювання зведемо до відповідного листа оцінювання (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Лист оцінювання рівня новизни експертами

| Види та чинники | | Бали та експерти | | |
|--|-------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|
| | | Експерт 1 | Експерт 2 | Експерт 3 |
| <i>I</i> | | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> |
| Споживча новизна | Питома вага 0,24 | Максимальний бал $B_{i \text{ MAX}}$ | | 25 |
| 1. Зміна поведінкових звичок споживача | | 4 | 4 | 4 |
| 2. Ступінь задоволення потреб і запитів | | 5 | 5 | 5 |
| 3. Спосіб задоволення потреби | | 3 | 3 | 4 |
| 4. Формування нової потреби | | 3 | 3 | 2 |
| 5. Формування нового споживача | | 0 | 0 | 0 |
| Середній бал експертів $B_{i \text{ ср}}$ | | 15 | | |
| Товарна новизна | Питома вага 0,202 | Максимальний бал $B_{i \text{ MAX}}$ | | 30 |
| 1. Параметричні зміни показників продукції | | | | |
| 1.1. Якісні | | 3 | 4 | 3 |
| 1.2. Технічні | | 4 | 4 | 3 |
| 1.3. Економічні | | 3 | 3 | 3 |
| 1.4. Сервісні | | 4 | 4 | 4 |
| 2. Якість продукції по відношенню до конкурентів | | 3 | 3 | 3 |
| 3. Функціональні зміни | | 3 | 3 | 3 |
| Середній бал експертів $B_{i \text{ ср}}$ | | 20 | | |
| Виробнича новизна | Питома вага 0,042 | Максимальний бал $B_{i \text{ MAX}}$ | | 25 |
| 1. Рівень унікальності товару для підприємства | | 5 | 5 | 5 |

| | | | | |
|---|-------------------|-------------------------------|---|----|
| 2. Рівень унікальності для галузі | | 3 | 4 | 3 |
| 3. Рівень унікальності товару для країни | | 1 | 1 | 1 |
| 4. Зміна виробничої системи | | 4 | 4 | 4 |
| 5. Відносно існуючого асортименту | | 2 | 2 | 2 |
| Середній бал експертів $B_{i\ oмп}$ | | 15 | | |
| Прогресивна новизна | Питома вага 0,2 | Максимальний бал $B_{i\ MAX}$ | | 25 |
| 1. Зміна технології виготовлення | | 4 | 4 | 4 |
| 2. Рівень застосування нових компонентів і матеріалів | | 1 | 2 | 1 |
| 3. Зміна технологічного принципу дії виробу | | 1 | 2 | 1 |
| 4. Зміна конструктивного виконання | | 3 | 2 | 3 |
| 5. Рівень застосування інновацій | | 2 | 2 | 2 |
| Середній бал експертів $B_{i\ oмп}$ | | 11 | | |
| Ринкова новизна | Питома вага 0,1 | Максимальний бал $B_{i\ MAX}$ | | 20 |
| 1. Новий виріб на новому ринку | | 0 | 0 | 0 |
| 2. Новий виріб на відомому ринку | | 2 | 2 | 2 |
| 3. Модернізований виріб | | 2 | 2 | 2 |
| 4. Нова модель | | 1 | 2 | 2 |
| Середній бал експертів $B_{i\ oмп}$ | | 6 | | |
| Екологічна новизна | Питома вага 0,035 | Максимальний бал $B_{i\ MAX}$ | | 20 |
| 1. Рівень екологічної чистоти технології виробництва | | 5 | 5 | 5 |
| 2. Рівень впровадження мало- та безвідходних технологій | | 5 | 5 | 5 |
| 3. Рівень екологічно небезпечних режимів експлуатації продукції | | 5 | 5 | 5 |
| 4. Рівень забруднення навколишнього середовища | | 5 | 5 | 5 |
| Середній бал експертів $B_{i\ oмп}$ | | 20 | | |
| Соціальна новизна | Питома вага 0,036 | Максимальний бал $B_{i\ MAX}$ | | 20 |
| 1. Використання нового товару приводить до | | 0 | 0 | 0 |

| | | | | |
|--|-------------------|-------------------------------|---|----|
| покращення стану здоров'я нації | | | | |
| 2. Використання нового товару приводить до зростання доходів населення | | 0 | 0 | 0 |
| 3. Виробництво нового товару приводить до збільшення (зменшення) кількості робочих місць на підприємстві | | 4 | 5 | 4 |
| 4. Виробництво нового товару приводить до підвищення кваліфікації персоналу | | 3 | 3 | 3 |
| Середній бал експертів $B_{i\ oмп}$ | | 7 | | |
| Маркетингова новизна | Питома вага 0,145 | Максимальний бал $B_{i\ МАХ}$ | | 20 |
| 1. Нові методи маркетингових досліджень | | 0 | 0 | 0 |
| 2. Вживання нових стратегій сегментації ринку | | 3 | 3 | 3 |
| 3. Вибір нової маркетингової стратегії обхвату і розвитку цільового сегмента | | 2 | 3 | 2 |
| 4. Побудова нових каналів збуту | | 0 | 1 | 1 |
| Середній бал експертів $B_{i\ oмп}$ | | 6 | | |

Значення i -го виду новизни розрахуємо за формулою [43]:

$$I_i = \frac{B_{i\ oмп}}{B_{i\ МАХ}}, \quad (4.1)$$

де $B_{i\ oмп}$ – отримана кількість балів за шкалою оцінок чинників, що визначають i -й вид новизни;

$B_{i\ МАХ}$ – максимальна кількість балів, що може бути отримана за i -м видом новизни.

Загальний рівень інтегральної новизни розраховуємо шляхом перемноження отриманого значення i -го виду новизни на її вагомість, причому вагомість i -го виду новизни визначаємо експертним методом, за формулою [43]:

$$N_{int} = \sum_i^n W_i \cdot I_i, \quad (4.2)$$

де N_{int} – рівень інтегральної (сукупної) новизни;

W_i – вагомість (питома вага) i -го виду новизни;

n – загальна кількість видів новизни.

$$N_{int} = (0,24 \cdot 15/25) + (0,202 \cdot 20/30) + (0,042 \cdot 15/25) + (0,2 \cdot 11/25) + (0,1 \cdot 6/20) + (0,035 \cdot 20/20) + (0,036 \cdot 7/20) + (0,145 \cdot 6/20) = 0,515.$$

Отримане значення інтегрального рівня новизни зіставляємо зі шкалою, що наведена в табл. 4.5 [42].

Таблиця 4.5 – Рівні новизни нового товару та їхня характеристика

| Рівні новизни товару | Значення інтегральної новизни | Характеристика товару | Вид нового товару |
|----------------------|-------------------------------|--|--|
| Найвища | 1,00 | Абсолютно новий товар | Новий товар, що наділений ознаками інноваційності (інноваційний товар) |
| Висока | 0,8...0,99 | Товар, який не має аналогів | |
| Значуща | 0,6...0,79 | Принципова зміна споживчих властивостей товару | |
| Достатня | 0,4...0,59 | Принципова технологічна модифікація товару | |
| Незначна | 0,2...0,39 | Кардинальна зміна параметрів | |
| Помилкова | 0,00...0,19 | Малоістотна модифікація | |

Згідно таблиці 4.5 розробка відповідає рівню при значенні інтегральної новизни 0,515 - достатня новизна; за характеристикою: принципова технологічна модифікація товару; вид розробки - новий товар, що наділений ознаками інноваційності (інноваційний товар).

5.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором»,

під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

5.3.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [42]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (4.3)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=24$ дні.

$$Z_o = 12170,00 \cdot 42 / 24 = 21297,50 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.6 – Витрати на заробітну плату дослідників

| Найменування посади | Місячний посадовий оклад, грн | Оплата за робочий день, грн | Число днів роботи | Витрати на заробітну плату, грн |
|--|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Керівник проекту | 12170,00 | 507,08 | 42 | 21297,50 |
| Інженер-розробник автоматизованої системи управління | 12150,00 | 506,25 | 40 | 20250,00 |

| | | | | |
|---------------------|----------|--------|----|----------|
| Інженер-конструктор | 12400,00 | 516,67 | 24 | 12400,00 |
| Технік | 7350,00 | 306,25 | 10 | 3062,50 |
| Всього | | | | 57010,00 |

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором» розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.4)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.5)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo $M_M=2379,00$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [42];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 24$ дн;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_1 = 2379,00 \cdot 1,10 \cdot 1,65 / (24 \cdot 8) = 22,49 \text{ грн.}$$

$$Z_{p1} = 22,49 \cdot 11,00 = 247,38 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.7 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

| Найменування робіт | Тривалість роботи, год | Розряд роботи | Тарифний коефіцієнт | Погодинна тарифна ставка, грн | Величина оплати на робітника грн |
|---|------------------------|---------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Установка електронно-обчислювального обладнання | 11,00 | 2 | 1,10 | 22,49 | 247,38 |
| Підготовка робочого місця розробника автоматизованої системи управління | 8,20 | 2 | 1,10 | 22,49 | 184,41 |
| Інсталяція програмного забезпечення розробки конструкції | 12,00 | 5 | 1,70 | 34,76 | 417,07 |
| Монтаж експериментального лабораторного стенду | 32,00 | 2 | 1,10 | 22,49 | 719,65 |
| Налагодження блоків стенду | 15,00 | 5 | 1,70 | 34,76 | 521,34 |
| Підготовка програмного забезпечення | 11,00 | 5 | 1,70 | 34,76 | 382,31 |
| Тестування | 2,00 | 4 | 1,50 | 30,67 | 61,33 |
| Контроль експерименту | 12,00 | 2 | 1,10 | 22,49 | 269,87 |
| Всього | | | | | 2803,35 |

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{доп}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{доп}}}{100\%}, \quad (4.6)$$

де $H_{\text{доп}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 10%.

$$Z_{\text{доп}} = (57010,00 + 2803,35) \cdot 10 / 100\% = 5981,34 \text{ грн.}$$

5.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{доп}}) \cdot \frac{H_{zn}}{100\%} \quad (4.7)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (57010,00 + 2803,35 + 5981,34) \cdot 22 / 100\% = 14474,83 \text{ грн.}$$

4.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором».

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{\text{в}j}, \quad (4.8)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

V_j – маса відходів j -го найменування, кг;

$C_{\theta j}$ – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 4,00 \cdot 160,00 \cdot 1,1 - 0,000 \cdot 0,00 = 704,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.8 – Витрати на матеріали

| Найменування матеріалу, марка, тип, сорт | Ціна за 1 кг, грн | Норма витрат, кг | Величина відходів, кг | Ціна відходів, грн/кг | Вартість витраченого матеріалу, грн |
|---|-------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Офісний папір 500-80 | 160,00 | 4,00 | 0,000 | 0,00 | 704,00 |
| Папір для записів А5 | 54,00 | 4,00 | 0,000 | 0,00 | 237,60 |
| Органайзер офісний Office | 212,00 | 3,00 | 0,000 | 0,00 | 699,60 |
| Канцелярське приладдя (набір офісного працівника) | 185,00 | 3,00 | 0,000 | 0,00 | 610,50 |
| Картридж для принтера Canon LBP | 923,00 | 1,00 | 0,000 | 0,00 | 1015,30 |
| Диск оптичний Optivisio CD-RW | 14,00 | 3,00 | 0,000 | 0,00 | 46,20 |
| Flesh-пам'ять DATA 64 GB | 209,00 | 2,00 | 0,000 | 0,00 | 459,80 |
| Тека для паперів | 95,00 | 3,00 | 0,000 | 0,00 | 313,50 |
| Інше | 300,00 | 1,0 | 0,000 | 0,00 | 330,00 |
| Всього | | | | | 4416,50 |

5.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_6), які використовують при проведенні НДР на тему «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором», розраховуємо, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.9)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$).

$K_6 = 1 \cdot 780,00 \cdot 1,1 = 858,00$ грн.

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.9 – Витрати на комплектуючі

| Найменування комплектуючих | Кількість, шт. | Ціна за штуку, грн | Сума, грн |
|--------------------------------------|----------------|--------------------|-----------|
| реактор | 1 | 780,00 | 858,00 |
| зливна емність | 1 | 200,00 | 220,00 |
| насос побутовий | 1 | 720,00 | 792,00 |
| давач рівня | 1 | 240,00 | 264,00 |
| нагрівач | 1 | 560,00 | 616,00 |
| давач температури | 1 | 185,00 | 203,50 |
| привід-мішалка | 1 | 680,00 | 748,00 |
| клапан впускний | 1 | 220,00 | 242,00 |
| клапан випускний | 1 | 270,00 | 297,00 |
| мікроконтролер VIRA 313-5BF13 | 1 | 14820,00 | 16302,00 |
| Блок живлення VIRA 390-1AB60 | 1 | 6120,00 | 6732,00 |
| Аналоговий модуль (output) 334-0KE00 | 1 | 6780,00 | 7458,00 |
| Інше | 1 | 400,00 | 440,00 |
| Всього | | | 35172,50 |

5.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i, \quad (4.10)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{\text{пр.і}}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1,10 \dots 1,12$);

k – кількість найменувань устаткування.

$$B_{\text{спец}} = 12580,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 13963,80 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.10 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

| Найменування устаткування | Кількість, шт | Ціна за одиницю, грн | Вартість, грн |
|--|---------------|-------------------------|---------------|
| Конфігуратор Hardware configurator Win PLC7 | 1 | 12580,00 | 13963,80 |
| Інтерфейс конфігурування обладнання Hardware configurator Win PLC7 | 1 | 7605,00 | 8441,55 |
| Всього | | | 22405,35 |

5.3.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних

засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{прз}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{прз}} \cdot C_{\text{прз}.i} \cdot K_i, \quad (4.11)$$

де $C_{\text{прз}}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{\text{прз}.i}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{\text{прз}} = 4850,00 \cdot 1 \cdot 1,1 = 5335,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.11 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

| Найменування програмного засобу | Кількість, шт | Ціна за одиницю, грн | Вартість, грн |
|---------------------------------|---------------|----------------------|---------------|
| Програмний пакет WinPLC7 | 1 | 4850,00 | 5335,00 |
| Всього | | | 5335,00 |

5.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{\text{обл}} = \frac{C_{\text{б}}}{T_{\text{г}}} \cdot \frac{t_{\text{вик}}}{12}, \quad (4.12)$$

де $C_{\text{б}}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

T_v – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (28750,00 \cdot 2) / (3 \cdot 12) = 1597,22 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.12 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

| Найменування обладнання | Балансова вартість, грн | Строк корисного використання, років | Термін використання обладнання, місяців | Амортизаційні відрахування, грн |
|--|-------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|
| Персональний комп'ютер | 28750,00 | 3 | 2 | 1597,22 |
| Робоче місце розробника | 9560,00 | 5 | 2 | 318,67 |
| Пристрої виводу інформації | 8624,00 | 4 | 2 | 359,33 |
| Оргтехніка | 9241,00 | 4 | 2 | 385,04 |
| Приміщення лабораторії | 265000,00 | 25 | 2 | 1766,67 |
| ОС Windows 11 | 7459,00 | 2 | 2 | 621,58 |
| Прикладний пакет Microsoft Office 2019 | 6786,00 | 2 | 2 | 565,50 |
| Засоби передачі даних | 5265,00 | 2 | 2 | 438,75 |
| Всього | | | | 6052,76 |

5.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (4.13)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 4,50$ грн;

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,65 \cdot 320,0 \cdot 4,50 \cdot 0,95 / 0,97 = 936,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.13 – Витрати на електроенергію

| Найменування обладнання | Встановлена потужність, кВт | Тривалість роботи, год | Сума, грн |
|---|-----------------------------|------------------------|-----------|
| Персональний комп'ютер | 0,65 | 320,0 | 936,00 |
| Робоче місце розробника | 0,20 | 300,0 | 270,00 |
| Пристрої виводу інформації | 0,02 | 50,0 | 4,50 |
| Оргтехніка | 0,80 | 10,0 | 36,00 |
| Засоби передачі даних | 0,05 | 200,0 | 45,00 |
| Конфігуратор Hardware configurator Win PLC7 | 0,07 | 160,0 | 50,40 |
| Досліджувана установка | 0,50 | 200,0 | 450,00 |
| Всього | | | 1791,90 |

5.3.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cv} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cv}}{100\%}, \quad (4.14)$$

де H_{cv} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», приймемо $H_{cv} = 25\%$.

$$B_{cv} = (57010,00 + 2803,35) \cdot 25 / 100\% = 14953,34 \text{ грн.}$$

5.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cn} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cn}}{100\%}, \quad (4.15)$$

де H_{cn} – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», приймемо $H_{cn} = 35\%$.

$$B_{cn} = (57010,00 + 2803,35) \cdot 35 / 100\% = 20934,67 \text{ грн.}$$

5.3.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_{\text{с}} = (Z_{\text{o}} + Z_{\text{p}}) \cdot \frac{H_{\text{іс}}}{100\%}, \quad (4.16)$$

де $H_{\text{іс}}$ – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{\text{іс}} = 65\%$.

$$I_{\text{с}} = (57010,00 + 2803,35) \cdot 65 / 100\% = 38878,68 \text{ грн.}$$

4.3.12 Накладні (загально виробничі) витрати

До статті «Накладні (загально виробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{\text{нзв}} = (Z_{\text{o}} + Z_{\text{p}}) \cdot \frac{H_{\text{нзв}}}{100\%}, \quad (4.17)$$

де $H_{\text{нзв}}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати», прийmemo $H_{\text{нзв}} = 125\%$.

$$B_{\text{нзв}} = (57010,00 + 2803,35) \cdot 125 / 100\% = 74766,69 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{\text{заг}} = Z_{\text{o}} + Z_{\text{p}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{н}} + M + K_{\text{с}} + B_{\text{спец}} + B_{\text{прз}} + A_{\text{обл}} + B_{\text{е}} + B_{\text{св}} + B_{\text{сп}} + I_{\text{с}} + B_{\text{нзв}}. \quad (4.18)$$

$$B_{\text{заг}} = 57010,00 + 2803,35 + 5981,34 + 14474,8317 + 4416,50 + 35172,50 + 22405,35 + 5335,00 + 6052,76 + 1791,90 + 14953,34 + 20934,67 + 38878,68 + 74766,69 = 304976,92 \text{ грн.}$$

Загальні витрати ZB на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ZB = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (4.19)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta=0,8$.

$$ZB = 304976,92 / 0,8 = 381221,15 \text{ грн.}$$

5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнюючим позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів тієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку.

Результати дослідження проведені за темою «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором» передбачають комерціалізацію протягом 4-х років реалізації на ринку.

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних:

ΔN – збільшення кількості споживачів пристрою, у періоди часу, що аналізуються, від покращення його певних характеристик;

| Показник | 1-й рік | 2-й рік | 3-й рік | 4-й рік |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Збільшення кількості споживачів, осіб | 50 | 100 | 100 | 50 |

N – кількість споживачів які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 1000 осіб;

C_0 – вартість пристрою у році до впровадження результатів розробки, прийmemo 45000,00 грн;

$\pm\Delta C_o$ – зміна вартості пристрою від впровадження результатів науково-технічної розробки, прийmemo -2100,00 грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора $\Delta\Pi_i$ для кожного із 4-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою [Козловський, Лесько, Кавецький]:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\vartheta}{100}\right), \quad (4.20)$$

де λ – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2021 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту).

Прийmemo $\rho = 25\%$;

ϑ – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2021 році $\vartheta = 18\%$;

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (-2100,00 \cdot 1000,00 + 42900,00 \cdot 50) \cdot 0,83 \cdot 0,25 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 7656,75 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (-2100,00 \cdot 1000,00 + 42900,00 \cdot 150) \cdot 0,83 \cdot 0,25 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 737600,25$$

грн.

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (-2100,00 \cdot 1000,00 + 42900,00 \cdot 250) \cdot 0,83 \cdot 0,25 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1467543,75$$

грн.

Збільшення чистого прибутку 4-го року:

$$\Delta\Pi_4 = (-2100,00 \cdot 1000,00 + 42900,00 \cdot 300) \cdot 0,83 \cdot 0,25 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1832515,50$$

грн.

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків $ПП$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (4.21)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

T – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau=0,14$;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} ПП &= 7656,75/(1+0,14)^1 + 737600,25/(1+0,14)^2 + 1467543,75/(1+0,14)^3 + \\ &+ 1832515,50/(1+0,14)^4 = 6716,45 + 567559,44 + 990550,23 + 1084996,29 = 2649822,4 \\ &0 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки:

$$PV = k_{инв} \cdot 3B, \quad (4.22)$$

де $k_{инв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо $k_{инв}=1,5$;

$3B$ – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 381221,15 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot 3B = 1,5 \cdot 381221,15 = 571831,73 \text{ грн.}$$

Абсолютний економічний ефект E_{abc} для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{abc} = III - PV \quad (4.23)$$

де III – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 2649822,40 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 571831,73 грн.

$$E_{abc} = III - PV = 2649822,40 - 571831,73 = 2077990,68 \text{ грн.}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій E_e , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$E_e = T_{жс} \sqrt[4]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (4.24)$$

де E_{abc} – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, 2077990,68 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 571831,73 грн;

$T_{жс}$ – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, 4 роки.

$$E_e = T_{жс} \sqrt[4]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1 = (1 + 2077990,68 / 571831,73)^{1/4} = 0,47.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій

τ_{min} :

$$\tau_{min} = d + f, \quad (4.25)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2021 році в Україні $d = 0,11$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, прийmemo 0,16.

$\tau_{\min} = 0,11 + 0,16 = 0,27 < 0,47$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_g , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором» доцільно.

Період окупності інвестицій $T_{ок}$ які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g}, \quad (4.26)$$

де E_g – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 0,47 = 2,14 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Висновки до розділу

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором» становить 33,7 бала, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

Також термін окупності становить 2,14 р., що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою «Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором».

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблено апаратне і програмне забезпечення лабораторного стенда автоматизованої системи управління хімічним реактором. Розроблена система дозволяє контролювати рівень рідини к резервуарі, а також нагрівати її до заданих користувачем меж.

У першому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки. Викладена суть технічної проблеми та проаналізовані відомі аналоги. В результаті виконаних економічних прогнозів собівартості програмного продукту, величини капітальних вкладень, величини експлуатаційних витрат зробили висновок про те, що впровадження лабораторної установки є доцільним.

В другому розділі було проведено багатоваріантний аналіз лабораторних стендів, методів їх створення, а також проаналізовано обладнання. Провівши аналіз обладнання, було вибрано конкретні фірми і моделі для лабораторного стенду. Розроблено також функціональну схему автоматизації системи та структурну схему лабораторного стенда.

У третьому розділі обґрунтовано вибір програмного середовища WinPLC 7 5.0. Також було проведено конфігурацію обладнання розроблено програмне забезпечення, і проведено його тестування.

Під час реалізації економічної частини дипломного проекту, було проведено розрахунок основних виробничих витрат на розробку нового програмного продукту, розрахована виробнича собівартість нової розробки, а також розрахована ціна реалізації програмного продукту на ринку.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що запропонована програма є вигіднішою у порівнянні з існуючими аналогами, так як дозволяє заощадити на експлуатаційних витратах, та й взагалі вона є дешевшою за аналогів і не поступається їм в функціональних можливостях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра – К.: Аграрна освіта, 2001. – 354 с.
2. М. Биков, В. Ковтун, А. Раїмі. Розробка та реалізація розподіленої автоматизованої системи управління дискретними та аналоговими процесами на апаратному забезпеченні ВО ОВЕН / Биков М.М., Ковтун В.В., Конате К. // Контроль і управління в складних системах (КУСС 2012). XI Міжнародна конференція. Тези доповідей. Вінниця, 9-11 жовтня 2012 року. – С. 42.
3. Бісікало О.В., Биков М.М., Папінов В.М. Багатофункціональний учбовий комп'ютеризований комплекс засобів промислової мікропроцесорн. техніки. - Матеріали III конф. “Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах”, Вінниця: ПП “Едельвейс і К”, 2015. – С. 42-45.
4. Хомченко В. Г., Федотов А. В. Автоматизация технологических процессов и производств / В. Г. Хомченко, А. В. Федотов. Учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – 488 с.
5. Проць Я.І. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.
6. Медведев, А. Е. Автоматизация производственных процессов : учеб. пособие / А. Е. Медведев, А. В. Чупин ; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2009. – 325 с.
7. Соснин О. М. Основы автоматизации технологических процессов и производств : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О. М. Соснин. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 240 с.
8. Стенцель Й.І., Поркуян О.В. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв. Підручник / Й.І. Стенцель, О.В. Поркуян. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту, 2010. – 302 с.

9. Иванова Г.В. Автоматизация технологических процессов основных химических производств: Методическое пособие. Часть 1/ СПбГТИ(ТУ).- СПб., 2003.- 70с.
10. М.Ю. Кравець, М.М. Биков. Автоматизована система управління лабораторною установкою хімічного реактора [Електронний ресурс]. Режим доступу <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2019/paper/view/7530/6166>
11. Пальчевський Б.О. Автоматизація технологічних процесів / Б.О. Пальчевський - Львів: Світ, 2007. - 392 с.
12. Конспект лекцій з дисциплін «Автоматизація технологічних процесів та установок» і «Автоматизація технологічних процесів» (для студентів 4 - 5курсів усіх форм навчання за напрямом підготовки 0922 (050702) «Електромеханіка») / Авт.: Єсаулов С.М., Бабічева О.Ф. – Х.: ХНАМГ, 2009. - 78с.
13. О. И. Николайчук. Системы малой автоматизации / О. И. Николайчук — М.: СОЛОН-Пресс, 2003. - 256 с.
14. Автоматизація виробничих процесів [Текст] : підручник / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед ; Нац. ун-т харч. технол. — 2-ге вид., випр. — К. : Ліра-К, 2015. — 378 с.
15. Федоров Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие / Ю.Н. Федоров. – М.:Инфа-Инженерия, 2008. – 928 с.
16. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. Пер. с англ. Б. И. Копылова.– М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.
17. Г. Олссон, Д. Пиани. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.
18. Кисаримов Р. А. Практическая автоматика / Р.А. Кисаримов - М.: ИП РадиоСофт, 2004.— 192 с.
19. Митин Г.П. Микроконтроллеры в учебном процессе. //Автоматизация и управление в машиностроении / Г.П. Митин - 2002.- № 18.

20. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе, С.В. Фролов, - Учебное пособие. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. - 180 с.

21. Фарзани Н.Г. Технологические измерения и приборы / Фарзани Н.Г., Ильясов Л.В., Алимзаде А.Ю. – М.: Наука, 2007. – 456 с.

22. Котюк А.Ф. Датчики в современных измерениях./ А.Ф. Котюк – Москва.: Радио и связь, 2006 – 96 с.

23. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. – М.: КолосС, 2004. – 344 с.

24. Митин ГЛ., Хазанова О.В. Системы автоматизации с использованием программируемых логических контроллеров: Учебное пособие / ГЛ. Митин, О.В. Хазанова. -М.:ИЦ МГТУ «Станкин», 2005. - 136 с.

25. Деменков Н.П. Языки программирования промышленных контроллеров / Под ред. К.А. Пупкова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. - 172 с.

26. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и инструменты/Под ред. проф. В.П. Дьяконова.–М.:СОЛОН-Пресс,2003.–256 с.

27. Н. Jack. Automating Manufacturing Systems with PLCs. – 2007, P. 839 – [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://claymore.engineer.gvsu.edu/~jackh/books.html>

28. Волков Ю.Д. Программируемые контроллеры / Ю.Д. Волков – К. : ДП «Фесто», 2003. – 94 с.

29. Бергер Г. Автоматизация с помощью программ Step7 LAD и FBD.M / Г. Бергер – М. : Наука, 2004. – 678 с.

30. SM 1231 :[Электронный ресурс]: G., 2014., URL: https://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/43346925/S71200_SM_1231_RTD_Product_info_en-US_en-US.pdf

31. Pt100: [Электронный реурс]: Н., 2000-2014. Режим доступа: www.lakeshore.com/Documents/F038-00-00.pdf

32. Pt100 Converting block: [Електронний ресурс]:G., 2000-2014., URL: <http://www.plctalk.net/qanda/archive/index.php/t-52511.html>
33. ULS10: [Електронний ресурс]:E., 2003-2014., URL: http://ship.ee/products/level_sensors/level_sensor_uls10/
34. Lovato LVM20: [Електронний ресурс]:E., 2001-2015., URL: http://lovato.com/catalog/level/lvm_20/
35. Jaksa: [Електронний ресурс]:E., 2001-2015., URL: http://www.svaltera.ua/upload/iblock/4cb/price_9_automation.pdf
36. VIPA S300 :[Електронний ресурс]: G., 2001-2014 URL: <http://iadt.siemens.ru/forum/viewtopic.php?t=25778>
- 37.Альтерман И.З. Программируемые контроллеры Simatik S7 / И.З. Альтерман.– С. Петербург: Промышленная автоматизация, 2011.– 62 с.
38. Программирование с помощью STEP 7 V5.3. Руководство 6ES7810-4CA07-8BW1. Siemens AG, Нюрнберг, - 2004.
39. Промислові контролери [Текст] : навч. посіб. / І. В. Ельперін ; МОН України, НУХТ. — К. : НУХТ, 2003. — 320 с.
40. Бекин А.Б., Алешин М.В. Программируемый логический контроллер Simatic S7-1200: лабораторный практикум по курсу «Элементы систем автоматики» / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2014. – 46 с.
41. Learn-Training Textbook. TIA Portal Modules for Automation System Simatic S7-1200 from Version V14 SP1.- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.siemens.com/sce>.
43. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.
44. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепка – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)
ВНТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КСУ ВНТУ
д.т.н., проф. В.М. Дубовой

« 30 » вересня 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи
Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором

08.01.МКР.008. 00.000 ТЗ

Студент групи 2АКІТ-20м Наваліхін А.С.

Керівник к.т.н., професор Биков М. М.

Вінниця 2021

1. Назва та галузь застосування

1.1. Назва – Розробка лабораторного стенда системи управління хімічним реактором.

1.2. Галузь застосування – Системи автоматики і управління.

2. Підстава для проведення розробки.

Тема магістерської дипломної роботи затверджена наказом по ВНТУ № 277 від “24” 09 2021 р.

3. Мета та призначення розробки.

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності навчання фахівців з автоматизації шляхом розробки навчального лабораторного стенда управління хімічним реактором.

4. Вихідні дані для проведення розробки.

Магістерська кваліфікаційна робота виконується вперше. В ході проведення розробки повинні використовуватись такі документи:

1. Зиигель Т. Г. Системы управления химико-технологическими процессами. Функциональные схемы автоматизации / Т. Г. Зиигель - Уч. пособие. С'ибГТУ. Красноярск. 2004.
2. Благовещенская М.М., Злобин Л.А. Информационные технологии систем управления технологическими процессами / М.М. Благовещенская, Л.А Злобин. - Учебник. - 2005. - 768 с.
3. Петров И. В. Програмируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И. В. Петров. - М.: СОЛОН-Пресс, 2004 . - 246 с.
4. Бергер Г. Автоматизация с помощью программ STEP7 LAD и FBD/ Ганс Бергер - Издательство: Siemens AG: 2001. -124 с.

5. Вимоги до розробки.

5.1. Перелік головних функцій:

- закачування сировини в реактор;
- дотримання рівня в резервуарі;
- рівномірне нагрівання рідини;
- моніторинг реальної температури рідини у резервуарі;
- зливання готового продукту;
- графічне представлення.

5.2. Основні технічні вимоги до розробки.

5.2.1. Вимоги до програмної платформи:

- WINDOWS 7\8;
- Win PLC 7;

5.2.2. Умови експлуатації системи:

- робота на стандартних ПЕОМ в приміщеннях зі стандартними умовами;
- можливість цілодобового функціонування системи;
- текст програмного забезпечення системи є цілком закритим.

6. Економічні показники

До економічних показників входять:

- термін окупності не більше __ років;
- розмір капіталовкладень не більше ___ грн.;
- економічний ефект не менше __ грн.;
- рентабельність не менше __ %;

7. Стадії та етапи розробки.

7.1 Пояснювальна записка:

- | | | |
|---|--|----------------|
| 1 | Техніко-економічне обґрунтування доцільності обробки | 02.10.2021 р. |
| 2 | Постановка задачі і розробка технічного завдання | 04.10. 2021 р. |
| 3 | Багатоваріантний аналіз об'єкта автоматизації | 20.10. 2021 р. |
| 4 | Розробка конфігурації системи і вибір обладнання стенда | 10.11. 2021 р. |
| 4 | Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення системи і машинний експеримент | 15.11. 2021 р. |
| 5 | Підготовка економічної частини | 26.11. 2021 р. |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу і презентації | 30.11. 2021 р. |
| 7 | Апробація результатів дослідження | 07.12.2021 р. |

8 Публікації 13.12.2021 р.

7.2 Графічні матеріали:

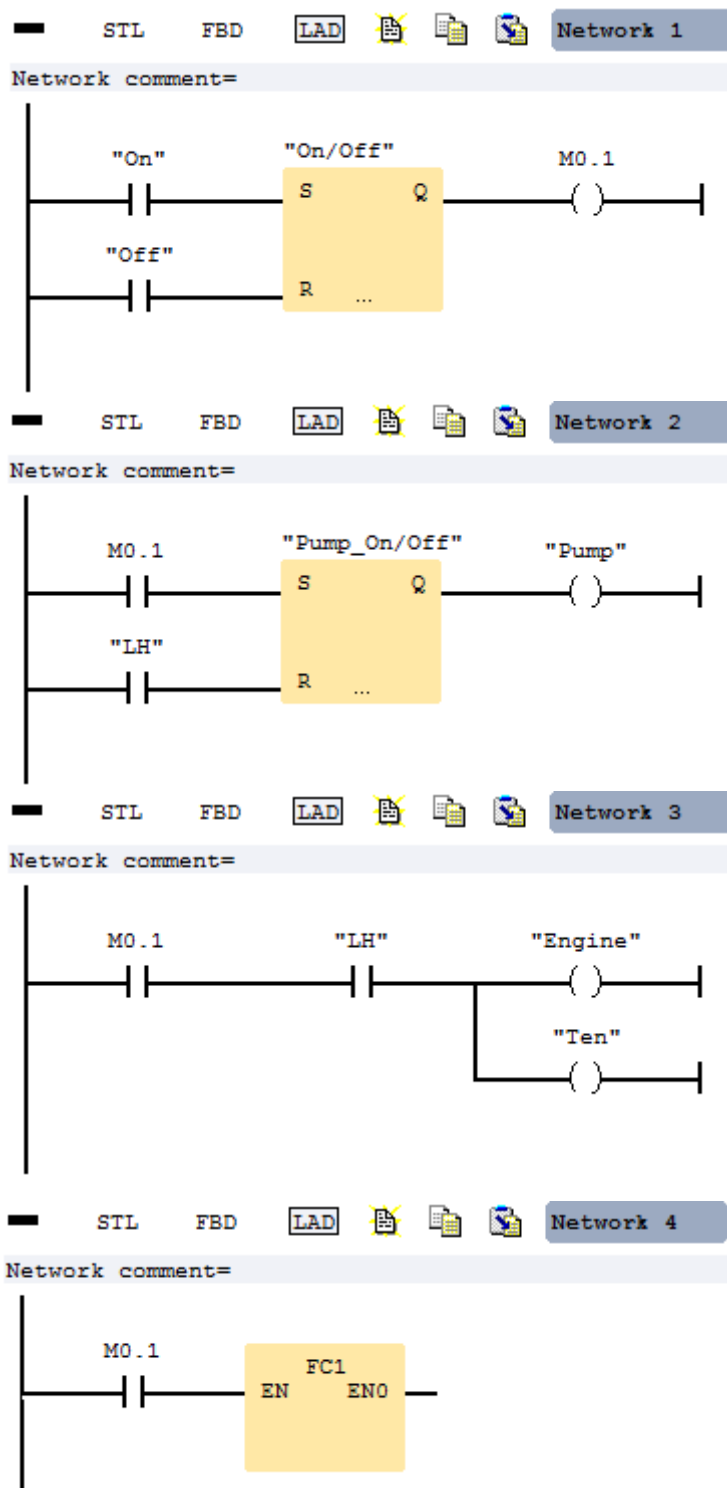
| | |
|---|----------------|
| Функціональна схема хімічного реактора | 01.12. 2021 р. |
| Структурна схема лабораторного стенда | 01.12. 2021 р. |
| Виконавчі пристрої системи управління | 02.12. 2021 р. |
| Схема алгоритму роботи хімічного реактора | 02.12. 2021 р. |
| Схема програми управління | 04.12. 2021 р. |
| UML-діаграма варіантів використання | 05.12. 2021 р. |
| Інтерфейс програмного середовища WinPLC7 | 05.12. 2021 р. |
| Результати машинного експерименту | 06.12. 2021 р. |

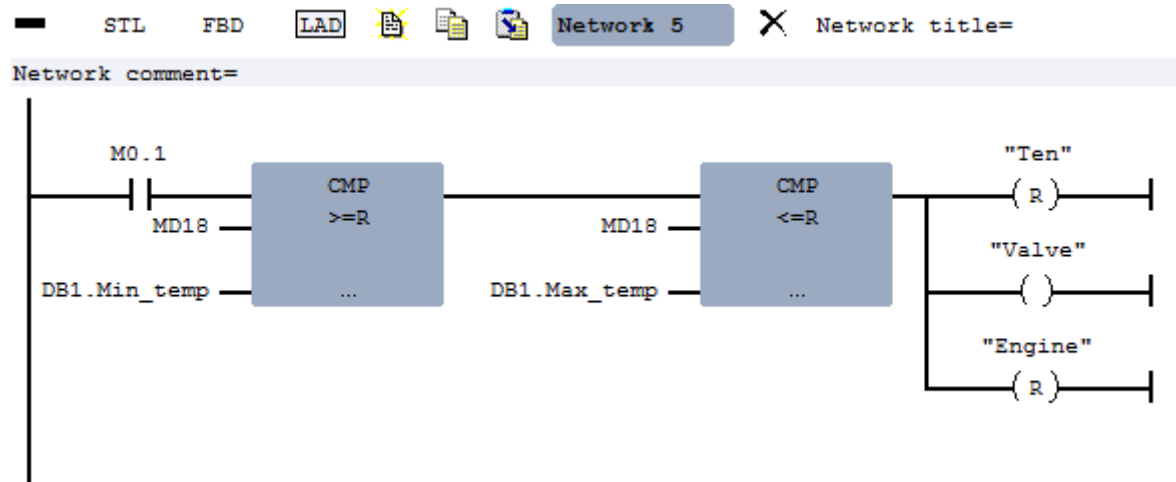
8. Порядок контролю і приймання.

- 8.1. Хід виконання магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником роботи, консультантами з економічної частини. Рубіжний контроль провести до «10» грудня 2021 р
- 8.2. Атестація проекту здійснюється на попередньому захисті. Попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи провести до «14» грудня 2021 р.
- 8.3. Підсумкове рішення щодо оцінки якості виконання магістерської кваліфікаційної роботи приймається на засіданні ДЕК. Захист магістерської кваліфікаційної роботи провести «23» грудня 2021 р.

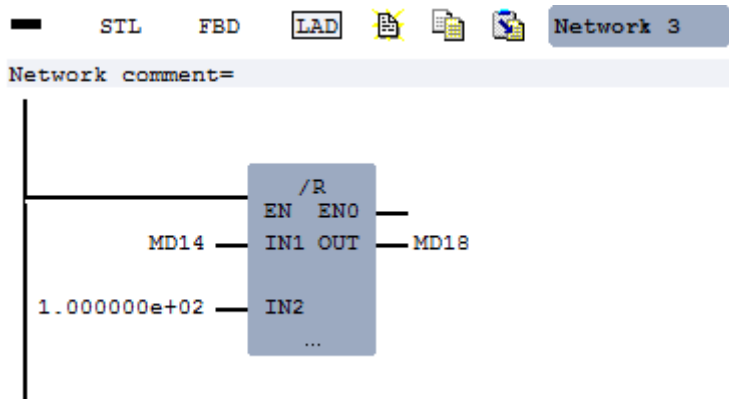
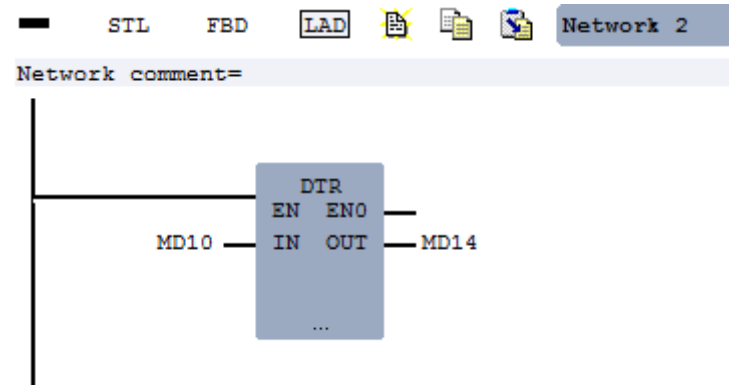
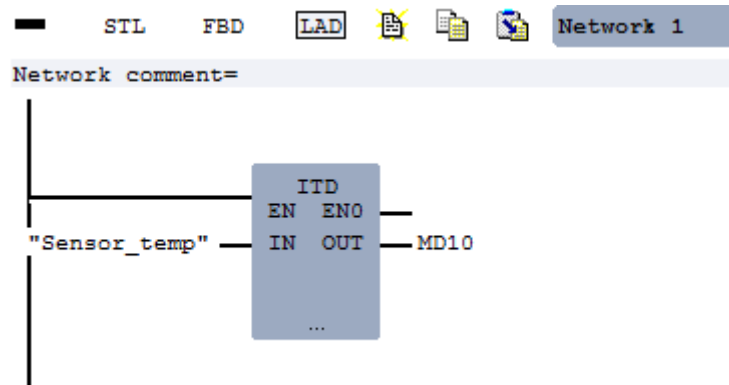
Додаток Б
(Обов'язковий)
Лістинг програми

Лістинг головного блоку OB1:





Лістинг підпрограми FC1:



Додаток В
(Обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КСУ
д.т.н., проф. В.М. Дубовой

« _____ » _____ 2021 р.

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ХІМІЧНИМ РЕАКТОРОМ**

1. Функціональна схема хімічного реактора.
2. Структурна схема лабораторного стенда.
3. Зовнішній вигляд обладнання системи управління.
4. Схема алгоритму роботи хімічного реактора.
5. Схема програми управління.
6. UML-діаграма варіантів використання.
7. Інтерфейс програмного середовища WinPLC7
8. Результати машинного експерименту.

Виконав: студент 2 курсу, групи 2АКІТ-20м
спеціальності 151- Автоматизація та
комп'ютерно- інтегровані технології
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Антон Наваліхін
(ім'я та прізвище)

Керівник: к.т.н., професор каф. КСУ

Микола Биков
(ім'я та прізвище)

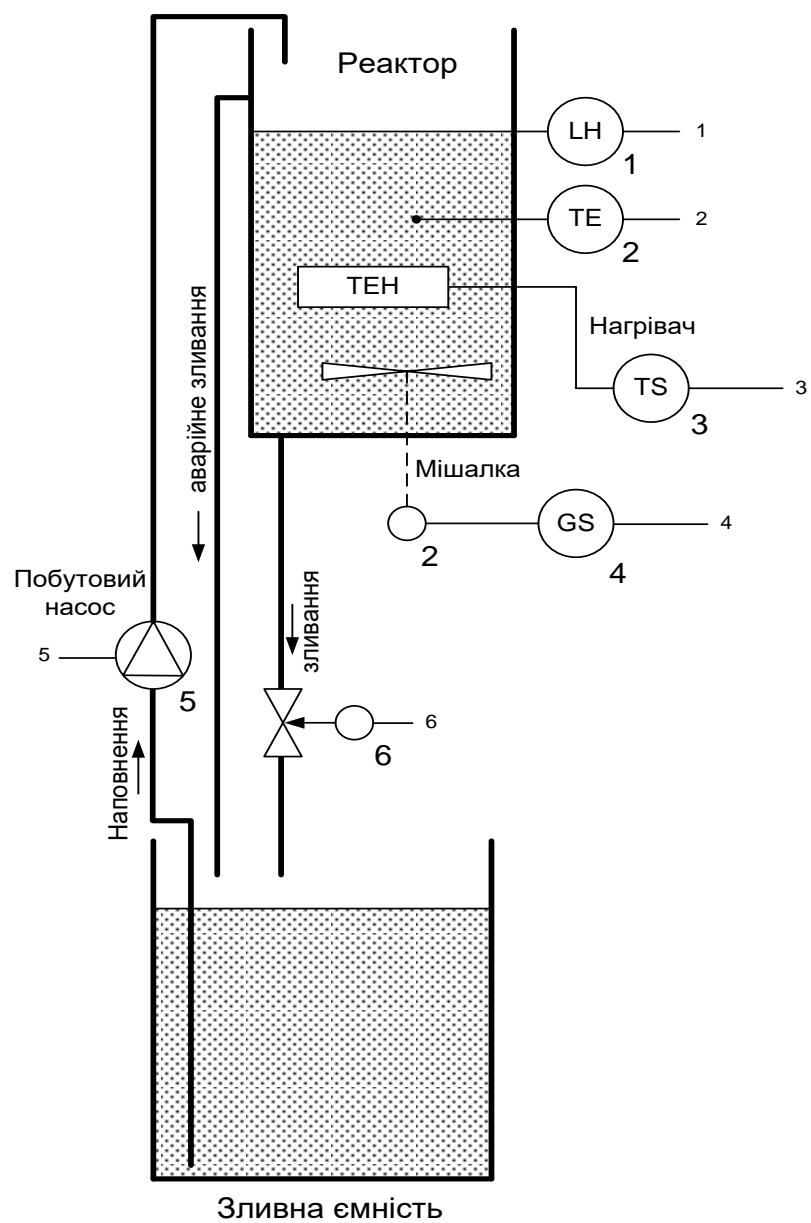
« _____ » _____ 2021 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. АІТ

Ольга Софіна
(ім'я та прізвище)

« _____ » _____ 2021 р.

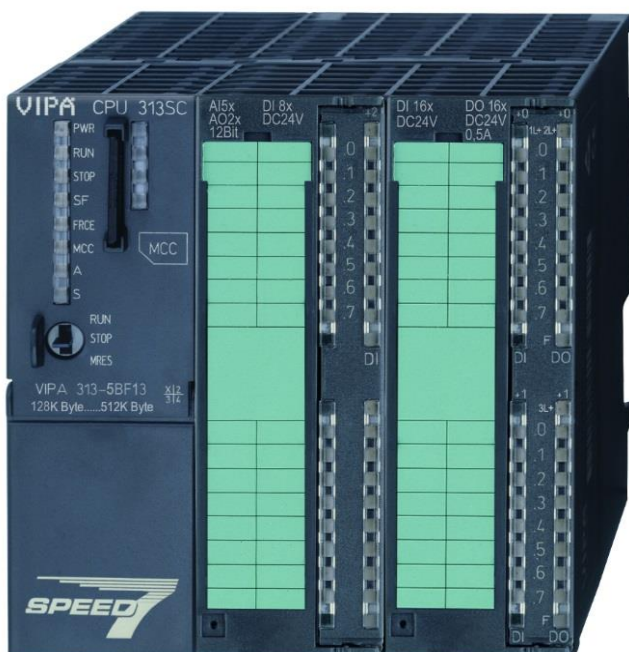
ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ХІМІЧНОГО РЕАКТОРА



СТРУКТУРНА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА



ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА



ПЛК VIPA 313-5BF13



Електромагнітний клапан

Іакса



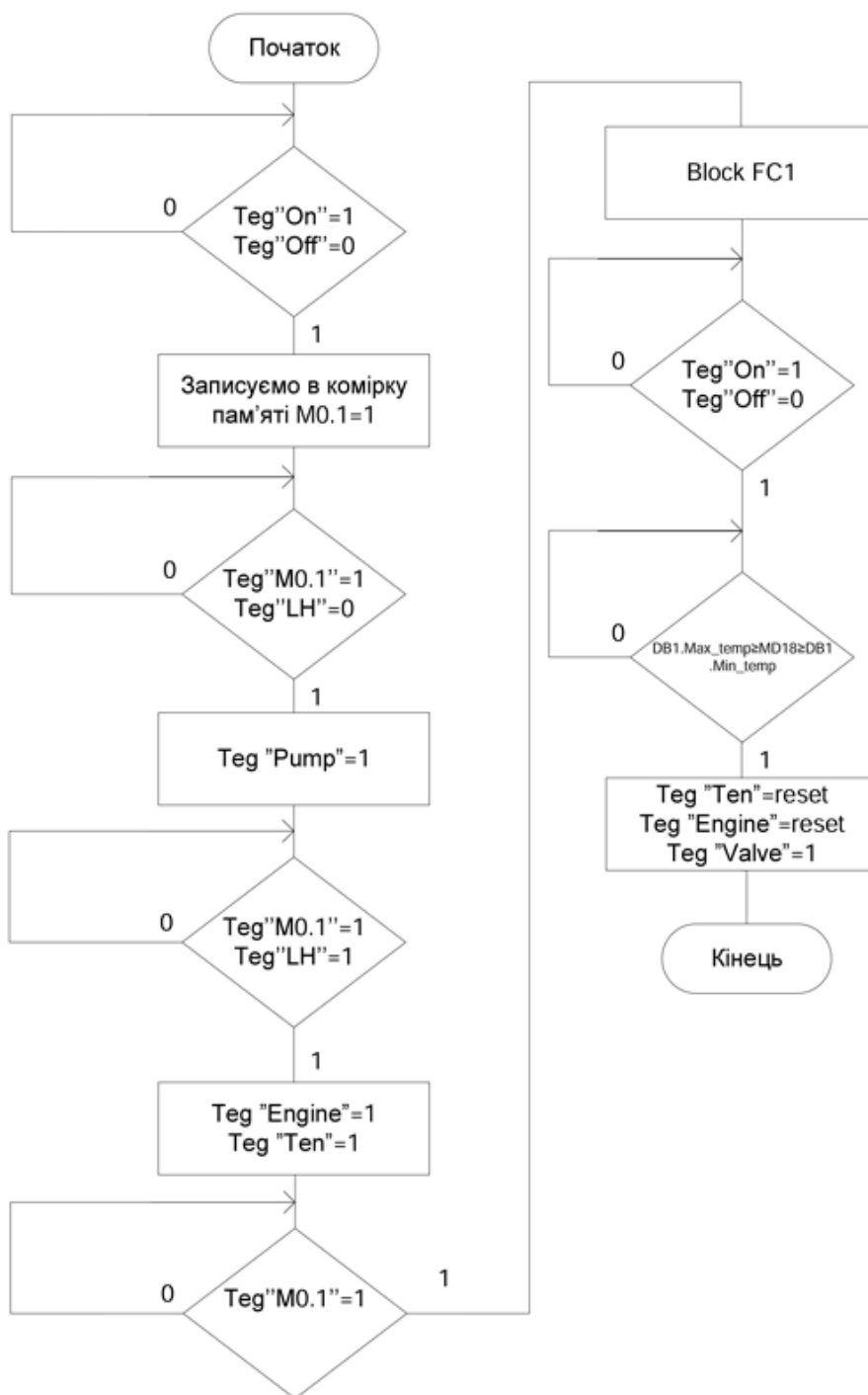
Кондуктивні реле (давач)
рівня Lovato LVM20



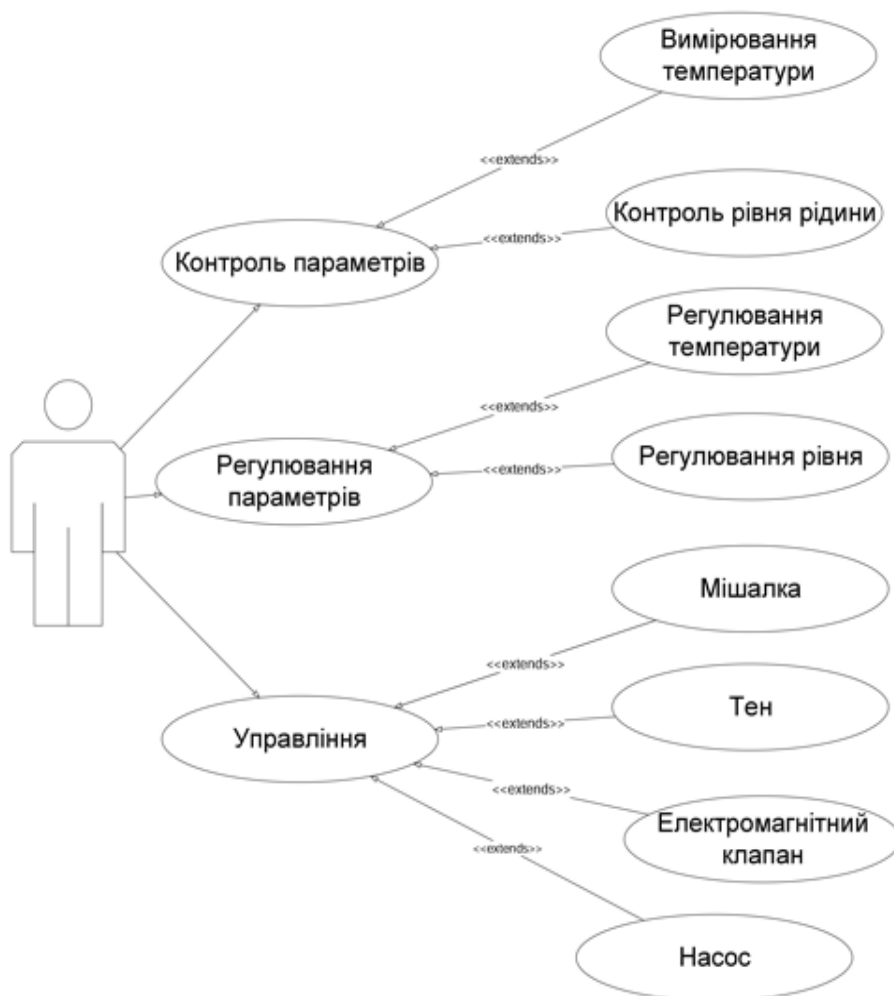
Давач температури PT-100

СХЕМА АЛГОРИТМУ РОБОТИ ХІМІЧНОГО РЕАКТОРА

СХЕМА ПРОГРАМИ УПРАВЛІННЯ

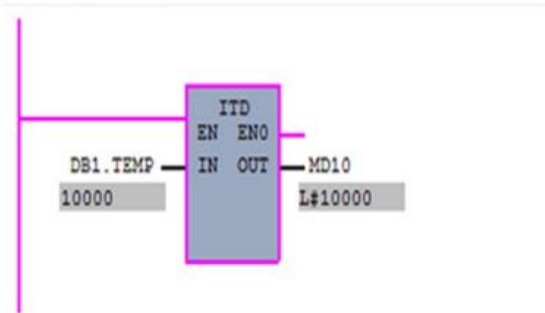


UML-ДІАГРАМА ВАРІАНТІВ ВИКОРИСТАННЯ



РЕЗУЛЬТАТИ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

19% Результати машинного експерименту для підпрограми перетворення температури



Результати машинного експерименту головної програми управління хімічним реактором

