

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до курсової роботи з дисципліни
«Проектування вимірювальних систем»
для студентів спеціальності
152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
денної і заочної форм навчання

Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Проектування вимірювальних систем» для студентів спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка денної і заочної форм навчання / Укл.: О.В. Василенко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 71 с.

Укладач: О.В. Василенко, доц., канд. техн. наук

Рецензент: Г.В. Сніжної, проф., доктор техн. наук

Відповідальний за випуск: А.В. Коротун, доц., канд. фіз.-мат. наук

Затверджено
на засіданні кафедри
мікро- і наноелектроніки

Протокол №7
від «26» 11 2020 р.

Рекомендовано до видання
НМК ФРЕТ
Протокол № 4
від «10» 12 2020 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ВКАЗІВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО СКЛАДУ РОБОТИ . .	7
1.1 Зміст текстової частини	7
1.2 Вказівки та рекомендації до окремих розділів	7
1.3 Рекомендації до оформлення	9
2 ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	11
3 ПРИКЛАД ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ	27
3.1 Використання ПЛК для регулювання	27
3.2 Етапи проєктування автоматизованих систем	27
3.3 Порядок автоматизованого проєктування	28
3.4 Приклад розробки САР	28
3.4.1 Опис параметрів об'єкта, що буде автоматизовано	29
3.4.2 Структуризація моделі	30
3.4.3 Налаштування програмного регулятора	31
3.4.4 Розробка СК автоклавом на ПЛК	32
3.4.5 Вибір елементної бази СК автоклавом	33
3.4.6 Структурний та параметричний синтез СК	33
3.4.7 Розробка ПЗ для СК	35
3.4.8 Порядок розробки схем підключення засобів керування .	37
4 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ В SCADA	38
4.1 Вивчення структури та функціональних можливостей САПР TRACE MODE	38
4.2 Опис функціонування комп'ютеризованої системи керування технологічним процесом за допомогою мови SFC . .	40
4.3 Проєктування та реалізація структурної схеми САК	41
4.4 Розробка мнемосхеми САК в САПР TRACE MODE	50
4.5 Реалізація блока керування САК в САПР TRACE MODE . .	54
4.6 Завдання № 6 Робота зі звітом тривоги в САПР TRACE MODE	58
КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ	62
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	64
ДОДАТОК А. РЕКОМЕНДОВАНІ ТЕМАТИКА КУРСОВИХ РОБІТ	66

ДОДАТОК Б. ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ ТИТУЛЬНИХ СТОРИНОК ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	67
ДОДАТОК В ПРИКЛАДИ ОФОРМЛЕННЯ ТАБЛИЦЬ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОЗНАК ТА ПРИСТРОЇВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	69
ДОДАТОК Г. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОКЛАВА ПАРОВОГО	70
ДОДАТОК Д. ПРИКЛАД ОПИСУ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ. .	71

ВСТУП

В курсі «Проектування вимірювальних систем» студенти мають навчитися автоматизувати процеси вимірювання і контролю [1-3].

В результаті вивчення дисципліни студент зобов'язаний

знати:

- принципи проектування вимірювальних систем (ВС) на базі SCADA;
- архітектуру та функціональне призначення SCADA-систем, зокрема Trace Mode 6 [4];
- основні поняття і визначення, використовувані в сучасних SCADA;
- основні етапи проектування і настройки програмних засобів SCADA при автоматизації технологічних процесів, при проектуванні автоматизованих систем вимірювання та керування технологічними процесами (АСКТП) тощо;
- мови програмування для контролерів, реле керування тощо;

вміти:

- використовувати інструментальні засоби SCADA для проектування інформаційного забезпечення вимірювальних систем та АСКТП;
- використовувати виконавчі модулі SCADA для організації атоматизованого робочого місця (АРМ);
- створювати графічний інтерфейс користувача;
- розробляти програми на мовах ST, FBD;
- будувати проєкт ВС та АСКТП в SCADA для автоматизації нескладних вимірювальних та технологічних процесів;
- проектувати інформаційно-вимірювальні системи на базі інтелектуальних реле та мікроконтролерів; програмувати задачі з автоматизації на базі інтелектуальних реле в середовищі EasySoft.

Основні принципи, якими слід користуватися при розробці систем автоматизації:

- рівень автоматизації конкретного технологічного процесу повинен бути економічно доцільним;
- при виборі технічних засобів автоматизації слід надавати перевагу тим засобам, що виготовляються серійно і є засобами вітчизняного виробництва;
- місце встановлення технічних засобів автоматизації повинно

відповідати умовам їх експлуатації (вибухо- та пожежобезпеки, агресивності навколишнього середовища та ін.);

- не переобтяжувати щити чи пульти операторського пункту надмірною кількістю приладів, краще використати засоби централізованого контролю, регулювання та керування – мікроконтролери чи керуючі мікропроцесорні комплекси.

Потужним засобом автоматизації збору та візуалізації інформації, яка надходить з сенсорів вимірювальних систем (ВС) є програми класу SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Системи SCADA використовуються для моніторингу та керування установками або обладнанням у таких галузях, як телекомунікація, керування водою та відходами, енергетика, переробка та транспортування нафти та газу тощо. Тому основна та графічна частина курсової роботи можуть бути виконані в SCADA [4].

Задачами курсової роботи є:

- проєктування системи автоматизації вибраного технологічного процесу в тому числі засобами SCADA;
- аналізу технологічного процесу (устаткування) як об'єкту автоматизації;
- формулювання функцій системи автоматизації;
- обґрунтування вибору засобів автоматизації, які зможуть реалізувати ці функції;
- синтезу обґрунтованої системи автоматизації в складі систем контролю технологічних параметрів, регулювання основних визначальних параметрів, системи сигналізації, блокування і захисту та системи дистанційного керування;
- проєктування функціональної схеми автоматизації, яка б відображала обґрунтовану систему автоматизації.

Робота має на меті розробку схеми автоматизації (СА) конкретного технологічного процесу та її опису в наступному складі:

- технологічний контроль;
- автоматичне регулювання;
- технологічна сигналізація, блокування та захист;
- дистанційне керування, а також розробку специфікації засобів автоматизації, що реалізують цю схему.

1 ВКАЗІВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО СКЛАДУ РОБОТИ

Курсова робота складається з текстової частини (пояснювальна записка) і графічного матеріалу. Графічний матеріал може бути представлений презентацією та копіями її сторінок, які необхідно розмістити наприкінці пояснювальної записки в якості додатку.

1.1 Зміст текстової частини

Вступ

Короткий опис технологічного процесу.

Апарат (установка, процес) як об'єкт автоматизації.

Система автоматизації

Автоматичний контроль

Автоматичне регулювання

Сигналізація, блокування, захист

Дистанційне керування

Специфікація засобів автоматизації.

Графічний матеріал може складатися з функціональної схеми автоматизації (СА), із схеми автоматизації, виконаної в SCADA, із сторінок Технічного завдання тощо (в залежності від варіанту).

1.2 Вказівки та рекомендації до окремих розділів

Короткий опис технологічного процесу.

Наводиться короткий опис технологічного процесу з основними параметрами і їх регламентними значеннями.

Апарат (установка, процес) як об'єкт автоматизації.

Проводиться аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації. Обґрунтовується необхідність контролю конкретних технологічних параметрів. Для параметрів, що підлягають регулюванню, наводяться відповідні керуючі дії. Складається перелік параметрів, стан яких повинен сигналізуватися. Описуються дії системи блокування і причини, що викликають її спрацьовування. Наводиться перелік устаткування, для якого потрібно передбачити дистанційне керування.

Система автоматизації

Автоматичний контроль

Описуються всі контури автоматичного контролю з назвою параметру, місцем знаходження, позиції за СА і типом приладу, включаючи первинні перетворювачі (датчики), нормуючі перетворювачі, вторинні прилади. Ці дані повинні збігатися з даними специфікації на засоби автоматизації.

Автоматичне регулювання

Описуються всі контури автоматичного регулювання з назвою параметру, місцем знаходження, позиції за СА і типом приладу, включаючи первинні перетворювачі (датчики), нормуючі перетворювачі, вторинні прилади, регулятори, перетворювачі сигналів (при їх наявності), виконавчі механізми. Ці дані повинні співпадати з даними специфікації на засоби автоматизації.

Сигналізація, блокування, захист

Описуються схеми сигналізації, включаючи назву стану параметру чи устаткування, що сигналізується, і № відповідного сигнального пристрою (лампочка, сирена і т.п.). Описується система блокування, в т.ч. яка подія приводить до спрацювання системи блокування і за допомогою яких параметрів вона діагностується; які дії виконує система блокування і за допомогою яких виконавчих механізмів. Причини спрацювання системи захисту, її дії при спрацюванні і за допомогою яких виконавчих механізмів. При цьому слід вказувати як позиції відповідних пристроїв згідно СА, так і типи відповідних засобів автоматизації, що містяться в їх специфікації.

Дистанційне керування

Описуються системи дистанційного керування виконавчими механізмами як неперервної, так і дискретної дії: як за допомогою вбудованих у вторинні прилади або окремих панелей дистанційного керування, так і розташованих на місцевих щитах(пультах) чи щитах (пультах) оператора двопозиційних кнопок керування. Необхідно, крім назви виконавчого механізму, вказати № його позиції на СА, а також позначення для відповідних кнопок чи № позиції для панелі керування.

Специфікація засобів автоматизації

Специфікація засобів автоматизації виконується у формі

таблиці, в якій для кожного приладу вказуються:

- номер позиції приладу на СА;
- назва параметру;
- середовище і місце відбору інформації;
- місце монтажу;
- назва приладу, коротка характеристика;
- тип (марка моделі) приладу;
- завод-виробник;
- кількість.

Приклад такої специфікації є в [5].

1.3 Рекомендації до оформлення

Текстова частина виконується на листах формату А4, відступи стандартні; шрифт Times New Roman 14пт; абзац 1,25см; міжрядковий інтервал полуторний. Треба дотримуватися стандарту [6].

СА розробляється на основі аналізу технологічної схеми як об'єкту автоматизації. Внаслідок цього аналізу:

- встановлюються технологічні параметри, що підлягають контролю, регулюванню чи сигналізації їх відхилень від наперед визначених меж;
- встановлюються регулюючі дії, за допомогою яких досягають заданих значень регульованих параметрів;
- встановлюються дії системи блокування та захисту і причини, що викликають їх спрацьовування;
- встановлюється перелік устаткування (як технологічного, так і виконавчих механізмів системи автоматизації), стан якого підлягає дистанційному керуванню.

На СА відображають:

- технологічне устаткування та трубопроводи; зазвичай опускають технологічне обладнання і комунікації допоміжного призначення, на якому відсутні засоби системи автоматизації;
- використані технічні засоби автоматизації;
- лінії передачі сигналів; разом з технічними засобами вони складають контури контролю, регулювання, сигналізації, блокування, захисту чи дистанційного керування;
- місце розташування технічного засобу: на технологічному

устаткуванні, місцевому щиті чи шафі неподалік від технологічного устаткування (прилади місцевого розташування, по місцю), на щиті чи в шафі операторного пункту, що знаходиться в окремому приміщенні (на щиті);

- основні функції мікроконтролера чи керуючого мікропроцесорного комплексу (у випадку їх використання в даній СА).

Розгорнута СА виконується згідно ДСТУ Б А.2.4-3-95. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів [6].

Приклади виконання СА розгорнутим способом для окремих технологічних процесів знаходяться в [1-3, 5].

Рекомендовані теми курсової роботи знаходяться в Додатку А.

Приклади оформлення таблиць функціональних ознак та пристроїв системи автоматизації знаходяться в Додатку Б.

2 ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Приклад оформлення титульних сторінок технічного завдання (ТЗ) наведений в Додатку В.

На наступних сторінках ТЗ послідовно представляється інформація, наведена нижче.

Основа для розробки АСК ТП

Основою для розробки АСК ТП є протокол рішення технічної наради від "___20_року, затвердженого генеральним директором підприємства, а також Договір на розробку Техноробочого проекту із ЗАТ "Промавтоматика" № 854/10 від "___20_року.

В якості вихідних даних використані:

- специфікація устаткування по договору на постачання устаткування ВСА-8142/5 від "___20_року;
- проектна документація, виконана проектною організацією ТзОВ "Проект-система";
- ГОСТ 34.602-89 "Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на створення автоматизованої системи".

Терміни виконання робіт:

- Початок роботи – " " 20 року.
- Закінчення роботи – " " 20 року.

Джерела та порядок фінансування.

Робота фінансується виключно замовником.

Порядок оформлення та представлення Замовнику результатів роботи

Матеріали технічного проекту АСК ТП в складі:

1. ГОСТ 32.201-89 «Види комплектності та позначення документів при створенні автоматизованих систем».
2. Перелік документації технічного проекту у відповідності з договором ВСА-8142/5.

Розроблена система здається Замовнику у відповідності з:

1. ГОСТ 24.104-85 ЄСС АСУ «Автоматизовані системи керування. Загальні вимоги»,

2. ГОСТ 34.603-92 «Види випробувань автоматизованих систем».

Стадії та етапи роботи повинні бути оформлені та представлені в наступному порядку:

- документація технічного проекту приймається та утверджується Замовником через 1 місяць після початку робіт;
- монтажні та пусконаладжувальні роботи починаються через 1 місяць і закінчуються через 2 місяці після початку робіт;
- завершення оформлюється Актом завершення пусконаладжувальних робіт і представленням системи на випробувальний передгарантійний 72-годинний пробіг в присутності спеціалістів Замовника та Розробника. Завершення попередніх випробувань оформляється Актом приймання в експлуатацію;
- дослідна експлуатація тривалістю не менше 2-ох місяців завершується Актом вводу в постійну промислову експлуатацію через 4 місяці після початку роботи.

Вимоги до системи керування та захисту, встановлені даним Технічним завданням, не повинні обмежувати розробку системи в пошуку і реалізації більш ефективних технічних та техніко-економічних рішень.

Призначення і мета створення системи

Призначення системи. АСК ТП призначена:

- для цільового використання як завершеної системи під конкретний об'єкт автоматизації – підприємство ДП «Гальванік»;
- для стабілізації заданих режимів технологічного процесу шляхом контролю технологічних параметрів, візуального представлення та видачі управляючих дій на виконавчі механізми, як в автоматичному режимі так і в результаті дії технолога – оператора;
- для представлення аварійних ситуацій на технологічних вузлах шляхом опитування підключених до Системи датчиків в автоматичному режимі, аналізу вимірних значень, і переключення технологічних вузлів у безпечний стан шляхом видачі керуючих дій на виконавчі механізми в автоматичному режимі, чи по ініціативі оперативного персоналу.

Мета створення системи. Метою створення системи є: стабілізація експлуатаційних показників технологічного обладнання в режимах параметрів технологічного процесу; покращення якості

очищення стічних вод гальванічного виробництва; зменшення матеріальних та енергетичних затрат; вибір раціональних технічних режимів функціонування з врахуванням показників промислових аналізаторів встановлених на потоках та оперативному коректуванні режиму по даних лабораторних аналізів; попередження аварійних ситуацій.

Ключовим критерієм якості роботи АСК ТП є стабільність заданих характеристик технологічного процесу. Крім того, досягнення вище зазначених цілей повинно сприяти покращенню екологічної обстановки за рахунок зменшення забруднення промислових стоків.

Характеристика об'єкта автоматизації

Технологічні процеси підприємства характеризуються великим числом змінних стану та керування складною кореляцією технологічних параметрів, дією на об'єкт численних збурень, зв'язаних з плановими переключеннями технологічних апаратів.

Технологічний процес є неперервним. Розроблена АСК ТП повинна мати можливість здійснення програмно-логічного керування по конкретних регламентованих послідовностях операцій.

Вимоги до системи

Вимоги до системи в цілому. Розроблена АСК ТП повинна відповідати ГОСТ 24.104-85 ЄСС АСУ «Автоматизовані системи керування. Загальні вимоги» з врахуванням вимог викладених в даному розділі.

Вимоги до структури та функціонування Системи. По функціональних ознаках структура АСК ТП розділяється на наступні категорії:

- Розподілена система керування (в подальшому РСУ), яка базується на спеціалізованій мікропроцесорній техніці призначеній для керування технологічним процесом разом з оперативним персоналом в режимі реального часу, та представлення інформації у вигляді технічних даних трендів, звітів – директору, головному інженеру, диспетчеру та головним спеціалістам.

- Периферійне обладнання – поняття, що об'єднує давачі, аналізатори перетворювачі, виконавчі механізми а також електричні приводи.

АСК ТП повинна бути орієнтована на роботу в жорсткому реальному часі, і бути передбачуваною тобто виконувати всі функції

періодично, в точно зазначений час.

Конфігурування та налаштування системи під конкретний об'єкт керування повинні проводитися в людино-машинному інтерактивному середовищі, кваліфікованими спеціалістами.

Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу

Персонал автоматизованої системи в відповідності від ролі причетності до технологічного процесу ділиться на дві категорії:

- 1) оперативний (технологічний) персонал;
- 2) експлуатаційний (обслуговуючий) персонал.

До оперативного персоналу належать особи, які беруть безпосередню участь в прийнятті рішень по управлінню технологічним процесом та у виконанні функцій захисту.

Кількість та кваліфікація технологічного персоналу визначається діючим штатним розкладом. Впровадження системи не вплине на чисельність персоналу, проте потребує від нього спеціальної підготовки.

Обслуговуючий персонал підрозділу АСК ТП складатиметься з наступних категорій:

- начальник сектору АСК ТП;
- інженер-електрик;
- інженер-програміст.

Перед вводом системи в експлуатацію технічний та експлуатаційний персонал повинен пройти навчання. Крім персоналу АСК ТП, роботу системи забезпечує ремонтний персонал, який не бере участь в функціонуванні системи, проте може відремонтувати її.

Вимоги до надійності

Показники надійності Системи повинні відповідати вимогам ГОСТ 24.701-86 ЄСС АСУ «Надійність автоматизованих систем керування. Основні положення». Забезпечення необхідного рівня надійності потребує проведення спеціального комплексу робіт, що виконуються на різних стадіях створення і експлуатації АСК ТП.

Необхідний рівень надійності конкретної АСК ТП повинен забезпечуватися спеціальним комплексом робіт, що проводяться на всіх етапах створення і функціонування системи.

На всі технічні засоби в документації повинен бути вказаний визначений термін служби чи визначений ресурс. Середній термін

служби системи в цілому – не менше 10 років з врахуванням проведення відновлюваних робіт.

Вимоги безпеки

Технологічні процеси даного виробництва характеризуються використанням токсичних, пожежо- і вибухонебезпечних продуктів, що в сукупності вимагає жорстких вимог до АСК ТП.

В зв'язку з цим використані в складі АСК ТП технічні засоби, встановлені безпосередньо на технологічних установках, по захисту від дії навколишнього середовища повинні мати вибухозахищене виконання, що відповідає категоріям вибухонебезпеки технологічного процесу і використаним на виробництві продуктам. Інші технічні засоби, що встановлюються в приміщеннях керування – нормального виконання.

В приміщеннях керування повинні бути передбачені автономні контури заземлення, не зв'язані гальванічно з контурами заземлення будь-яких інших виробничих приміщень, а також нейтраллю трифазної мережі.

Опір заземлюючого пристрою між корпусом будь-якої частини обладнання системи і землею не повинно перевищувати 4 Ом у будь-яку пору року. В загальному повинні бути передбачені два контури заземлення для обладнання РСУ і ПАЗ:

- контур захисного заземлення з опором не більше 4 Ом;
- при наявності іскробезпечних кіл з пасивними бар'єрами

Зенера – контур «чистого» заземлення з опором не більше 1 Ом.

Вимоги безпеки при монтажі, налагодженні, експлуатації, обслуговуванні і ремонті технічних засобів системи повинні бути приведені в документації на технічні засоби.

Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і зберігання. Функціонування системи повинно бути розраховане на цілодобовий режим роботи, із зупинкою на профілактику не частіше, ніж 1 раз на рік в період капітального ремонту.

Види, періодичність і регламент обслуговування технічних засобів повинні бути вказані у відповідних інструкціях по експлуатації.

Основні технічні засоби РСУ будуть розміщатися в приміщеннях керування. Приміщення, в яких повинні розміщуватися дані технічні засоби, повинні відповідати вимогам інструкції по

проектуванню будівель і приміщень для ЕОМ.

Вимоги щодо збереження інформації при аваріях. Тимчасова відмова технічних засобів або втрата електроживлення не повинні призводити до порушення накопиченої або усередненої в часі інформації, та до втрати поточних виходів на регулюючі органи.

Вимоги до стандартизації та уніфікації

Система, що розробляється, повинна бути універсальною, забезпечувати можливість її використання на широкому класі об'єктів керування та відповідати досягнутому світовому рівню в області створення АСК ТП за функціональним розвитком, зручності експлуатації та обслуговування.

Вимоги до функцій, що реалізуються системою

Відповідно до ГОСТ 24.104-85 ЄСС АСУ «Автоматизовані системи керування. Загальні вимоги» РСУ повинна забезпечувати:

1. Автоматизований збір та первинну обробку технологічної інформації;
2. Автоматичний контроль стану технологічного процесу, попереджувальну сигналізацію при виході технологічних показників за встановлені межі;
3. Керування технологічним процесом в реальному масштабі часу;
4. Надання інформації в зручному для сприйняття та аналізу вигляді на кольорових графічних операторських станціях у вигляді графіків, мнемосхем, гістограм, таблиць і т.п.
5. Автоматичну обробку, реєстрацію та збереження виробничої інформації, що надходить, розрахунок усереднених, інтегральних і питомих показників;
6. Автоматичне формування звітів і робочих (режимних) листів за затвердженою формою за певний період часу, та виведення їх на друк за розкладом та на вимогу;
7. Отримання інформації від системи протиаварійного захисту (ПАЗ), сигналізацію і реєстрацію спрацювання системи ПАЗ;
8. Підготовку вихідних даних для розрахунку матеріальних і енергетичних балансів по виробництву, розрахунків норм витрат по сировині, реагентам, енергетиці;
9. Автоматизовану передачу даних в загальнозаводську мережу та єдину («корпоративну») мережу підприємства;

10. Захист баз даних і програмного забезпечення від несанкціонованого доступу.

Збір і первинна обробка інформації включає в себе опитування аналогових і дискретних датчиків, ввід ініціативних сигналів змін стану обладнання, число імпульсних сигналів інтегруючих лічильників, масштабування і переведення в дійсні значення у відповідності з градуйованими характеристиками аналогових вимірювальних елементів, фільтрацію сигналів від високочастотних перешкод та викидів.

Для функції керування повинна бути забезпечена реалізація основних законів регулювання. В кожному контурі повинна бути передбачена можливість дистанційного («ручного») керування зі станцій технолога-оператора, а також безударний перехід з режиму ручного керування на автоматичне і навпаки. Для оперативного персоналу, який має відповідні права доступу, повинна бути передбачена можливість налаштування параметрів Системи керування з інженерної станції і зі станцій технолога-оператора.

Супровід інформаційного та програмного забезпечення здійснюється за допомогою програмних засобів, орієнтованих на обслуговуючий персонал. Засоби розробки повинні забезпечувати можливість створення та конфігурування інформаційно-керуючих функцій системи, редагування, візуалізації та самодокументування.

Вимоги до видів забезпечення

Вимоги до інформаційного забезпечення. Інформаційне забезпечення АСК ТП включає в себе наступні категорії даних:

- поточні значення технологічних змінних, що надходять в систему в результаті опитування датчиків та первинної переробки інформації;
- усереднені або згладжені за певний період часу значення змінних;
- межі змінних різних рівнів, настройка алгоритмів керування, інформація прив'язки програмного забезпечення до конкретного об'єкту;
- тексти програм та завантажувальні модулі.

Для обміну інформацією в межах Системи повинна бути створена база даних, що забезпечує доступ до даних з локальних елементів мережі, якими є:

- периферійні мікропроцесорні пристрої – підсистеми керування або контролери;
- багатофункціональні операторські станції – робоче місце технологічного персоналу;
- інженерна станція.

Для зручності роботи технологів-операторів з великими обсягами різноманітної інформації, та для створення відповідних стереотипів взаємодії з системою, Інформаційне забезпечення системи повинно бути структуризоване та мати ієрархічну організацію. Повинні бути передбачені наступні стандартні операційні панелі (дисплеї, кадри, вікна):

1. Панелі загального огляду;
2. Мнемосхеми;
3. Панелі групи приладів;
4. Панелі налаштувань;
5. Панелі сигналів тривоги;
6. Панелі реєстрації ходу процесу (тренди).

Технологу-оператору повинні бути надані прості та природні засоби виклику та введення даних для різних панелей, таких як :

- кнопка на функціональній клавіатурі;
- вказівник елемента на екрані;
- вибір з меню;
- введення даних через відповідну зону на екрані.

Усі налагоджувальні константи, інформація прив'язки, алгоритми розв'язку задач та тексти програм повинні зберігатись на дублюючих носіях та оновлюватись при внесенні змін в систему.

Вимоги до лінгвістичного забезпечення.

Для реалізації функцій АСК ТП повинні використовуватись сучасні засоби конфігурування та візуального програмування, орієнтовані на спеціалістів-розробників АСК ТП. Необхідно використовувати стандарт ІЕС 61131-3, що регламентує повноту і синтаксис мов технологічного програмування.

Вимоги до прикладного програмного забезпечення

Математичне забезпечення Системи повинно забезпечувати реалізацію перерахованих в даному ТЗ функцій, а також виконання операцій конфігурування, програмування, керування базами даних та

документування. Прикладне програмне забезпечення АСК ТП повинно забезпечити реалізацію алгоритмів контролю, регулювання та захисту, відображення інформації, сигналізації та архівації даних.

Вимоги до технічного забезпечення

Комплекс технічних засобів для РСУ і системи ПАЗ повинен бути достатнім для реалізації визначених ТЗ функцій, і будуватись на базі наступних спеціалізованих програмно-технічних комплексів:

- засоби КВП і А, в тому числі датчики, виконавчі механізми, електронні мікропроцесорні регулятори та поточні аналізатори якості;
- периферійні мікропроцесорні пристрої □ підсистеми керування, або контролери;
- багатофункціональні операторські та інженерні станції;
- засоби архівації даних;
- мережеве обладнання;
- засоби метрологічної повірки обладнання.

Система вимірювань має будуватись на базі електронних датчиків витрат, тиску, рівня, температури, перепаду тиску, інтегруючих лічильників, аналізаторів якості і складу.

Засоби вимірювань витрат, тиску, рівнів та перепадів тиску мають мати стандартні уніфіковані сигнали.

Виведення керуючих впливів, розрахованих за законами регулювання, повинно здійснюватись через модулі виведення аналогових струмових сигналів на електропнеумопозиціонери, встановлені на пневматичних виконавчих механізмах. Виведення дискретних керуючих впливів для керування електрообладнанням виконується через модулі виведення дискретних сигналів.

Вимоги до метрологічного забезпечення

Метрологічне забезпечення вимірювальних систем (ВС) повинно задовольняти вимогам закону про забезпечення єдності вимірювань, ДСТУ та правил з метрології.

Метрологічне забезпечення вимірювальних систем повинно відповідати ДСТУ 2709-94 "Метрологія. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Метрологічне забезпечення. Основні положення".

В специфікацію обладнання АСК ТП мають бути включені спеціальні технічні і програмні засоби для калібрування

вимірювальних каналів.

В номенклатуру контрольованих параметрів входять витрати рідини, газу і пари, температура, тиск, рівень, концентрація і т.д.

Для вимірювальних каналів ВС повинні бути представлені рекомендації (інструкції) щодо перевірки (калібрування) вимірювальних каналів, затвердженні в установленому порядку. Всі метрологічні характеристики вимірювальних і керуючих модулів повинні бути представлені фірмою-виробником в документації на технічні і програмні засоби. Межі допустимих значень похибок вимірювальних каналів не повинні перевищувати норми технологічного регламенту. Значення діапазону вимірювання і допустимі приведені похибки повинні бути визначеними при виборі устаткування і фірми-постачальника.

Вимоги до організаційного забезпечення

Організаційне забезпечення АСК ТП повинно бути достатнім для ефективного виконання персоналом покладених на нього обов'язків по експлуатації системи. Організаційне забезпечення повинно включати вимоги по чисельності і кваліфікації персоналу АСК ТП і КВП, інструкції за кожним видом діяльності, і точне визначення виконуваних функцій.

Інструкції організаційного забезпечення для технологічного персоналу повинні визначати його дії при відмові технологічних засобів.

Склад і зміст робіт зі створення АСК ТП

Розробка АСК ТП і введення її в дію здійснюється відповідно до ГОСТ 34.601-90 «Автоматичні системи. Стадії створення».

Стадії створення АСК ТП, етапи і зміст робіт, а також організації-виконавці і терміни виконання повинні бути вказані в плані-графіку робіт з відображенням наступних етапів.

Перша технологічна нарада

Після закінчення договору на розробку проводиться перша технічна (організаційна) нарада з участю замовника, проєктної організації, розробника системи і постачальника устаткування для укладання угоди і уточнення специфікацій і характеристик системи.

На цьому етапі відбувається узгодження функцій системи керування, включаючи контури керування, контролю, сервісні функції

системи, функції протиаварійного захисту, блокування, сигналізацію, звіти по подіям. Узгоджуються обсяги робіт, які необхідно виконати кожному із учасників проєкту створення АСК ТП, термін виконання робіт, визначаються відповідальні особи і способи взаємодії.

Обробка вихідних даних

Наступні документи, які потрібні для виконання проєкту, повинні бути представлена розробнику на першій технічній нараді:

- пояснювальна записка технологічної частини проєкту;
- копія технологічного регламенту;
- інструкція по експлуатації, пуску і зупинці технологічного процесу;
- опис алгоритмів зв'язаного, послідовного і логічного керування;
- логічні схеми керування і протиаварійний захист;
- схеми електропостачання засобів автоматизації і приміщень керування;
- документація будівельної частини приміщення керування;
- специфікація польового устаткування;
- схеми підключення зовнішніх проведень від обладнання до кросових шаф в приміщення керування;
- плани розміщення існуючого устаткування в приміщенні керування.

Виконання робочого (техноробочого) проєкту

Розробник повинен виконати техноробочий проєкт на РСУ і представити замовнику для узгодження в термін, визначений договором на розробку проєкту.

В техноробочому проєкті повинні бути представлені наступні види документів:

- документація на загальносистемні рішення;
- документація на технічне забезпечення;
- документація на інформаційне забезпечення;
- документація на прикладне програмне забезпечення;
- документація на стандартне програмне забезпечення;
- документація на організаційне забезпечення.

Розробники системи повинні вирішувати питання раціонального розподілу вхідних і вихідних сигналів по модулях введення-

виведення згідно технологічних вузлів для зручності при монтажі та експлуатації, а також для мінімізації часу обробки контурів керування.

Навчання персоналу замовника

Спеціалісти замовника повинні пройти навчання в навчальному центрі Розробника системи чи Постачальника устаткування.

Конфігурація функцій контролю і керування

Розробка, конфігурація, завантаження, тестування і налаштування функцій контролю і керування, а також конфігурація РСУ в цілому, виконуються Розробником системи. Прикладне програмне забезпечення передається замовнику на електронних носіях на стадії здачі робочої документації.

Конфігурація функцій представлення інформації

Весь обсяг роботи конфігурації функцій представлення інформації виконується Розробником. Паралельно з конфігурацією Системи будуть вестися курси навчання спеціалістів замовника, причому практичні заняття будуть включати реальні конфігураційні задачі на реальній системі.

В обсяг конфігурації функцій відображення входять:

- розробка і конфігурація зображення (мнемосхем) діляниць технологічного процесу обв'язуванням КВП і контурами керування;
- конфігурація відображення параметрів, які знаходяться в стані сигналізації чи блокування;
- розробка і конфігурація графіків змін параметрів у часі;
- генерація і виведення технологічних звітів, системних звітів, хронологічного переліку технологічних і системних подій.

Монтаж і пусконаладження

Для безпосереднього виконання монтажних і налагоджувальних робіт задіюють спеціалізовані монтажні-налагоджувальні організації.

Після налагодження канали підлягають повірці або калібруванню. Повірка або калібрування вимірювальних каналів ВС повинні проводитись Державною метрологічною службою або метрологічною службою підприємства Замовника в залежності від призначення ВС, і дані про її використання в сфері державного метрологічного контролю і нагляду.

Пуск АСК ТП в експлуатацію

Кожен канал регулювання, контролю, сигналізації і блокування

настроюється в індивідуальному порядку у відповідності з програмою і методикою іспиту.

Після закінчення налагоджувальних робіт по всіх контурах і сервісним функціям, вся система повністю в автоматичному режимі буде поставлена на випробувальний передгарантійний пробіг (попередні випробування), який полягає в безперервній і безвідмовній роботі протягом 72-х годин в присутності спеціалістів Розробника і Замовника.

Після успішного завершення попередніх випробувань підписується спільний Акт про здачу АСК ТП в експлуатацію.

Гарантійний термін

Гарантійний термін має бути не менше 12 місяців з моменту запуску системи в промислову експлуатацію, але не більше 18 місяців з дня поставки обладнання на склад замовника в залежності від того, що наступить раніше.

Протягом гарантійного терміну спеціалісти Розробника при першій потребі Замовника повинні перебувати на площадку Замовника для усунення несправностей і відмов, або для представлення кваліфікованих консультацій.

Порядок контролю і приймання

Ведення в дію розроблюваної АСК ТП здійснюється у відповідності з вимогами ГОСТ 34.601-90 «Автоматизовані системи. Стадії створення» і ГОСТ 34.604-92 «Види випробувань автоматизованих систем».

Програми всіх етапів випробування складають Розробник на основі документу техноробочого проєкту «Програма і методика випробування (ПМ)», і затверджуються Замовником.

Програми випробування повинні передбачувати види перевірок:

1. Перевірка комплексу технічних засобів і стандартної технологічної документації;
2. Перевірка складу і змісту документації технологічного проєкту;
3. Автоматична перевірка готовності комплексу технологічних засобів;
4. Метрологічна перевірка вимірювальних параметрів;
5. Перевірка відмовостійкості і функцій самодіагностики;
6. Перевірка реалізації функцій АСК ТП на відповідність

вимогам Технічного завдання;

7. Перевірка кваліфікації і рівня підготовки оперативного (технологічного) і експлуатаційного (обслуговуючого) персоналу для роботи в умовах функціонування АСК ТП.

За результатами етапу випробування оформляється звітна документація. До звітної документації відносяться Протоколи і Звіти по результатах випробувань. В додаток має включатися перелік методів випробування. Звітна документація підписуються членами комісії (членами робочих груп, сформованих із членів комісії), і затверджується головою комісії. Приймальну комісію створюють наказом по підприємству. В склад комісії входять представники Замовника, Розробника, і представника технагляду.

Згідно з ГОСТ 34.603-92, Приймальній комісії повинна бути представлена наступна документація:

1. Технічне завдання на створення АСК ТП;
2. Виконавча документація по монтажу;
3. Протокол попереднього випробування;
4. Програма випробування;
5. Акт приймання Системи в експлуатацію;
6. Робочі журнали експлуатації Системи;
7. Акт про закінчення робіт по перевірці Системи в режимі експлуатації;
8. Технічна і проєктна документація на Систему.

Перед пред'явленням Системи на приймання випробування повинна бути дороблена технологічна і проєктна документація по зауваженню Протоколу попереднього випробування, і Акту про закінчення робіт по перевірці Системи в режимі експлуатації.

Згідно з ГОСТ 34.603-92, пункт 4.10, протоколи окремих перевірок узагальнюються в єдиному Протоколі, на основі яких робляться висновки про можливості оформлення Акту прийняття АСК ТП в постійну (промислову) експлуатації. Допускається по рішення Приймальної комісії доопрацювання технологічної документації Системи після її введення в дію. Термін доопрацювання вказуються в Протоколі приймальних випробувань.

Результати приймальних випробувань оформляються:

1. Заключним Протоколом випробування;
2. Актом про прийняття АСК ТП в промислову експлуатацію;
3. Створюється наказ «Про введення АСК ТП в промислову

експлуатацію».

Вимоги до складу і змісту робіт по підготовці об'єкта до вводу АСК ТП в дію:

Замовник на стадії розроблення і впровадження АСК ТП повинен забезпечувати виконання наступних заходів:

- формування підрозділів обслуговування АСК ТП;
- приймання Технічного проєкту і Робочої документації відповідно до Технічного завдання та Плану-графіка робіт;
- організацію робіт щодо заміни існуючих засобів КВП, а також монтажу засобів КВП і А;
- організацію будівельно-монтажних робіт щодо реконструкції операторських приміщень і монтажу засобів обчислювальної техніки;
- забезпечення і організацію робіт щодо перевірки (калібрування) вимірювальних каналів;
- організацію проведення комплексного налагодження Системи;
- організацію попереднього і приймальних випробувань;
- забезпечення обслуговування Системи з моменту її здачі в експлуатацію;
- організацію навчання технологічного персоналу і спеціалістів підрозділу АСК ТП об'єкта автоматизації.

Розробник сумісно із Замовником мають забезпечити:

- наявність діючих ліцензій на право проведення проєктування і розробки АСК ТП;
- якісне виконання документації Технологічного і Робочого (технологічного) проєктування;
- проведення навчання технологічного персоналу і спеціалістів підрозділу АСК ТП об'єкта автоматизації;
- синхронне виконання проєктних робіт з терміном постачання технічних засобів АСК ТП, включаючи польове обладнання;
- синхронне виконання проєктних робіт з планом будівельних робіт, монтаж обладнання КВП і засобів обчислюваної техніки;
- перевірку стану технічних засобів АСК ТП і якісної перевірки (калібрування) вимірювальних каналів;
- проведення комплексу робіт щодо налагодження Системи;
- своєчасні проведення попередніх і приймальних випробувань Системи.

Потреби в документуванні. Вимоги до змісту документів, що

розробляються при створенні автоматичної системи, встановленні вказівками РД 50-34.698-90 «Автоматизовані системи. Вимоги до змісту документів», а також відповідно до державних стандартів:

- Єдиної системи програмної документації (ЕСПД);
- Єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД);
- Системи проектної документації для будівництва (СПДБ)
- ГОСТ 34.602-89 «Технічне завдання на створення автоматизованої системи».

Зміст документів є загальним для всіх видів автоматичних систем і, при необхідності, може доповнюватись Розробником залежно від особливості конкретної створюваної Системи. Допускається включати в документацію додаткові розділи і дані, об'єднувати і видаляти розділи.

У складі техноробочого проекту розробляється документація щодо загальних рішень, організаційного, технологічного, інформаційного і програмного забезпечення, а також проектно-кошторисна документація. Відповідно до ГОСТ 34.201-89, п.1.3.1, табл. 2 «Найменування конкретних документів, що розробляються при проектуванні системи в цілому чи її частин», види документів, що розробляються на стадіях Технологічного проектування і Робоча документація, і тих, що стосуються проектно-системних рішень, виконуються Проектною організацією.

Склад проектної документації

1. Структурна схема системи автоматизації.
2. Структурна схема комплексу технічних засобів (КТЗ).
3. Функціональна схема автоматизації технологічного процесу.
4. План розташування щитів, пультів, засобів обчислювальної техніки.
5. Заявочні відомості приладів і засобів автоматизації, засобів обчислювальної техніки, електроапаратури, трубопровідної арматури, щитів і пультів, основних монтажних матеріалів і виробів.
6. Локальний кошторис на монтажні роботи, придбання і монтаж технічних засобів систем автоматизації;
7. Пояснювальна записка.
8. Завдання генпроектувальнику.

3 ПРИКЛАД ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

3.1 Використання ПЛК для регулювання

У світі все більше застосування знаходять локальні інтелектуальні мікросистеми керування, що дозволяють структурувати складну систему на взаємодіючі складові, а алгоритм функціонування комплексу розбити на виконання елементарних завдань під керуванням командного процесора.

У складі виробничих комплексів АСК ТП завдання локального регулювання процесів вирішуються за допомогою програмованих логічних контролерів (ПЛК), які виконують прописаний в них у вигляді функцій алгоритм керування. Такі алгоритми забезпечуються виключно засобами програмного забезпечення.

ПЛК є гнучкою модульну мікропроцесорну систему керування, орієнтовану на промислове застосування. Поставляються засоби розробки ПЗ для ПЛК включають себе весь спектр функціональних можливостей, починаючи від керування обладнанням і закінчуючи візуалізацією процесу, веденням баз даних і системи звітності.

Розрахунок згідно алгоритмам конкретного регулятора виконується процесором ПЛК в певні інтервали часу – інтервали дискретизації. Результати розрахунків, значення вхідних і вихідних змінних (тобто, рівні виміряних і керуючих сигналів), а також рівні сигналів (щодо меж їх допустимих значень) зберігаються в області пам'яті, закріпленої за даним контуром регулювання, звідки і пересилаються на керування обладнанням.

3.2 Етапи проєктування автоматизованих систем

Ключові етапи комплексного проєктування автоматизованих систем:

- 1) збір доступної інформації про об'єкт дослідження і вимог до нього;
- 2) опис структури системи і взаємозв'язків між елементами, набору вхідних і вихідних величин блоків і системи в цілому;
- 3) завдання алгоритмів і законів функціонування кожного із

структурних елементів системи;

4) створення повної моделі досліджуваної системи в вибраному середовищі моделювання визначення та присвоєння значень параметрів моделі;

5) уточнюючі випробування окремих блоків, підстроювання параметрів і оцінка адекватності їх роботи;

6) зняття характеристик існуючої або аналогічної реальної системи, звірка результатів з характеристиками моделі;

7) дослідження отриманої моделі змішаної системи, отримання необхідної інформації.

3.3 Порядок автоматизованого проєктування

Порядок оптимального автоматизованого проєктування:

1. Описати принцип роботи та склад системи автоматизації за заданою функціональною схемою автоматизації.

2. Створити структурну схему заданої системи автоматизації та структурну схему одного з контурів автоматичного регулювання, накресливши її згідно вимог Держстандарту. Описати всі основні блоки схеми у вигляді специфікації.

3. Розробити математичні моделі для обраного рівня абстракції.

4. Провести одноваріантний аналіз, перевірити «початкову схемну надійність» (чи пристрій/система працюють згідно їхнього функціонального призначення?).

5. Провести багатоваріантний аналіз, визначити напрями параметричної оптимізації.

6. Провести параметричну оптимізацію, узгодити параметри із тими, що випускаються серійно, повторити п.4.

3.4 Приклад розробки САР

Завдання: на етапі ескізного проєктування провести попередні дослідження по автоматизації автоклава парового (автоматизації процесу термостатування в автоклаві), визначити напрями автоматизації та запропонувати (аргументувати) апаратне та програмне забезпечення для цього.

3.4.1 Опис параметрів об'єкта, що буде автоматизовано

З технічної документації вибираємо наступні дані автоклава: камера є герметичною оболонку з нержавіючої сталі, об'єм робочої камери 4.5 м^3 . Матеріал оболонки – нержавіюча сталь товщиною 50мм. Вага оболонки розраховуємо через щільність матеріалу і обсяг, отримуємо $m_k=4700 \text{ кг}$. Питому теплоємність стали беремо з довідника.

Величина сумарної теплоємності камери і тиску парової магістралі є ключовими параметрами моделі. На відміну від величини робочого тиску парової магістралі, величина теплоємності камери визначається непрямим шляхом і вимагає уточнення шляхом тестової одноразової прогонки обладнання та звірки отриманих характеристик з характеристиками моделі.

Для підвищення загального ККД установки, передбачається зовнішній ізоляційний шар, що знижує втрати тепла. Швидкість втрати тепла через всю площу стінок автоклава задаємо орієнтовно 6 годин. Під час проведення попереднього моделювання дослідним шляхом підбираємо його величину.

На початку циклу стерилізації в камеру завантажується партія препарату. Одна завантаження камери становить 2 візки по 36 касетниці, по 500 ампул по 10 ml кожна, що відповідає вазі препарату $m_n \approx 500 \text{ кг}$.

Питома теплоємність препарату не постійна і залежить від кожного конкретного випадку найменування препарату. Однак, внаслідок того, що препарат готується на водній основі і має відносно малу масу, прийmemo, що його питома теплоємність дорівнює теплоємності рідкої води.

Для зрівнювання температури по всьому об'єму камери передбачена система циркуляції води по камері, що складається з клапана K8 (Додаток Г), насоса НЗ, клапана K10 і системи форсунок вгорі камери.

Щоб уникнути точкового перегріву препарату і розтріскування скляних ампул, пар, через регульований клапан подається не безпосередньо в камеру, а в потік циркулюючої води перед її подачею на систему форсунок.

Масу циркулюючої води знаходимо з умови заповнення камери до рівня 0,3 м і отримуємо $m_b \approx 100 \text{ кг}$.

Енергоносієм, що забезпечує нагрів камери і підтримання температури, є перегрітий водяний пар, що надходить із заводської магістралі. Тиск в котлі парогенератора підтримується на рівні 2.5 (атм), а пароперегрівач піднімає температуру пара до 130 ° С.

Для забезпечення можливості регулювання потоку пара його подають по магістральній трубі діаметром Ø100 мм, через регулюючий клапан с максимальним вікном просвіту, відповідно, $\Delta S^{\max}(\text{м}) = 7.5 \cdot 10^{-3} (\text{м}^2)$.

Перед початком циклу стерилізації відкривається повітряний клапан КПЗ і вакуум-насос створює розрядження порядку 0,3 атм. Розраховуємо загальну теплоємність автоклава.

3.4.2 Структуризація моделі

Для створення наочної моделі об'єкта необхідно провести його структуризацію, розбиваючи об'єкт на функціональні одиниці. Розбиття проводять за ознакою виконуваної завдання і пріоритетним законам, що діють у функціональному блоці на наступні ланки:

- виконавчі механізми, редуктори, механічні передачі, переміщення і механічна обробка об'єктів – в подібних блоках переважають закони механіки;

- нагрівачі, холодильники, топки, теплообмінники, парогенератори, конденсатори – такі блоки найбільш повно описуються законами термодинаміки;

- насоси, клапани, редуктори тиску, ресивери, магістральні трубопроводи – в цих об'єктах процеси відбуваються за законами гідродинаміки;

- силова електроніка і привід – описується електрофізичними законами;

- керуюча електроніка – функціонує відповідно до програмно – описаними поведінковими алгоритмами і математичними залежностями і так далі.

Виходячи з вищесказаного наш об'єкт моделювання розбивається на наступні функціональні ланки:

- клапан – описується законами механіки і гідродинаміки;
- камера автоклава – описується законами термодинаміки;
- термодатчик – електрофізичний перетворювач;

– регулятор – працює по математичним алгоритмам регулювання.

В результаті, отримуємо схему об'єкту і процесу (рис.3.1).

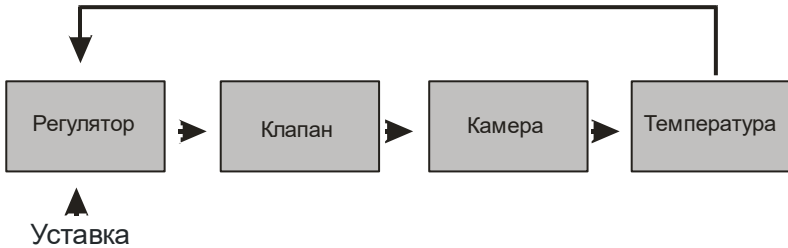


Рисунок 3.1– Схема тракту термостатування

Сигнал впливає на електродвигун, який починає обертатися з номінальною частотою ω_0 (інерційністю ротора двигуна нехтуємо). Це обертання через передавальний механізм редуктора перетворюється в лінійне переміщення Δ заслінки і зміни просвіту клапана подачі пари ΔS . Зміна просвіту ΔS забезпечує регулювання потоку пара Фп в камеру автоклава і зміна швидкості нагріву камери.

Для регулювання швидкості подачі рідини і газів застосовують різні конструкції клапанів. Їх принцип роботи заснований на зміні геометричних розмірів каналу проходження газу або рідини, чим і забезпечується регулювання потоку.

При підключенні регулюючого клапана до магістрального трубопроводу можна вважати тиск з його напірної сторони постійним, а залежність потоку від площі перетину каналу – лінійної (для невязких рідин, газів і перегрітої пари при невеликих тисках і швидкостях потоку) [5].

3.4.3 Налаштування програмного регулятора

Внаслідок сильної зашумленості каналу вимірювання температури і значного запізнення в системі доцільно відмовитися від застосування ПД-регулятора на користь П-регулятора. Це негативно позначиться на швидкості регулювання, однак такої швидкості розігріву цілком достатньо для забезпечення технологічних потреб.

Особливість даного об'єкта керування полягає в неприпустимості перегріву камери вище температури уставки (обмеження, що накладаються технологічними умовами) і великій різниці між швидкостями нагрівання й охолодження (асиметрія об'єкта регулювання). Отже, для запобігання перегріву і забезпечення якісного підтримки температури необхідно налаштувати ПІ-регулятор для роботи в астатичному (нестійкому) режимі. Попередньо підбираємо настроювальні коефіцієнти регулятора за формулами:

$$K_p = \frac{0.4}{\tau/T} = \frac{0.4}{37 / 300} = 3.23$$

$$T_i = 6 \cdot \tau = 6 \cdot 37 = 222$$

3.4.4 Розробка СК автоклава на ПЛК

Основним фактором вибору бази для системи керування на базі персонального комп'ютера (ПК), програмованого логічного контролера (ПЛК) або програмованого реле (Smart relay) є необхідність створення автономної системи контролю і звітності, що функціонує в автоматичному режимі з мінімальною участю оператора, і як наслідок – відсутність необхідності в потужному графічному процесорі.

Основні переваги ПЛК:

- виключно висока надійність;
- можливість одночасної обробки декількох алгоритмів зі строго детермінованим часом реакції;
- наявність процесорів RISC-архітектури (Reduced Instruction Set Computing);
- масштабованість системи;
- висока швидкість обміну даними між декількома процесорними модулями;
- можливість апаратного резервування;
- підтримка практично всіх існуючих польових шин і комунікаційних інтерфейсів.

3.4.5 Вибір елементної бази СК автоклавом

Функції керування технологічним обладнанням виконує ПЛК, система архівації, звітності і людино-машинний інтерфейс (НМІ) реалізовані на базі операційної панелі (ОП).

Комплекс розміщується в єдиному шафі керування в кімнаті стерилізації і з'єднується з устаткуванням кабельними лініями.

У ролі ПЛК виступає промисловий контролер S7-315 Siemens. Даний контролер сімейства S7 служить для автоматизації малих і середніх систем керування, має всі необхідні мережеві інтерфейси і модульну структуру, набір мов програмування стандарту IEC-61131.3, що забезпечує його високу гнучкість і адаптивність до конкретного завдання автоматизації.

Основним елементом керування СК є панель оператора MP-270b Siemens. Панель працює під керуванням ОС Windows, має зручний графічний інтерфейс, підтримку додаткових програм користувача і знімний накопичувач на флеш - картах пам'яті для зберігання архівної інформації системи звітності.

Головним аргументом на користь вибору обладнання автоматизації SIMATIC Siemens [15] є висока швидкість створення проекту, що досягається за рахунок технології ТІА (Totally integrated automation) і припускає повну інтеграцію компонентів системи в єдиному проекті.

3.4.6 Структурний та параметричний синтез СК

Відповідно до комплексу функцій, що реалізуються, а також підвищеними вимогами до надійності систем керування обладнанням, структурна схема АСК ТП являє собою багаторівневу ієрархічну структуру з розподіленими функціями контролю і керування.

Технологічною платформою для побудови системи є компоненти SIMATIC. Відповідно до вимог стандарту ISA S95 АСК ТП розбивається на наступні рівні керування (рис.3.2).

Рівні керування:

рівень L0 включає контрольно-вимірювальні прилади, датчики, технічні засоби, що виконують функції автоматичних блокувань і захистів, комутації керуючих сигналів на виконавчі механізми і ручного керування обладнанням, місцеві панелі керування.

рівень L1 реалізується на базі індустріальних контролерів і виконує функції керування технологічним процесом і обладнанням;

рівень L2 реалізується на базі індустріальних персональних комп'ютерів і операційних панелей, що виконують функції візуалізації технологічного процесу та іншої необхідної інформації, прийому, передачі та обробки виробничої та техніко-економічної інформації, що надходить від усіх підсистем.

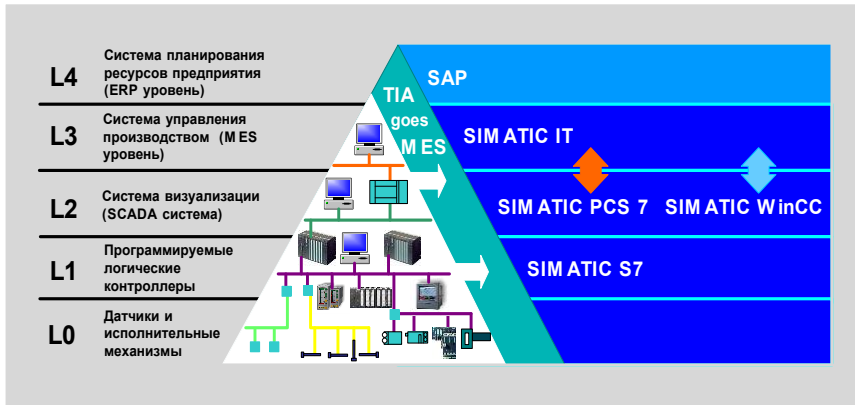
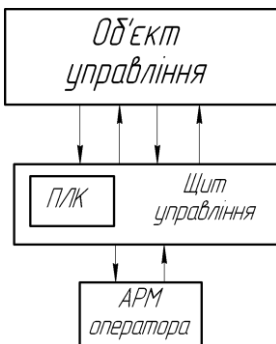


Рисунок 3.2 – Рівні керування виробництвом



Для системи автоматизації виберемо централізовану систему керування (рис. 3.3), в якій передбачена можливість керування процесом зі щита керування та з АРМ оператора. Більш детально параметризовану (із обладнанням, протоколами) структурну схему, розбиту по рівнях представлено на рисунку 3.4.

На рисунку 3.5 представлена структура SAP, зображена за допомогою блочних елементів, та її специфікація.

Рисунок 3.3–Структура SAP

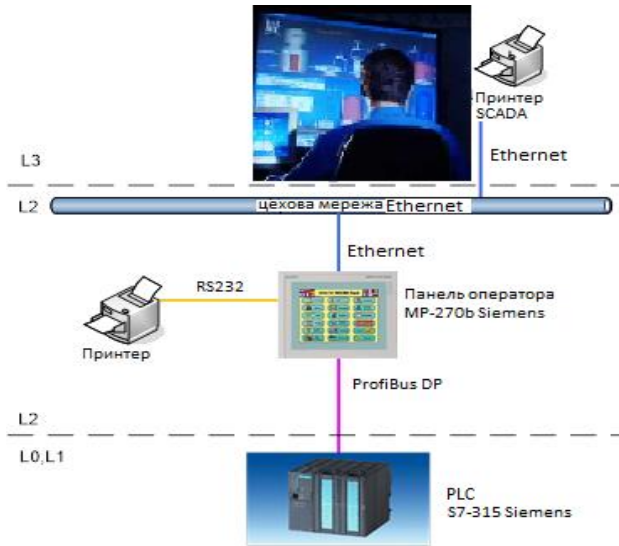
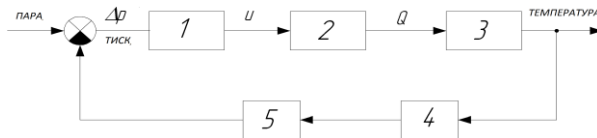


Рисунок 3.4 – Структурна схема АСК автоклавам



Специфікація

Познач	Найменування
1	Регулятор
2	Виконавчий механізм і регулюючий орган
3	Об'єкт регулювання
4	Дабач
5	Нормуючий перетворювач

Рисунок 3.5 – Структурна схема CAP та специфікація

3.4.7 Розробка ПЗ для СК

Розробка програмного забезпечення (ПЗ) для компонентів системи керування Siemens відбувається в програмному пакеті S7-Simatic Manager. Головною його перевагою є повна інтеграція всіх інтелектуальних компонентів системи в проєкті, де вони об'єднуються в єдиному інформаційному просторі, з відкритим доступом всіх учасників проєкту до будь-якої інформації про стан системи.

Розробка алгоритму

Для розробки оптимального алгоритму керування обладнанням необхідно виявити його особливості та ключові моменти. Для СК паровим автоклавом, вирішальними аспектами є:

1. умови праці оператора, пов'язані з підвищеною небезпекою. Наявність високого тиску і температур на установці. Для підвищення безпеки праці система керування повинна в автоматичному режимі відслідковувати дії оператора і блокувати потенційно-небезпечні з них. Розблокування безпеки відбувається в режимі налагодження паролем відповідального технолога.
2. Одним з видів стерилізується продукції є термочутливих препарати, що не допускають перевищення температури стерилізації більш ніж на 1°C на заданий час. У зв'язку з цим СК має відпрацьовувати паралельну програму контролю перевищення температури і при закінченні критичного часу видавати повідомлення про бракування препарату.

Алгоритм керування, що враховує зазначені особливості, наведено на рис.3.6. Алгоритм викликається циклічно, з періодом виклику 50 мс. Ця умова накладає наявність функції ПД-регулювання, що вимагає постійної тимчасової бази викликів для розрахунку процесів регулювання.

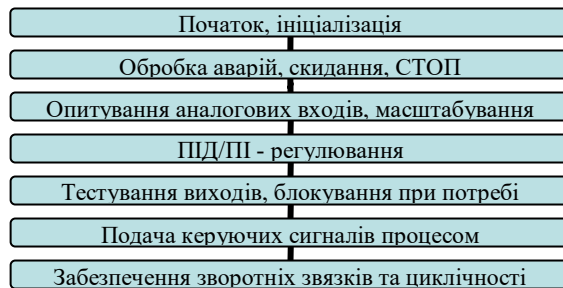


Рисунок 3.6 – Алгоритм роботи СК автоклаву парового

Першою дією системи після виклику є перевірка обладнання на наявність аварій, реакція на них і документування після аварій. При успішній перевірці на відсутність аварій система оновлює інформацію про поточні параметри технологічного процесу опитуючи сигнали з аналогових датчиків і кінцевих вимикачів.

Далі, по поточному етапу технологічного циклу визначається режим роботи регулятора (розігрів / підтримка / простий) і розраховуються відповідні параметри керування обладнанням.

Керування іншим технологічним обладнанням (насоси, клапани) відбувається на наступному кроці.

Для полегшення пуско-налагодження обладнання в алгоритмі передбачено блок з тестовими функціями. Функції повинні мати більш високий пріоритет, ніж автоматичний алгоритм керування, тому тестовий блок обробляється після блоку автоматичного керування і в разі потреби заміщає сигнали автоматичного керування.

Для забезпечення високої безпеки СК постійно стежить за тим, щоб параметри процесу перебували в області безпечної роботи і в разі виходу за безпечні кордони блокує небезпечний вплив або намагається компенсувати його. Функція блокування безпеки має найвищий пріоритет і розташовується безпосередньо перед блоком передачі керуючих сигналів на обладнання. Таким чином, ніяка програмна помилка не може змінити сигнали блокування безпеки.

3.4.8 Порядок розробки схем підключення засобів керування

1. У заданій функціональній схемі СА технологічного процесу визначити кількість контурів регулювання, автоматичного контролю, сигналізації чи реєстрації технологічних параметрів (дивись Додаток Г).

2. Визначити тип вхідних і вихідних каналів (дискретні, аналогові).

3. Вибрати мікропроцесорні засоби (модулі), для автоматизації даного технологічного процесу.

4. Запроєктувати схему підключень до контролера, накресливши її в системі КОМПАС, на якій відобразити:

- ФСА технологічного процесу;
- вибрані мікропроцесорні засоби (модулі вводу-виводу, контролер, ПК, перетворювачі інтерфейсів та ін.);
- показати всі зв'язки між елементами ПЛК;
- показати зв'язки між давачами, виконавчими механізмами та виходами модулів вводу-виводу.

4 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ В SCADA

4.1 Вивчення структури та функціональних можливостей САПР TRACE MODE

Порядок виконання роботи

1. Запустити середовище TraceMode.
2. Створити новий проєкт.
3. Запустити «Навігатор проєкту».
4. Ознайомитися з основними елементами проєкту.
5. Відкрити demo-проєкти TraceMode.
6. Ознайомитися з елементами цих проєктів.
7. Запустити проєкти в режимі емуляції.

Теоретичні відомості Призначення системи

САПР Trace Mode 6 призначена для автоматизації промислових підприємств, енергетичних об'єктів, інтелектуальних будівель, об'єктів транспорту, систем енергообліку та ін. Масштаб систем автоматизації, що створюються в Trace Mode, може бути різним – від автономно працюючих управляючих контролерів і автоматизованих робочих місць операторів (АРМ), до територіально розподілених систем керування, які включають десятки контролерів і АРМ.

Trace Mode 6 надає вбудовані драйвери, що дозволяють підключати більше двох тисяч найменувань пристроїв введення/виведення – програмованих логічних контролерів, плат введення/виведення і промислових мереж.

Склад системи

Структура САПР Trace Mode наведена на рисунку 4.1. Програмні продукти Trace Mode 6 поділяються на:

- інтегроване середовище розробки (інструментальну систему);
- виконавчі модулі.

Інструментальна система Trace Mode встановлюється на робочому місці інженера-розробника АСК і призначена для створення системи автоматизації та налагодження всіх її компонентів. Файл з розширенням *.prj містить опис системи автоматизації і називається проєктом Trace Mode.

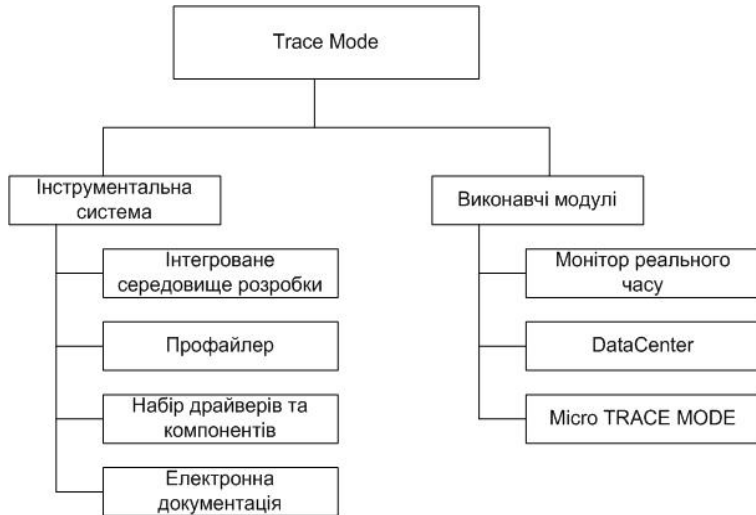


Рисунок 4.1 – Структура САІР Trace Mode

Склад інструментального середовища:

- інтегроване середовище розробки Trace Mode 6 IDE (файл tmdevenv.exe);
- профайлери – налагоджувальні МРВ (файл rtc.exe – з підтримкою графічних екранів; файл rtmg32.exe – без підтримки графічних екранів);
- безкоштовний набір драйверів пристроїв введення/виведення;
- бібліотека компонентів – файл tmdevenv.tmul і набір ресурсів – шпалери, логотипи, анімації в каталозі \ Lib папки інструментальної системи;
- електронна документація (вбудована довідкова система);
- демонстраційні проєкти Trace Mode (приклади систем автоматизації, основані на імітації технологічного процесу).

Виконавчі модулі Trace Mode призначені для запуску проєкту Trace Mode в реальному часі, тобто для експлуатації на діючому об'єкті автоматизації. Основним виконавчим модулем Trace Mode для АРМ є МРВ (монітор реального часу), який реалізує такі основні функції як безперервний збір даних, їх математичну обробку та

візуалізацію. Для запуску проєкту в контролерах використовуються виконавчі модулі МікроМРВ, які розрізняються за типом контролерів.

Кожному комп'ютеру/контролеру, що запускається під керуванням виконавчого модуля в проєкті Trace Mode відводиться окремий вузол. Максимальна кількість вузлів в проєкті – 255.

В рамках вузла створюються канали – основні інформаційні одиниці для введення і первинної обробки даних. Канали в рамках вузла можуть об'єднуватися в групи, групи можуть містити підгрупи, утворюючи ієрархічну інформаційну структуру довільної вкладеності.

Канали поділяються на класи в залежності від типу оброблюваних даних, наприклад, для цілочислових – HEX16 і HEX32, для дійсних – FLOAT і DOUBLE FLOAT.

4.2 Опис функціонування комп'ютеризованої системи керування технологічним процесом за допомогою мови SFC

Порядок виконання роботи

1. Вибрати технологічний процес з таблиці 1 відповідно до варіанта.

Таблиця 4.1 – Технологічні процеси для автоматизації

Варіант	Технологічний процес
1	Технологічний процес пастеризації молока
2	Технологічний процес випікання хліба
3	Технологічний процес зберігання продукції на складі
4	Технологічний процес випалювання цегли
5	Технологічний процес виготовлення цукру
6	Технологічний процес виготовлення полімерів (екструзія)

2. Проаналізувати технологічний процес і зробити уточнену постановку задачі.

3. Розробити алгоритм функціонування системи керування процесом.

4. Створити програму, що реалізує розроблений алгоритм в Trace Mode за допомогою мови SFC (без реалізації кроків).

Теоретичні відомості

SFC (Sequential Function Chart, послідовні функціональні схеми) – мова програмування стандарту IEC61131-3, призначена для програмування промислових контролерів та SCADA-систем.

SFC – це графічна мова для написання програм послідовного керування технологічним процесом, що описує його у формі, близькій до діаграми станів. В кожному стані система виконує дії (підпрограми) з певними модифікаторами.

Докладно процедура створення SFC-програми описана в довідковій документації Trace Mode.

Приклад SFC-програми в середовищі Trace Mode наведено на рис. 4.2.

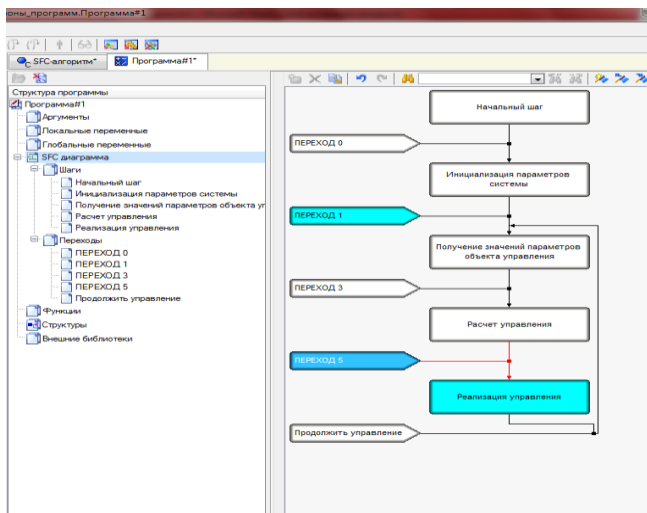


Рисунок 4. 2 – Програма Techno-SFC в середовищі Trace Mode

4.3 Проектування та реалізація структурної схеми САК

Порядок виконання роботи

1. Спроектувати структурну схему системи керування для технологічного процесу з завдання №2.

2. Реалізувати запропоновану структурну схему в TraceMode:

- створити канали вхідних величин;
- створити генератори вхідних величин для імітації зміни вхідних параметрів;
- пов'язати генератори випадкових величин та канали;
- забезпечити масштабування сигналу та задати межі зміни вхідної величини;
- створити графічний екран для відображення вхідних величин, який містить компонент відображення тренда та стрілковий пристрій, текстові мітки.

Теоретичні відомості Створення проєкту Trace Mode

Для створення проєкту запустити програму Trace Mode 6 (файл tmdevenv.exe). Для створення нового проєкту клацнути лівою клавішею мишки на іконці або вибрати пункт меню «Файл»–«Новый». Вікно проєкту наведено на рис. 4.3. За відсутності навігатора проєкту необхідно вибрати пункт меню «Вид»–«Навігатор проєкта».

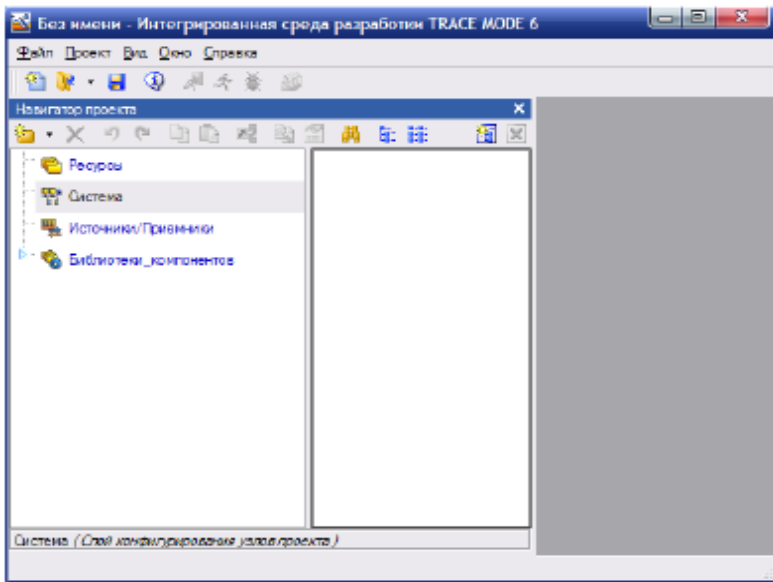


Рисунок 4. 3 – Новый проєкт Trace Mode

Створення вузла

Для створення вузла виділіть елемент «**Система**» в навігаторі проекту (рис. 4.4), викличте контекстне меню. В контекстному меню виберіть пункт «**Создать узел**». Серед запропонованих типів вузлів виберіть «**RTM**».

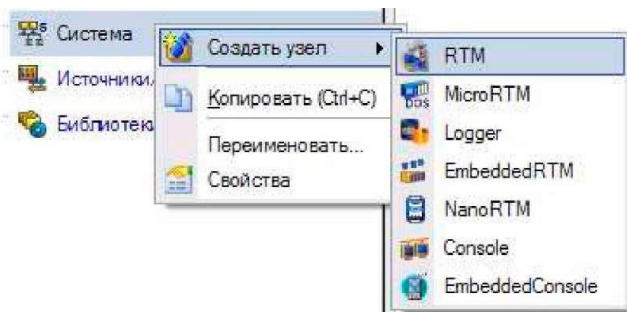


Рисунок 4.4 – Створення вузла

Створений вузол з'явиться в навігаторі проекту. Існує можливість змінити ім'я вузла через контекстне меню. Приклад створеного вузла RTM наведено на рис. 4.5.

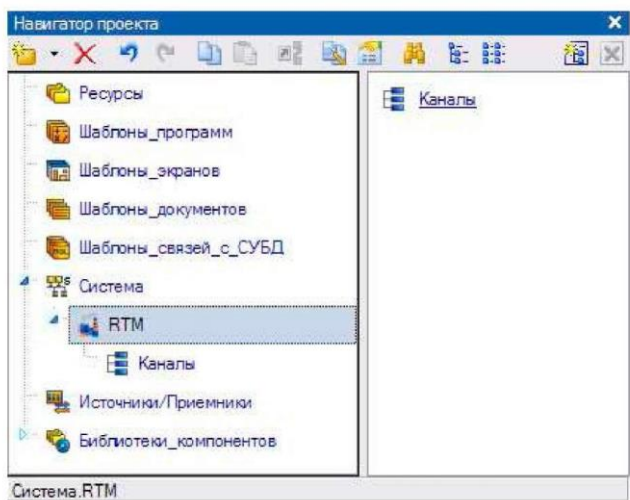


Рисунок 4.5 – Вузол системи

Створення каналу

Виділіть групу «**Канали**» RTM вузла. Викличте контекстне меню. У контекстному меню виберіть рядок «**Создать компонент**». Серед запропонованих компонентів виберіть «**Канал_FLOAT**» (рис. 4.6).

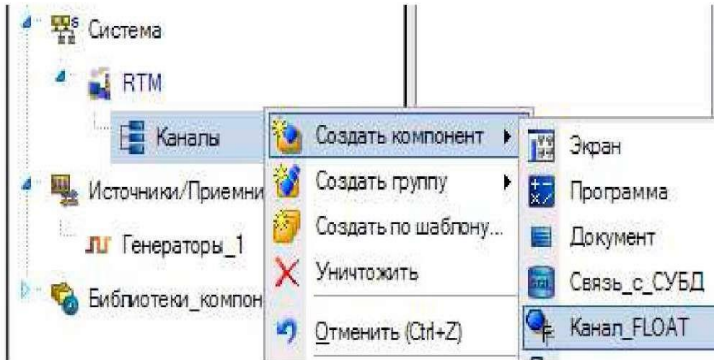


Рисунок 4.6 – Створення каналу

Масштабування сигналу

При використанні генераторів випадкових величин діапазон зміни випадкової величини становить $[0; 100]$. Для отримання потрібного діапазону зміни параметрів технологічного об'єкта необхідно провести масштабування сигналу.

Масштабування сигналу здійснюється за формулою:

$Y = K \cdot X + Z$, де Y – результат перетворення;

X – вхідне значення каналу;

K – множник;

Z – зміщення.

Розраховані параметри перетворення вказуються в параметрах каналу (рис. 4.7).

Генерація сигналу

Створіть групу «**Генератори**». Для цього виділіть елемент «**Источники/Приемники**» навігатора проєкту. У контекстному меню, виберіть пункт «**Создать группу**». Серед запропонованих груп виберіть

«**Генераторы**» (рис. 4.8).

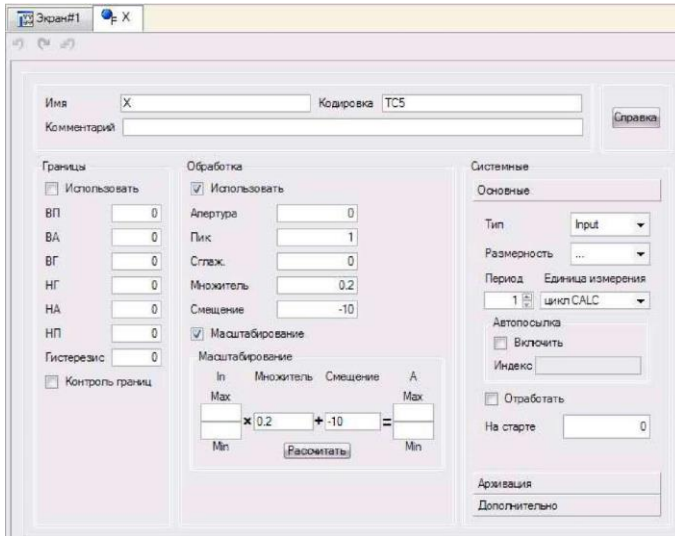


Рисунок 4.7 – Параметры каналу

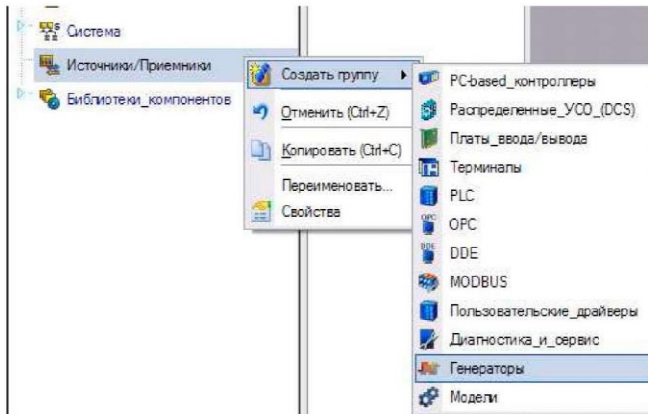


Рисунок 4.8 – Створення групи для генераторів

Виділіть створену групу. Викличте контекстне меню. В контекстному меню виберіть рядок «Создать компонент». Серед запропонованих генераторів виберіть потрібний тип генератора (рис. 4.9). Виділивши створений генератор і клацнувши лівою клавішею мишки, змініть ім'я генератора, наприклад, на «Пила».

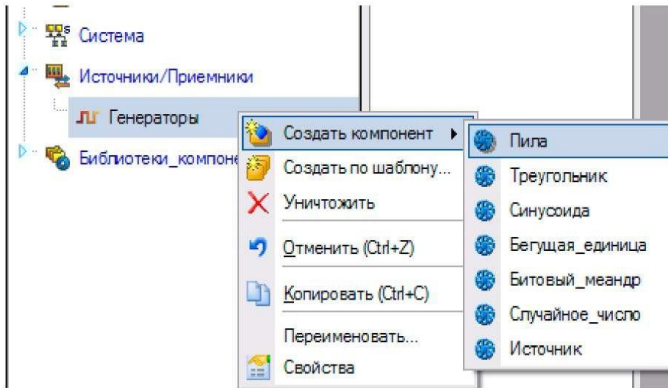


Рисунок. 4.9 – Створення генератора

Прив'язка створеного генератора.

Клацніть лівою клавішею миші по іконці . Відкриється ще одне вікно навігатора проекту. Натисніть ліву клавішу миші на створеному раніше генераторі. Не відпускаючи лівої клавіші миші, наведіть курсор миші на створений канал і відпустіть ліву клавішу миші.

Іконка каналу має змінитися на  (рис.4.10).

Створення екрану

Виділіть групу «**Канали**», викличте контекстне меню. У контекстному меню виберіть пункт «**Создать компонент**». Серед запропонованих компонентів слід вибрати «**Экран**» (рис. 4.11).

Створення екрану

Виділіть групу «**Каналы**», викличте контекстне меню. У контекстному меню виберіть пункт «**Создать компонент**». Серед запропонованих компонентів слід вибрати «**Экран**» (рис. 4.11).

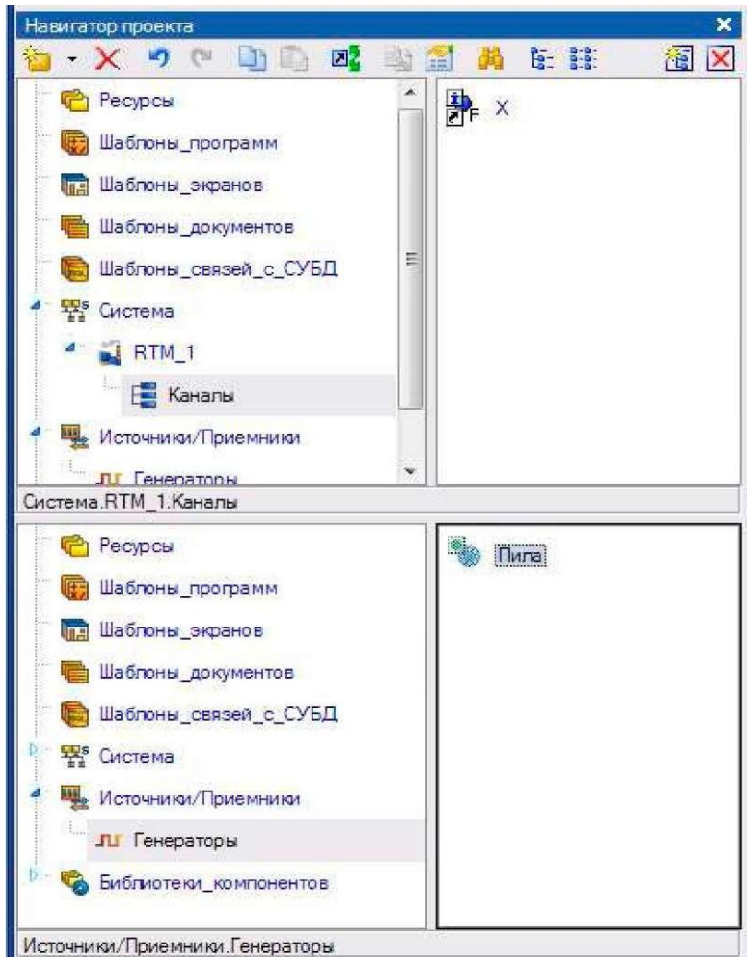


Рисунок 4.10 – Прив’язка генератора до каналу

Створення екрану

Виділіть групу «Каналы», викличте контекстне меню. У контекстному меню виберіть пункт «Создать компонент». Серед запропонованих компонентів слід вибрати «Экран» (рис. 4.11).

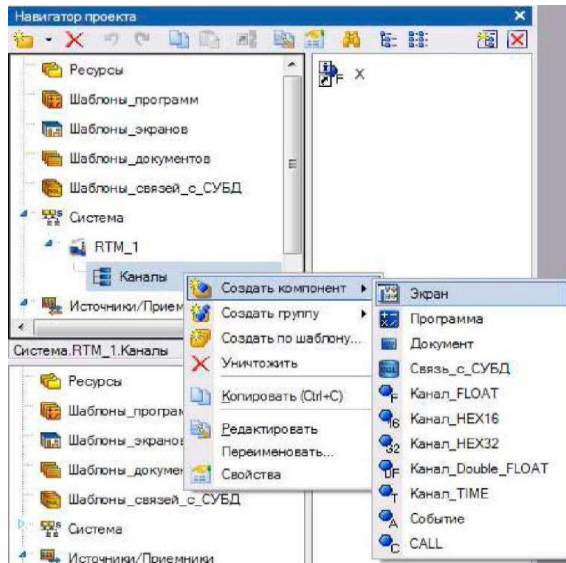


Рисунок 4.11 – Створення екрана

Розміщення об'єкту «Стрелочный прибор».

Виберіть стрілковий прилад . Після вибору клацніть лівою клав'яшею мишки в тому місці екрана, де повинен розташовуватися один з кутів стрілкового приладу. Перемістіть курсор у положення, що відповідає положенню протилежного кута стрілкового приладу, і клацніть лівою клав'яшею мишки. Буде створений стрілковий прилад на екрані (рис.4.12).

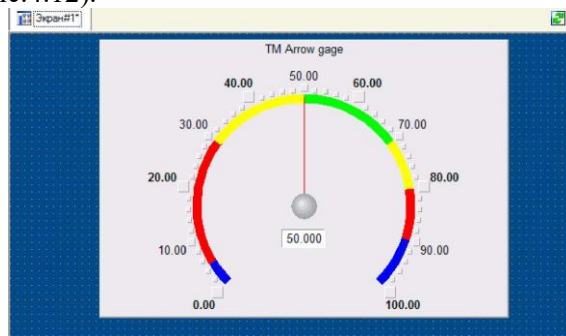


Рисунок 4.12 – Створення стрілкового приладу

Прив'язка об'єкту до каналу

Для того, щоб значення каналу відображалось на графічних елементах, необхідно виконати прив'язку (рис. 4.13 та 4.14).

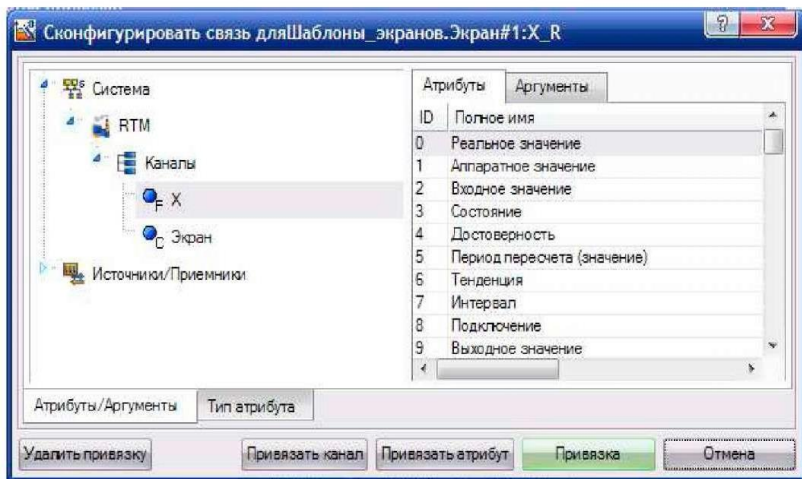


Рисунок 4.13 – Прив'язка значення

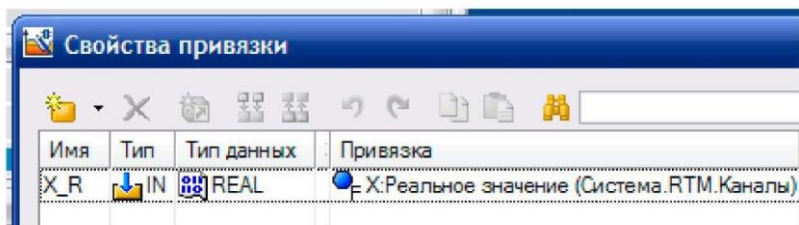


Рисунок 4.14 – Результат прив'язки

Створення тренда

Для створення тренда клацніть лівою клавiшею мишки по . Якщо замість неї розташовується на панелі інструментів іконка архівний тренд , тренд XY  або архівна гістограма, то необхідно клацнути правою клавiшею мишки на відповідній іконці і вибрати тренд . клацніть лівою клавiшею миші по іконці .

Створення об'єкта «Текст»

Клацніть лівою клавiшею мишки на іконці . Клацніть лівою

клавішею мишки там, де повинен розташовуватися один з кутів об'єкту «Текст». Переведіть курсор мишки в положення, де повинен розташовуватися інший край об'єкта «Текст» і клацніть лівою клавішею мишки.

Запуск проєкту

Клацніть лівою клавішею миші по іконці  або виберіть пункт меню «**Сохранить для МРВ**» в меню «**Файл**».

У навігаторі проєкту виділіть створений RTM вузол. Клацнувши по , відкрийте профайлер. В результаті запуску профайлера стрілка стрілкового приладу повинна переміщуватися, тренд будувати графік, а об'єкт «Текст» відображати поточне значення створеного каналу.

4.4 Розробка мнемосхеми САК в САПР TRACE MODE

Порядок виконання роботи

1. Відкрити проєкт, створений в завданні №3.
2. Створити мнемосхему системі керування:
 - зобразити технологічні елементи об'єкта керування (ємності, труби, насоси, піч тощо);
 - зобразити елементи системи керування (датчики, виконавчі пристрої);
 - додати анімацію процесу керування (заповнення ємності, індикацію досягнення рівня, рух речовини тощо);
 - розташувати на мнемосхемі засоби відображення інформації: тренди, стрілкові прилади, мітки із поточними значеннями.

Теоретичні відомості Створення статичного зображення

Основними графічними елементами, які використовуються при побудові мнемосхем технологічних процесів, є рамка, ємність, труба, насос та ін.

Для створення рамки клацніть лівою клавішею миші по іконці . Кліком лівою клавішею миші задайте протилежні кути рамки. Для переходу в режим редагування клацніть лівою клавішею миші по іконці .

Для створення ємності клацніть лівою клавiшею миші по . Після вибору інструменту помістіть ємність на екрані. Задайте протилежні кути ємності клацанням лівої клавiші миші. Ємність прийме вигляд, зображений на рис.4.15.



Рисунок 4.15 – Створення ємності

Для задання матеріалу ємності розкрийте розділ «Матеріал», двічі клацнувши лівою клавiшею мишки по підкресленому рядку «Матеріал». У полі зі списку виберіть значення **true**. У полі «Матеріал» виберіть необхідний матеріал. В полі «Стандартная текстура» виберіть необхідну текстуру.

Для створення насоса клацніть правою клавiшею миші по іконці . Серед запропонованих інструментів виберіть . Зображення прийме вигляд, зображений на рис.4.16



Рисунок 4.16 – Розміщення насоса

Для створення труби клацніть правою клавішею миші по іконці . Серед запропонованих інструментів виберіть .

Створення динамічного зображення

Для створення динамічного зображення необхідно імпортувати зображення. Для імпорту виділіть елемент навігатора «Ресурси». Викличте контекстне меню «Создать группу». Серед запропонованих груп виберіть «Картинки» (рис.4.17).

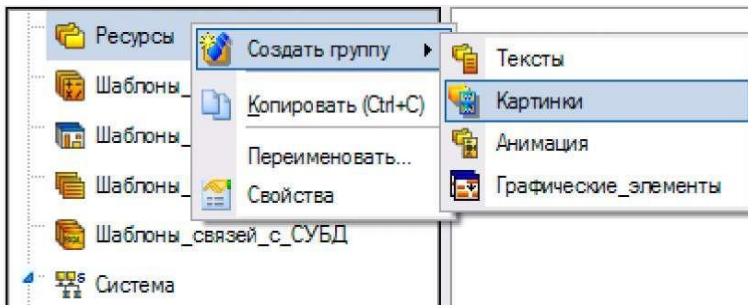


Рисунок 4.17 – Створення групи «Картинки»

Виділіть створену групу «Картинки», викличте контекстне меню, виберіть «Создать компонент». Серед запропонованих компонентів виберіть бібліотеку зображень (рис. 4.18).

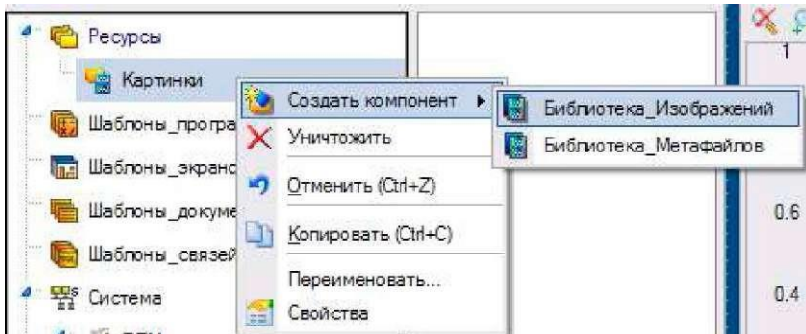


Рисунок 4.18 – Створення бібліотеки зображень

Для імпортування зображення двічі клацніть лівою клавішею

миші по створеній бібліотеці зображень. Відкриється порожнє вікно. В даному порожньому вікні викличте контекстне меню і виберіть імпорт. Відкриється діалогове вікно для відкривання графічного файлу. Відкрийте графічний файл зображення, яке буде використовуватися надалі.

Приклад мнемосхеми технологічного процесу кристалізації цукру наведено на рис. 4.19

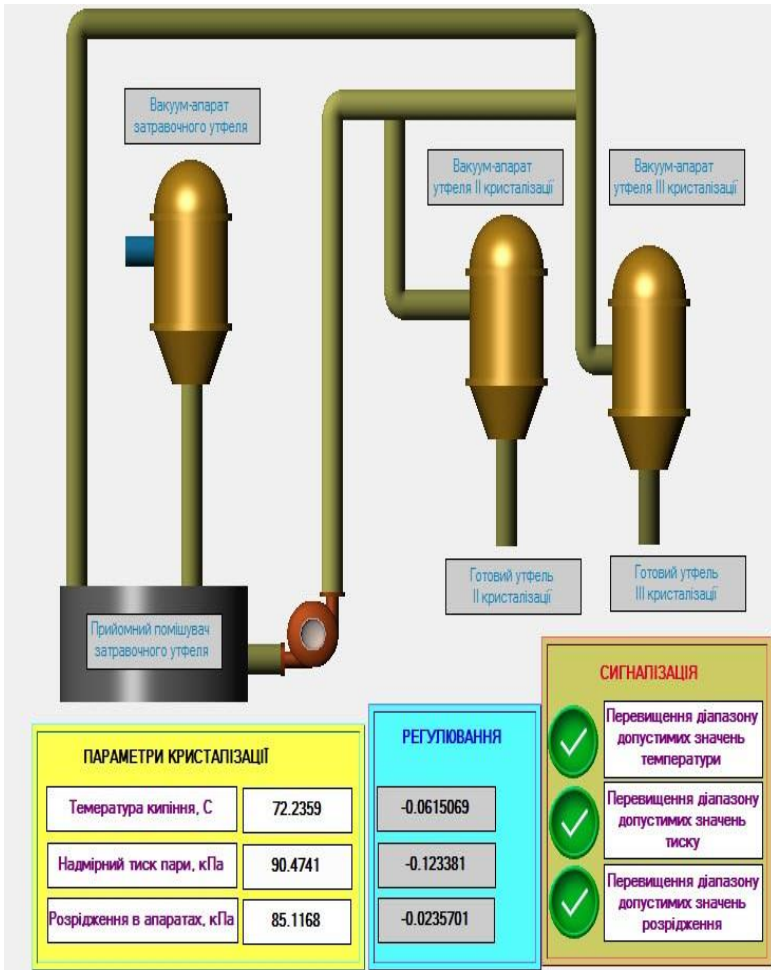


Рисунок 4.19 – Мнемосхема технологічного процесу кристалізації

4.5 Реалізація блока керування САК в САПР TRACE MODE

Порядок виконання роботи

1. Використати технологічний процес з попередніх етапів.
2. Створити FBD-програму, яка реалізує принцип керування за відхиленням.
3. Створити ST-програму, що реалізує принцип керування за відхиленням.
4. Реалізувати керування за допомогою нечіткого регулятора.
5. Відобразити вхідний сигнал та сигнал керування на графіку.

Теоретичні відомості

Принцип керування за відхиленням передбачає розрахунок керування на основі різниці між бажаними і поточними значеннями параметрів об'єкта керування. Структурна схема, що реалізує зазначений принцип наведена на рис.4.20.



Рисунок 4.20 – Структурна схема САК зі зворотним зв'язком

Створення FBD програми

Для створення програми мовою Techno FBD виділіть групу «Канали» RTM вузла і викличте контекстне меню. В меню виберіть «Создать компонент». Серед запропонованих варіантів виберіть «Программа» (рис.4.21).

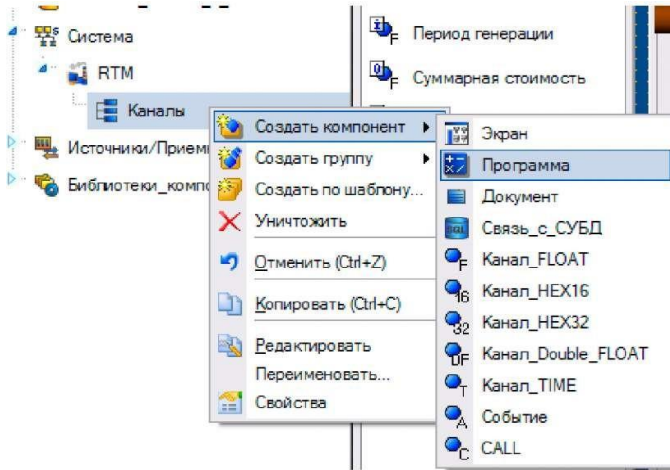


Рисунок 4.21 – Створення об'єкта «Программа»

Виділіть створений об'єкт-програму і викличте контекстне меню. В меню виберіть редагування. У полі період виберіть «1», виберіть одиницю вимірювання – секунду. Після налаштування періоду перерахунку вікно редагування каналу можна закрити. Для вибору мови програми клацніть на створеній програмі. Відкриється вікно, подане на рис. 4.22.

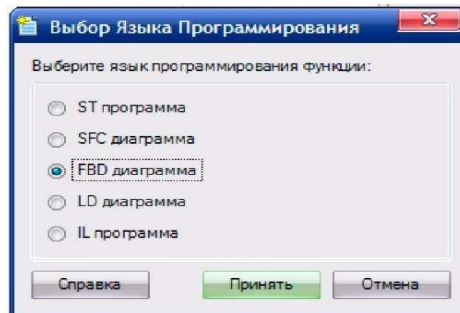


Рисунок 4.22 – Вибір мови програми

Виберіть тип програми FBD. Для передавання значень в програму виділіть елемент «Аргументы» у структурі програми. Встановіть тип Індия аргументів, які будуть передавати дані в

програму, Out – які передаватимуть дані з програми, In/Out – які передаватимуть в програму і з неї.

Після створення аргументів їх можна використовувати в FBD-блоках програми. Для вибору елементів програми необхідно клацнути по іконці . Палітра елементів показана на рис.4.23



Рисунок 4.23 – Блоки FBD-програми

Приклад FBD-програми системи керування наведено на рис. 4.24.

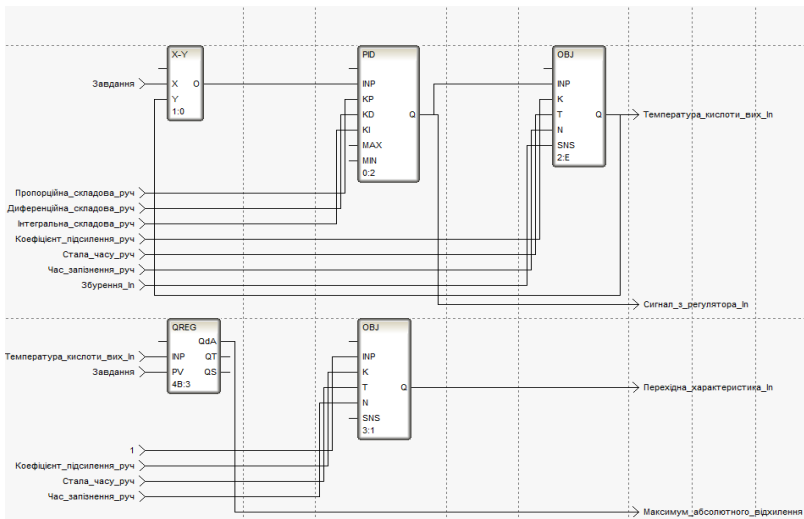


Рисунок 4.24 – FBD-програма

Перелік основних блоків для реалізації керування наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Опис блоків FBD-програми

Назва блока	Опис
X-Y	Віднімання
DZONE	Зона нечутливості
PID	PID-регулятор
OBJ	Модель об'єкту (OBJ)
QREG	Показник якості(QREG)
FZCTR	Нечіткий регулятор
SFZ	Блок налаштування нечіткого регулятора

Створення ST програми

Виконайте кроки аналогічні створенню FBD-програми. При виборі типу програми вкажіть ST. Програма мовою ST – це текстова програма, яка створюється в спеціальному текстовому редакторі. Приклад ST- програми наведено на рис.4.25.

Докладний синтаксис мови програмування Техно ST наведено в довідковій системі TraceMode.

Відлагодження програм

Trace Mode надає розробнику механізм відлагодження та покрокового виконання програм. Інструменти для відлагодження програм доступні через панель інструментів «Програма».

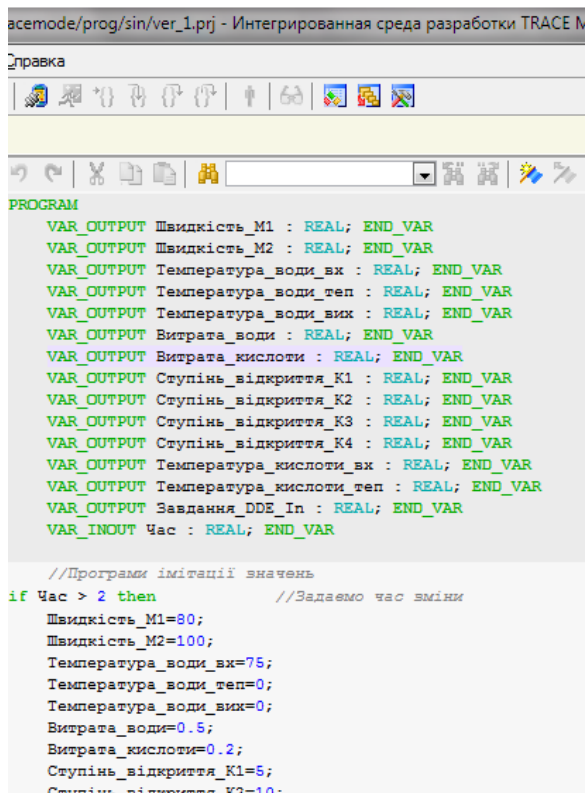


Рисунок 4.25 – Програма мовою Техно ST

4.6 Завдання № 6 Робота зі звітом тривог в САПР TRACE MODE

Порядок виконання роботи

1. Взяти за основу завдання №5.
2. Налаштувати аналіз меж каналу вхідної величини.
3. Створити словник повідомлень для каналу, налаштувати вузол для створення звіту тривог.
4. Змінити динамічне заливання ємності зображенням на заливання кольором і налаштувати вибір кольору відповідно до належності значення рівня того чи іншого діапазону.
5. Налаштувати SPAD архівування каналу.

Теоретичні відомості Налаштування контролю меж

Виділіть канал в групі «Каналы» RTM вузла і викличте контекстне

меню. Виберіть пункт меню редагування. На панелі «Границы» поставте прапорець «Использовать» та встановіть межі діапазонів, як показано на рис. 4.26.

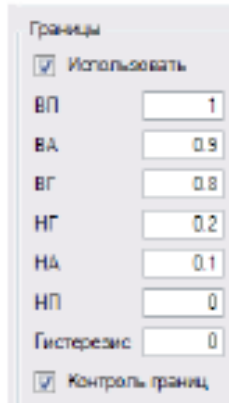


Рисунок 4.26 – Задання меж каналу

Створення словника повідомлень

Виділіть вузол RTM і викличте контекстне меню «Словари_сообщений» (рис. 4.27).

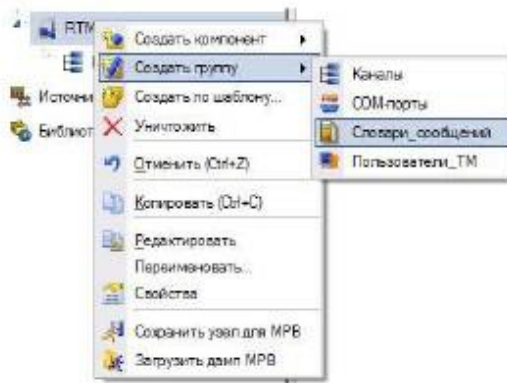


Рисунок 4.27 – Створення групи для словників повідомлень

Виділіть створену групу «Словари_сообщений» і викличте контекстне меню. Серед запропонованих словників виберіть словник_для_FLOAT (рис.4.28).

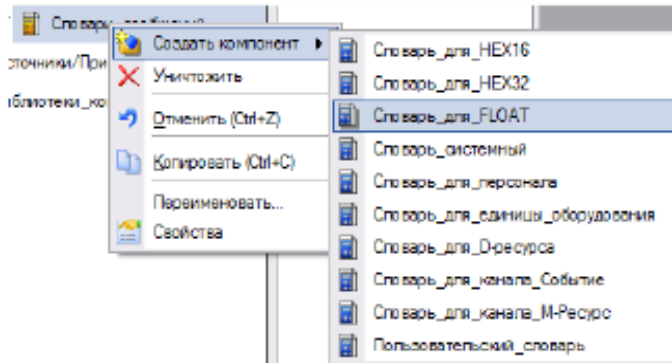


Рисунок 4.28 – Створення словника повідомлень

Редагування словника

Для редагування словника клацніть по створеному словнику повідомлень. В результаті відкриється вікно редагування словника (рис.4.29).

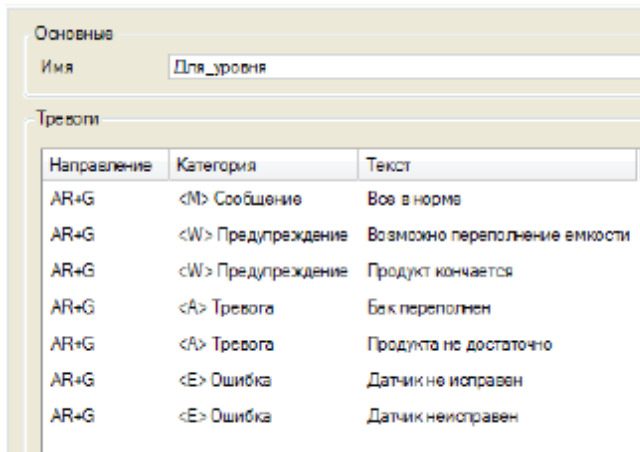


Рисунок 4.29 – Редактор словника повідомлень

Редагування повідомлень здійснюється через вікно повідомлень (рис. 4.30), яке відкривається при кліку на повідомленні.

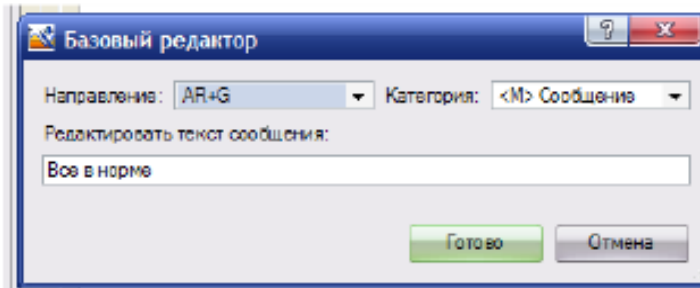


Рисунок 4.30 – Вікно для введення повідомлення

Запустіть проєкт на виконання.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які фактори впливають на вибір рівня автоматизації?
2. Які переваги використання централізованих систем?
3. Який рівень автоматизації доцільно прийняти при автоматизації вашого технологічного процесу?
4. Які параметри процесу підлягають регулюванню?
5. Які параметри процесу підлягають реєстрації?
6. Які параметри процесу підлягають індикації?
7. Які події повинні сигналізуватися?
8. Як працює система сигналізації?
9. Блокування яких параметрів і за яких умов потребує даний технологічний процес?
10. Яким чином забезпечується надійність системи блокування і захисту?
11. Як використовується інформація про визначальні параметри
12. Який вид регулювання (за характером завдання) передбачено в системах регулювання технологічного процесу?
13. Який вид допоміжної енергії використано для роботи виконавчих механізмів?
14. Чим відрізняються програмовані реле від мікропроцесорів, мікроконтролерів та промислових контролерів / програмованих логічних контролерів, PLC)?
15. Для чого призначена комп'ютерна програма EASY-SOFT?
16. Алгоритм запуску програми на виконання?
17. Екстраполуйте можливості стенду для керування процесом нагрівання (дайте концепцію роботи).
18. Екстраполуйте можливості стенду для керування двигуном постійного струму (дайте концепцію роботи).
19. Екстраполуйте можливості реле для керування вимірювальним комплексом (розробити концепцію, зобразити структурну схему).
20. Екстраполуйте можливості реле для керування технологічним процесом із виводом поточної інформації на SCADA.
21. Що таке SCADA-система?
22. Які види проєктів можна створювати в TraceMode?
23. Мови програмування TraceMode.
24. Запуск проєктів в режимі емуляції.
25. Які групи мов програмування можна виділити в SCADA-системах?
26. Які мови програмування підтримує SCADA-система TraceMode?

27. З чого складається SFC-програма і як вона працює?
28. Що таке об'єкти бази каналів?
29. Функції і призначення контролерів нижнього рівня АСУ ТП.
30. Функції і призначення контролерів верхнього рівня.
31. Що таке мікро SCADA?
32. Опишіть диспетчерський рівень АСК ТП.
33. Опишіть відмінність входних і вихідних каналів.
34. Що таке прив'язка і навіщо вона потрібна?
35. Що таке навігатор проекту?
36. Як імпортується зображення?
37. Як створюються компоненти бази каналів в Trace Mode?
38. Як розміщується об'єкт на екрані?
39. Як створюється статичне зображення?
40. Як створюється динамічне зображення?
41. Види програм в Trace Mode.
42. Відлагодження програм в Trace Mode.
43. Принципи та закони керування.
44. Критерії якості регулювання.
45. Принцип дії нечіткого регулятора.
46. Звіти в SCADA-системах.
47. Звіт тривоги в середовищі Trace Mode.
48. Словник повідомлень в середовищі Trace Mode.
49. Архів і його створення в середовищі Trace Mode.
50. Етапи формування Технічного завдання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. **Лукінюк, М.В.** Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч.посіб. для студ. Вищ. Навч. Зал., які навчаються за напрямом „Автоматизація і комп'ют.-інтегр. Технології / М.В.Лукінюк. – К.: НУТУ „КПІ”, 2008. – 236с. : іл. – Бібліогр.: с.230-231. – 200 пр.
2. Проектування інформаційних систем: Посібник / за ред. В.С. Пономаренка. – К.: Видавничий центр «Академія», 2002. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Ponomar_2002_488.pdf
3. **Бабіченко, А.К.** та ін. Промислові засоби автоматизації. Ч.2 Регульовальні і виконавчі пристрої / За заг. Ред. Бабіченка А.К.: Навч. Посібник. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2003 – 658с.
4. SCADA-система Trace Mode 6 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:: <http://www.adastra.ru/products/dev/scada/>
5. **Федоров, Ю. Н.** Справочник инженера АСУТП: Проектирование и разработка. – М.: Инфра-Инженерия, 2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://consense.com.ua/ns/lib/showbook/iat_fedorov_spravochnik_asutp
6. ДСТУ Б А.2.4-3-95 Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів.
7. Вимірювальні пристрої / За заг. ред. Бабіченка А.К.: Навч. Посібник. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2001 – 470 с.
8. Теоретичні основи інформаційно-вимірювальних систем: Підручник / В.П. Бабак, С.В. Бабак, В.С. Єременко та ін.; за ред. чл.-кор. НАН України В.П. Бабака / 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Ун-т новітніх технологій; НАУ, 2017. – 496 с.
9. **Паламар, Михайло.** Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. [Текст] / Михайло Паламар, Михайло Стрембіцький, Андрій Паламар; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 150 с.
10. Математичне моделювання технологічних об'єктів керування: Навч. Посібник / Й.І. Стенцель. – К.: ІСДО, 1993. – 328 с.
11. Методичні вказівки до виконання самостійних робіт та до

- підготовки модульного контролю з дисципліни «Пристрої інформаційно-вимірювальної техніки» для студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» денної та заочної форм навчання Частина 1 / Укл.: О.В. Василенко, Н.А. Смирнова – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 90 с.
12. Методичні вказівки до виконання самостійних робіт та до підготовки модульного контролю з дисципліни «Пристрої інформаційно-вимірювальної техніки» для студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» денної та заочної форм навчання Частина 2 / Укл.: О.В. Василенко, Н.А. Смирнова – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 81 с.
 13. Moeller: электрооборудование и средства автоматизации Moeller, Украина. – К.: 2020.– [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://www.moeller.com.ua>.
 14. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Моделювання мікро- та наноелектронних систем» для студентів спеціальностей 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» та 153 – «Мікро- та наносистемна техніка» денної і заочної форм навчання / Укл.: О.В. Василенко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 65 с.
 15. Siemens [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ste.ru/siemens/software.html>
 16. SCADA/HMI software: TRACE MODE 6 IDE. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://test-automatyka.pl/?page_id=272&lang=en
 17. **Пушкар, М. С.** Проектування систем автоматизації: навч. посібник / М. С. Пушкар, С. М. Проценко. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2013. – 268с.
 18. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике / под ред. А. В. Калиниченко. – М.: Инфа-Инженерия, 2008. – 576с.
 19. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навчальний посібник /[Пупена О. М., Ельперін І. В., Луцька Н. М., Ладанюк А. П.] – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552с.

Додаток А
Рекомендована тематика курсових робіт

№ п/п	Назва
1	Автоматизація процесу нагрівання води в проточному водонагрівачі.
2	Автоматизація освітлення на сходових маршах
3	Автоматизація процесів в термостаті
4	Автоматизація освітлення в учбовому приміщенні
5	Автоматизація процесу поливу в теплиці
6	Розробка системи захисту від несанкціонованого доступу
7	Розробка системи температурного контролю (опалення) для системи Smart House
8	Розробка автоатизованого обліку на громадському транспорті Smart City
9	Автоматизація процесу годування домашніх тварин (за вибором)
10	Розробка системи автоматизованого відоспостереження (захист від перетинання кордону) для системи Smart House

Додаток Б
Приклад оформлення титульних сторінок технічного
завдання

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Керівник
підприємства-замовника
Назва

/ П. І. Б. /
Дата

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Генеральний директор
підприємства-розробника
Назва

/ П. І. Б. /
Дата

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА СТВОРЕННЯ АСК ТП

А4517. ТЗ 521

Введене в дію з " _____ " _____ 20 ____ р.

Назва системи та її призначення (скорочено)

ПОГОДЖЕНО:

Виконавчий директор
підприємства-замовника
Назва

/ П. І. Б. /
Дата

ПОГОДЖЕНО:

Технічний директор
проектної організації
Назва

/ П. І. Б. /
Дата

ПОГОДЖЕНО:

Головний інженер
підприємства-замовника
Назва

/ П. І. Б. /
Дата

ПОГОДЖЕНО:

Керівник
територіального органу нагляду
Назва

/ П. І. Б. /
Дата

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Повна назва системи (проєкту):

Коротка назва системи (проєкту):

Шифр теми: Код підприємства А4517. ТЗ 521 (наприклад)

Назва організацій Замовника, Розробника, Проектної організації та їх реквізити.

Проектна організація:

Назва організації:

Виконавчий директор: П. І. Б. тел.:

факс: Керівник проєкту: П. І. Б. тел.:

Підприємство-розробник:

Назва організації:

Генеральний директор: П. І. Б. тел.:

факс: Керівник проєкту: П. І. Б. тел.:

Підприємство-замовник:

Назва організації:

Керівник: ДП "Гальванік"

тел.:

факс: Керівник проєкту: П. І. Б. тел.:

Додаток В

Приклади оформлення таблиць функціональних ознак та пристроїв системи автоматизації

Таблиця Б.1 – Функції пристроїв керуючого комплексу на СА

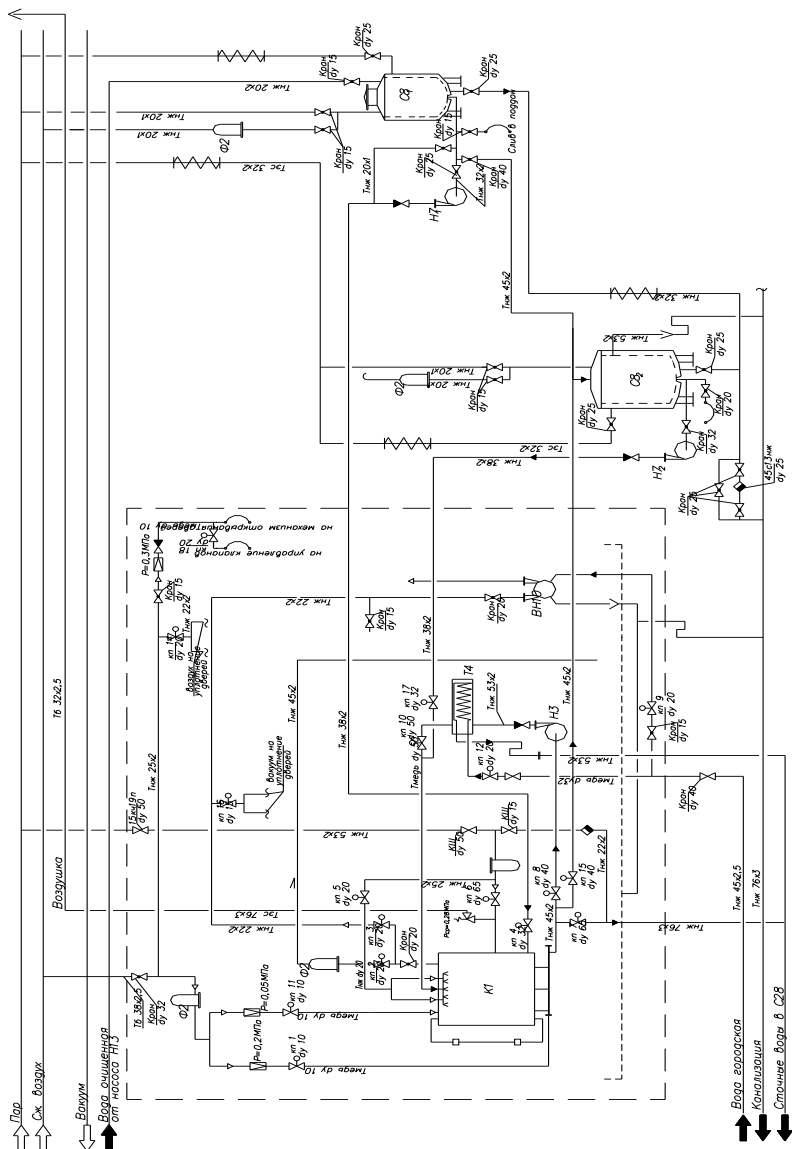
				Пристрої СА				
				Пристрій 1	Пристрій 2			Пристрій n
Місцевого розташування				+	+	+	-	-
На щиті				-	-	-	+	+
Керуючий комплекс	Інформаційні функції	сигналізація	звукова					
			світлова					
		Індикація						
		Реєстрація						
		Обчислення						
		Архівування						
	Функції керування	Захист, блокування						
		Оптимізація						
		Регулювання						
		Керування дистанційне						

Таблиця Б.2 – Функціональні ознаки / параметри СА

№ з/п	Назва параметра	Обсяг автоматизації				
		Індикація	Реєстрація	Сигналізація	Блокування	Автоматичне регулювання
1	параметр 1 (назва)	+	-	-	-	+
2	параметр 2 (назва)	+	-	-	-	+
n	параметр n (назва)	-	-	+	+	+

Додаток Г

Функціональна схема автоклава парового



Додаток Д

Приклад опису структурної схеми

Приклад опису структурної схеми.

Автоматизована система вимірювання температури в сушильній шафі складається з наступних приладів та апаратури.

1. Датчик температури – термометр опору ТСП-5071 В.
2. Вторинний прилад – електронний міст типу КСМ-1.000.
3. Комутатор, на базі мікросхеми ADG 735.
4. Трьохкаскадний електронний підсилювач на базі ОУ ОРА 2171.
5. АЦП – ADS8484.
6. Керуючий мікроконтролер – Atmega 48.

Принцип роботи полягає у наступному. Зміна температури Δt^0 повітря в сушильній шафі обумовлює зміну опору термометра ΔR , який включено до складу вимірювального мосту. Остання обставина призводить до зникнення рівноваги мосту та появи на його виході сигналу, що є пропорційним зміні температури Δt^0 . Цей сигнал після попереднього підсилення подається на вхід 12 розрядного АЦП. Результат АЦ-перетворення зчитується з виходів АЦП та зберігається у пам'яті мікроконтролера Atmega 48. Циклічне підключення датчиків до входу АЦП забезпечує комутатор аналогових сигналів ADG 735, роботою якого також керує мікроконтролер Atmega 48.