

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до курсової роботи з дисципліни

«ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ І КОНТРОЛЮ»

для студентів спеціальності
G6 «Інформаційно-вимірювальні технології»,
освітня програма: «Інформаційні системи моніторингу і контролю»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Методичні вказівки до до курсової роботи з дисципліни «Проектування систем моніторингу і контролю» для студентів спеціальності G6 «Інформаційно-вимірювальні технології», освітня програма: «Інформаційні системи моніторингу і контролю» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти / Укл.: Ольга ВАСИЛЕНКО. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2026. – 47 с.

Укладач: Ольга ВАСИЛЕНКО, доц., канд. техн. наук

Рецензент: Геннадій СНИЖНОЙ, проф., докт. техн. наук

Відповідальний за випуск: Андрій КОРОТУН, доц., канд. фіз.-мат. наук

Затверджено
на засіданні кафедри ІБтаН
Протокол № 4
від 04.02.26 р.

Рекомендовано до видання
НМК ФІБЕК
Протокол № 6
від 04 березня 2026 р.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Вказівки та рекомендації до складу роботи	6
1.1 Зміст текстової частини	6
1.2 Вказівки та рекомендації до окремих розділів	6
1.3 Рекомендації до оформлення	8
2 Приклад оформлення технічного завдання на розробку схеми системи моніторингу і контролю	10
3 Приклад проектування системи автоматичного регулювання	26
3.1 Використання ПЛК для регулювання та контролю.	26
3.2 Етапи проектування автоматизованих систем	26
3.3 Порядок автоматизованого проектування	27
3.4 Приклад розробки САР	27
3.4.1 Опис параметрів об'єкта автоматизації	28
3.4.2 Структуризація моделі	29
3.4.3 Налаштування програмного регулятора	30
3.4.4 Розробка СК автоклавом на ПЛК	31
3.4.5 Вибір елементної бази СК автоклавом	32
3.4.6 Структурний та параметричний синтез СК	32
3.4.7 Розробка ПЗ для СК	35
3.4.8 Порядок розробки схем підключення засобів керування.	36
Контрольні запитання	38
Перелік джерел посилання.	40
Додаток А. Рекомендовані тематики курсових робіт	42
Додаток Б. Приклади оформлення для системи автоматизації / моніторингу.	43
Додаток В. Приклад оформлення титульних сторінок технічного завдання	45
Додаток Г. Функціональна схема автоклава парового	46
Додаток Д. Приклад опису структурної схеми.	47

ВСТУП

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

У результаті вивчення дисципліни «Проектування систем моніторингу і контролю» здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти повинен **мати уявлення про:**

- еволюцію систем моніторингу та автоматизації;
- принципи автоматизованого проектування;
- структуру кібер-фізичних систем;
- принципи тотальної автоматизації;
- місце систем моніторингу і контролю в структурі цифрового виробництва;

знати:

- структури систем моніторингу і контролю рівня 4.0;
- етапи автоматизованого проектування СМК;
- принципи проектування в системах CAD, CAS та CAE;
- нормативне забезпечення автоматизованого проектування;

вміти:

- проектувати розумні систем на базі технологій Індустрії 4.0.
- проектувати системи моніторингу і контролю як складові кібер-фізичних систем;
- проектувати людино-машинний інтерфейс та SCADA;
- 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.

Задачами курсової роботи є:

- проектування системи для автоматизації (зокрема, для моніторингу і контролю) 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;

- проектування функціональної схеми мехатронної системи, яка б відображала обґрунтовану систему автоматизації.

Робота має на меті розробку схеми автоматизації (СА), системи моніторингу і контролю (СМК) конкретного технологічного, або іншого 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 (презентації). Графічний матеріал може бути представлений презентацією та копіями її сторінок, які необхідно розмістити наприкінці пояснювальної записки в додатку.

1.1 Зміст текстової частини

Вступ

Короткий опис технологічного процесу, об'єкту контролю/моніторингу.

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), презентації.

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 контролю/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 контролю/автоматизації

Автоматичний контроль

Описуються всі контури автоматичного контролю з назвою параметру, місцем знаходження, позиції за СА/СМК 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/СМК 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/СМК, 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/СМК;
- 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 [4, 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 ДСТУ 3008:2015 [6]. Джерела мають бути оформлені у відповідності до ДСТУ8302:2015 [7].

СА/СМК 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/СМК 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/СМК).

Розгорнута СА/СМК виконується згідно діючих стандартів оформлення.

Приклади виконання СА/СМК 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.

Розроблений комплекс стандартів для проектування автоматизованих систем, можна знайти за адресою <http://nbuv.gov.ua/node/1469>.

2 ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ СХЕМИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ І КОНТРОЛЮ

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

На наступних сторінках ТЗ послідовно представляється інформація, наведена нижче.

Основа для розробки системи моніторингу і контролю технологічного процесу (СМК ТП)

Основою для розробки СМК 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» в якості прикладу;
- ДСТУ ISO/IEC/IEEE 29148:2022, ДСТУ ISO/IEC/IEEE 15288:2025 (ISO/IEC/IEEE 15288:2023, IDT) «Інженерія систем і програмних засобів. Процеси життєвого циклу систем».

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 СМК ТП в складі:

1. Діючі ДСТУ/ISO/IEC/
2. Перелік документації технічного проекту у відповідності з договором із замовником.

Розроблена система здається Замовнику у відповідності із діючими стандартами, наприклад, ДСТУ 3626-97 «Базові програмно-технічні комплекси локального рівня для розосереджених автоматизованих систем керування технологічними процесами.

Загальні вимоги», ДСТУ 3451-96 "Технічні засоби для розподілених автоматизованих систем керування технологічними процесами. Загальні вимоги до спряження виробів", ДСТУ 2709-94 «Державна система забезпечення єдності вимірювань. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Метрологічне забезпечення. Основні положення».

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

- документация технічного проєкту 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. СМК ТП призначена:

- для цільового використання як завершеної системи під конкретний об'єкт автоматизації – підприємство «***»;
- 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 СМК 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 СМК ТП повинна мати можливість здійснення програмно-логічного керування по конкретних регламентованих послідовностях операцій.

Вимоги до системи

Вимоги до системи в цілому. Розроблена СМК ТП повинна відповідати ДСТУ із врахуванням вимог викладених в даному розділі.

Вимоги до структури та функціонування Системи.

За функціональними ознаками структура СМК 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.

СМК 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 інтерактив-ному 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 СМК ТП складатиметься з наступних категорій:

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

Перед вводом системи в експлуатацію технічний та експлуатаційний персонал повинен пройти навчання. Крім персоналу СМК 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 ДСТУ 2861-94 «Надійність техніки. Аналіз надійності [9]. Основні положення». Забезпечення необхідного рівня надійності потребує проведення спеціального комплексу робіт, що виконуються на різних стадіях створення і експлуатації СМК ТП.

Необхідний рівень надійності конкретної СМК 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 СМК ТП.

В зв'язку з цим використані в складі СМК 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 СМК ТП за функціональним розвитком, зручності експлуатації та обслуговування.

Вимоги до функцій, що реалізуються системою

СМК 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 СМК 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 СМК ТП повинні використовуватись сучасні засоби конфігурування та візуального програмування, орієнтовані на спеціалістів-розробників СМК 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 СМК 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 перевірки 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 електропневопозиціонери, 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 СМК 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 СМК 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 СМК 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 СМК ТП

Стадії створення СМК 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, проектною організацією, 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 проекту створення СМК ТП, термін виконання робіт, визначаються відповідальні особи і способи взаємодії.

Обробка вихідних даних

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

- пояснювальна записка технологічної частини проекту;
- 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 СМК 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 СМК 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 прибувати на площадку Замовника для усунення несправностей і відмов, або для представлення

кваліфікованих консультацій.

Порядок контролю і приймання

Ведення в дію розробленої СМК ТП здійснюється у відповідності з вимогами діючих стандартів.

Програми всіх етапів випробування складають Розробник на основі документу техноробочого проекту «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 проекту;
3. Автоматична перевірка готовності комплексу технологічних засобів;
4. Метрологічна перевірка вимірювальних параметрів;
5. Перевірка відмовостійкості і функцій самодіагностики;
6. Перевірка реалізації функцій СМК ТП на відповідність вимогам Технічного завдання;
7. Перевірка кваліфікації і рівня підготовки оперативного (технологічного) і експлуатаційного (обслуговуючого) персоналу для роботи в умовах функціонування СМК 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 ДСТУ, Приймальній комісії повинна бути представлена наступна документація:

1. Технічне завдання на створення СМК 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.

Протоколи окремих перевірок узагальнюються в єдиному Протоколі, на основі яких робляться висновок про можливість оформлення Акту прийняття СМК ТП в постійну (промислову) експлуатацію. Допускається за рішенням Приймальної комісії доопрацювання технологічної документації Системи після її введення в дію. Термін доопрацювання вказується в Протоколі приймальних випробувань.

Результати приймальних випробувань оформляються:

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

Вимоги до складу і змісту робіт по підготовці об'єкта до введення СМК ТП в дію:

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

- формування підрозділів обслуговування СМК 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 СМК ТП об'єкта автоматизації.

Розробник сумісно із Замовником мають забезпечити:

- наявність діючих ліцензій на право проведення проєктування і розробки СМК ТП;
- якісне виконання документації Технологічного і Робочого (технологічного) проєктування;
- проведення навчання технологічного персоналу і спеціалістів підрозділу СМК ТП об'єкта автоматизації;
- синхронне виконання проєктних робіт з терміном постачання технічних засобів СМК ТП, включаючи польове обладнання;
- синхронне виконання проєктних робіт з планом будівельних робіт, монтаж обладнання КВП і засобів обчислюваної техніки;
- перевірку стану технічних засобів СМК ТП і якісної повірки
- (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 «Автоматизовані системи. Вимоги до змісту документів», а також відповідно до державних та гармонічних із ними міжнародних стандартів.

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 проєкту розробляється документація щодо загальних рішень, організаційного, технологічного, інформаційного і програмного забезпечення, а також проєктно-кошторисна документація.

Склад проєктної 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 МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАДАЧ 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 СМК 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 модульною мікропроцесорною системою 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 можна представити методично:

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 автоматизації

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 сталі 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 завантажуються партія препарату. Одна завантаження камери становить 2 візки по 36 касетниця, 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 К8 (Додаток Г), насоса НЗ, клапана К10 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 $m_v \approx 100 \text{ кг}$. 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 $\varnothing 100$ 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).

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.

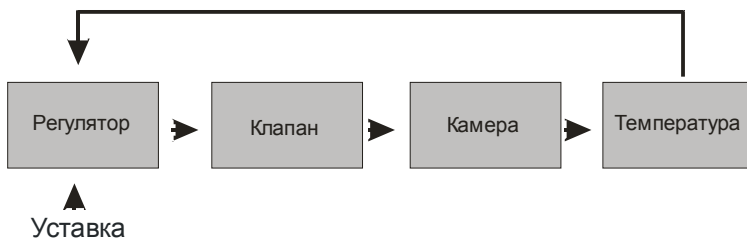


Рисунок 3.1– Схема тракту термостатування

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 нев'язких рідин, газів і перегрітої пари при невеликих тисках і швидкостях потоку).

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:

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

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

де τ – постійна часу;

T_i – параметр інтегральної складової PID-контролера;

K_p – параметр пропорційної складової PID-контролера.

3.4.4 Розробка СК автоклавом 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 [9] 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 СК ТП являє собою багаторівневу ієрархічну структуру з розподіленими функціями контролю і керування (рис. 3.2).

Технологічною платформою для побудови системи є компоненти SIMATIC. Відповідно до вимог стандарту ISA S95 СК ТП розбивається на наступні 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.

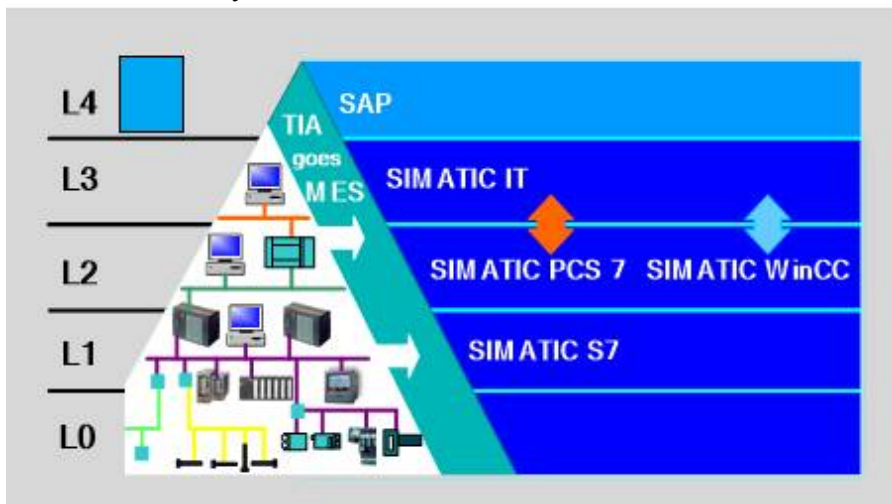


Рисунок 3.2 – Рівні керування виробництвом

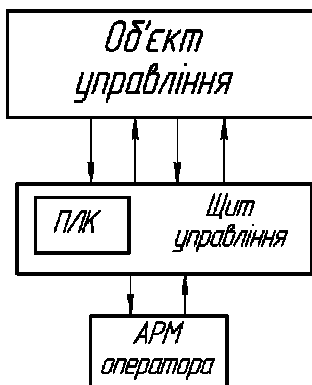


Рисунок 3.3–Структура SAP

Більш детально параметризовану (із обладнанням, протоколами) структурну схему, розбиту по рівнях представлено на рисунку 3.3.

Для системи автоматизації виберемо централізовану систему керування (рис. 3.4), в якій передбачена можливість керування процесом зі щита керування та з АРМ оператора.

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

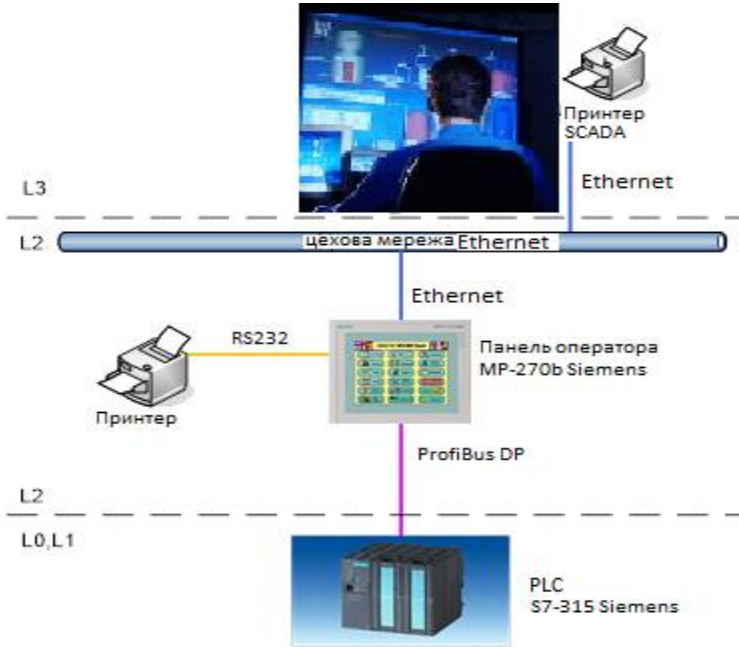
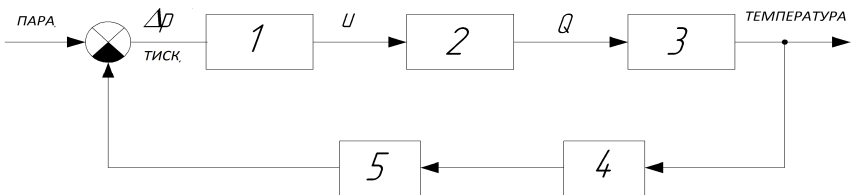


Рисунок 3.4 – Структурна схема АСК автоклавом



Специфікація

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

Рисунок 3.5 – Структурна схема САР 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.

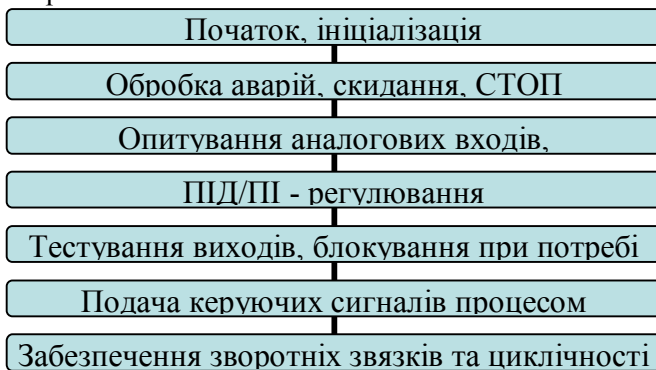


Рисунок 3.6 – Алгоритм роботи СК автоклаву парового

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.

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. Запроектувати схему підключень до контролера, накресливши

її в графічній САПР, 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.

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 проектів можна створювати в SCADA?
23. Запуск проектів в режимі емуляції.
24. Які групи мов програмування можна виділити в SCADA-

системах?

25. З чого складається SFC-програма і як вона працює?
26. Що таке об'єкти бази каналів?
27. Функції і призначення контролерів нижнього рівня АСУ ТП.
28. Функції і призначення контролерів верхнього рівня.
29. Що таке мікро SCADA?
30. Принципи та закони керування.
31. Критерії якості регулювання.
32. Принцип дії нечіткого регулятора.
33. Етапи формування Технічного завдання.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Мірошник, М.А. Основи проектування систем автоматизації: Конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2016. 114 с.
2. Проектування систем автоматизації Практикум. Частина 2 Навчальний посібник / Ю.А. Запорожець, Д.М. Складанний. К.: НУТУ «КПІ», 2024. 67 с.
3. ДСТУ ISO/IEC/IEEE 15288:2025 Інженерія систем і програмних засобів. Процеси життєвого циклу систем (ISO/IEC/IEEE 15288:2023, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=116499I.
4. Цмоць Г., Батюк А. Є., Яворський А. В., Теслюк Т. В. Система моніторингу технологічних процесів «Розумного підприємства». URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2019/jan/15441/10-17.pdf>
5. Технічні засоби автоматизації. Частина 1 : навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк, В. П. Лисенко, В. Є. Лукін та ін. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2017. 569 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/1709f899-d521-4f24-af3f-c7138eab85ea/content>
6. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник. К.: Видавництво Ліра-К, 2017. 344 с. URL: https://knushop.com.ua/image/catalog/lira20230617/pdf/12125.pdf?srsltid=AfmBOooHafzMPBl7Kt_ErGGE9qUDBxzqGowGqFfN_qNQkJvWP1rfErqo
7. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення (61984). URL: http://test-automatyka.pl/?page_id=272&lang=en
https://dnaop.com/html/61984/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_3008_2015
8. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання (61402). URL: https://dnaop.com/html/61402/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_8302_2015
9. ДСТУ 2861-94 «Надійність техніки. Аналіз надійності». URL: <http://01911.com.ua/wp-content/uploads/2011/05/ДСТУ-2861-94-Надійність-техніки.-Аналіз-надійності.-Основні-положення.pdf>
10. Siemens. Industrial Operations X. URL:

<https://www.siemens.com/en-us/company/insights/industrial-operations-x/>

11. 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-ге вид., перероб. і доп. К.: Ун-т новітніх технологій; НАУ, 2017. 496 с.

12. Паламар М., Стрембіцький М., Паламар А. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. 150 с.

13. What Is The Easiest SCADA Software? URL: <https://www.empoweredautomation.com/what-is-the-easiest-scada-software>

ДОДАТОК А

Таблиця А1 - 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 автоматизованого 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 СМК 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 ДЛЯ СИСТЕМИ
АВТОМАТИЗАЦІЇ / МОНІТОРИНГУ

Таблиця В.1 – Функції пристроїв керуючого комплексу на СА

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

Таблиця В.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 Д

ПРИКЛАД ОПИСУ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

1. Загальні положення

На структурній схемі (див. рис. *) представлено комплексну систему автоматизованого моніторингу, яка побудована за ієрархічним принципом і включає три основні рівні: нижній (польовий), середній (рівень управління) та верхній (рівень візуалізації та диспетчеризації).

2. Опис рівнів системи

Нижній рівень (Польовий рівень):

Датчики (Сенсори): Вимірювальні прилади (температури, вологості, концентрації, тиску тощо), які встановлені безпосередньо на об'єкті.

Виконавчі механізми: Вентиляційні заслінки, клапани, реле керування, які отримують сигнали від контролера. Функція: Збір первинної інформації та безпосередній вплив на технологічний процес.

Середній рівень (Рівень керування):

Програмований логічний контролер (ПЛК / PLC): Центральний елемент системи (наприклад, Siemens S7-1200 або Schneider Modicon M340). Модулі вводу/виводу (I/O modules): аналогові та цифрові модулі для обробки сигналів з нижнього рівня. Функція: Обробка даних від датчиків, виконання алгоритмів керування (ПД-регулювання) та передача команд виконавчим механізмам.

Верхній рівень (Рівень оператора):

АРМ (Автоматизоване робоче місце) диспетчера: персональний комп'ютер з встановленим SCADA-програмним забезпеченням (наприклад, WinCC, Wonderware); сервер БД (баз даних) для архівації та зберігання історії моніторингу. Функція: візуалізація процесу, сигналізація про аварії, архівування даних та керування.

3. Зв'язки та інформаційні потоки. Датчики з'єднані з модулями вводу ПЛК за допомогою аналогових (4-20 мА, 0-10 В) або цифрових сигналів. Зв'язок між ПЛК (середній рівень) та АРМ (верхній рівень) здійснюється через промислову мережу Ethernet (протокол Modbus TCP/IP або PROFINET).