

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.АКПМ-21.00.00.000 ПЗ

Група АКПМ-24-1

Кривоніс Максим

2025

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет автоматизації і енергетики
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кривоніс Максим Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК — 681.53
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Автоматизація процесу виробництва мастил на неорганічних (не мильних)

(назва роботи)

загусниках

Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(назва освітньої програми)

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

(шифр і назва спеціальності)

Консультант з нормоконтролю

асистент

(посада)

(підпис)

(дата)

Л.І. Лагойда

(ініціали та прізвище)

Здобувач освітнього ступеня

АКПм-24-1

(шифр групи)

(підпис)

(дата)

М.В Кривоніс

(ініціали та прізвище)

Науковий керівник

Доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

О.В Кучмистенко

(ініціали та прізвище)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

А.І. Лагойда

(ініціали та прізвище)

Рецензент

доцент

(посада)

(підпис)

(дата)

І.І Чигур

(ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет автоматизації та енергетики

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітній рівень Другий (магістерський)

Спеціальність 174 - Автоматизація комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТ

А.І. Лагойда

« » 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Кривоносу Максиму Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизація процесу виробництва мастил на неорганічних (немильних) загусниках

керівник роботи Кучмистенко О.В. к.т.н доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» листопада 2025 року № 699/7

2. Строк подання студентом роботи 08.12.2025

3. Вихідні дані до роботи матеріали практик, науково-технічні журнали, довідники

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз технологічного процесу виробництва мастил на неорганічних немильних загусниках, як об'єкта автоматизації; 2. Аналіз техніко-економічних аспектів; 3. Створення математичної моделі реактора; 4. Розробка системи автоматичного керування; 5. Вибір технічних засобів автоматизації

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 30.10.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
Аналіз технологічного процесу виробництва мастил як об'єкта автоматизації	15.10.2025	
Створення математичної моделі реактора	28.10.2025	
Аналіз техніко-економічних аспектів впровадження автоматизованих систем у виробництво мастил	3.11.2025	
Розробка системи автоматичного керування	13.11.2025	
Вибір технічних засобів автоматизації	23.11.2025	

Студент _____
(підпис)

М.В Кривоніс
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

О.В Кучмистенко
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

На магістерську роботу студента Кривоніс М.В. на тему:
”Автоматизація процесу виробництва мастил на неорганічних (не мильних)
загусниках”

Магістерська робота на здобуття кваліфікації магістра з автоматизації за спеціальністю 174 - Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, – Івано- Франківськ, 2025 р.

Основні ідеї, результати та висновки: У роботі запропоновано комплексний підхід до процесу виробництва мастил за допомогою новітніх технологій. Дослідження має на меті оптимізацію роботи систем керування, підвищення ефективності виробничих процесів, зменшення витрат енергії та скорочення впливу на навколишнє середовище.

Пояснювальна записка до магістерської роботи має обсяг 70 сторінок та містить 26 рисунки, 2 таблиць, 13 літературних джерел.

Матеріали дослідження можуть бути корисними для навчального процесу у закладах вищої освіти, а також слугувати основою для подальших інженерних розробок у сфері автоматизації технологічних систем.

Ключові слова: АВТОМАТИЗАЦІЯ, СТАБІЛІЗАЦІЯ , СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ ,SIMULINK.

ABSTRACT

The master's thesis by student M.V. Kryvonis is dedicated to the topic: “Automation of the Production Process of Lubricants Based on Inorganic (Non-Soap) Thickeners.”

The work was completed to obtain the Master’s degree in specialty 174 – Automation, Computer-Integrated Technologies, and Robotics at the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2025.**Main ideas:** This research presents a comprehensive approach to automating the production of lubricants by improving control algorithms, optimizing technological parameters, and enhancing the energy efficiency of the process. Special emphasis is placed on integrating modern digital tools and web technologies to enable flexible process management and increase transparency within automated systems.

As a result of the research, one conference presentation based on the topic of the master's thesis has been published.

The explanatory note to the master's thesis is pages 70 long and includes 26 figures, 2 tables, and 13 references.

The findings of the thesis may be applied in higher education as instructional material for students studying electrical engineering, automation, and control systems. They may also serve as a basis for further technological advancements in industrial automation.

Keywords: AUTOMATION, CONTROL SYSTEMS, STABILIZATION, SIMULINK

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ СИМВОЛІВ,ОДИНИЦЬ,СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МАСТИЛ НА НЕОРГАНІЧНИХ ЗАГУСНИКАХ	15
1.1. Призначення і суть процесу	15
1.2. Характеристика сировини	17
1.3. Опис технологічного процесу	21
1.4. Вибір параметрів індикації,реєстрації,контролю,регулювання та сигналізації	23
Висновки до розділу 1	25
РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	26
Висновки до розділу 2.....	28
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ 29	
3.1. Технічна характеристика обладнання	29
3.2. Математичне моделювання процесів у вибраному об'єкті.....	31
3.3. Опис принципової схеми управління двигунами	38
Висновки до розділу 3	38
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ	46
4.1. Розробка функціональної схеми автоматизації.....	46
4.2. Опис принципової електричної схеми сигналізації	49
4.3. Опис принципової схеми управління двигунами	53
4.4. Проектування щита	56
Висновки розділу 4.....	59
РОЗДІЛ 5 ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	60
5.1. Датчики тиску	60
5.2. Датчики температури	61
5.3. Датчики рівню.....	63

5.4 Датчики витрати	64
5.5 Цифрові індикатори та реєстратори	65
Висновки до розділу 5	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70
ДОДАТКИ	

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ**

MATLAB - MATrix LABoratory (Лабораторія матриць)

ФСА – Функціональна схема автоматизації

ПЛК - Програмований логічний контролер

ВСТУП

Актуальність теми магістерської роботи, присвяченої автоматизації процесу виробництва мастил на неорганічних (немильних) загусниках, визначається зростаючими вимогами до якості, стабільності та експлуатаційних характеристик мастильних матеріалів у сучасному машинобудуванні та промисловості. Надійність роботи механізмів, довговічність вузлів тертя та ефективність технологічного обладнання безпосередньо залежать від властивостей мастил, що застосовуються в умовах підвищених температур, навантажень і агресивного середовища.

Сучасний розвиток промисловості характеризується ускладненням умов експлуатації машин і механізмів, що зумовлює необхідність використання мастильних матеріалів з підвищеною термічною стабільністю, механічною міцністю та стійкістю до окиснення. У цьому контексті мастила на неорганічних загусниках набувають особливого значення, оскільки вони здатні забезпечувати стабільні експлуатаційні характеристики там, де традиційні мильні мастила виявляються недостатньо ефективними.

Разом із цим виробництво таких мастил є складним багатостадійним процесом, чутливим до коливань температури, режимів перемішування, дозування компонентів та інших технологічних параметрів. Недостатній рівень автоматизації призводить до нестабільності якості продукції, перевитрат сировини й енергоресурсів, а також до зростання частки браку. Тому впровадження сучасних автоматизованих систем управління виробничими процесами є необхідною умовою підвищення ефективності та конкурентоспроможності підприємств, що спеціалізуються на виробництві мастильних матеріалів.

Окремої уваги потребує і екологічний аспект виробництва мастил. Використання автоматизованих систем контролю та регулювання дозволяє зменшити втрати сировини, скоротити обсяги відходів і знизити негативний вплив виробництва на навколишнє середовище. У цьому зв'язку актуальним

є застосування сучасних інформаційних технологій і методів автоматизації, які забезпечують точний контроль параметрів процесу в режимі реального часу.

Обґрунтування вибору теми дослідження

Розширення можливостей у використанні мастильних матеріалів для забезпечення надійності та тривалості механічних з'єднань є ключовим аспектом у підтримці функціональності та ефективності машин і механізмів. Постійні зміни у вимогах до цих матеріалів, обумовлені зростанням температур, навантажень та інших умов експлуатації, спонукають до пошуку нових рішень та вдосконалення існуючих.

Одним із важливих напрямків вдосконалення є розробка та використання пластичних мастил, які відповідають вимогам сучасного виробництва. Завдяки своїй універсальності та ефективності, пластичні мастила стають невід'ємною частиною багатьох промислових процесів.

Використання високоякісних мастильних матеріалів сприяє зменшенню витрат у виробництві, не дивлячись на зростання загального обсягу продукції у машинобудівній галузі. Це підтверджується стабілізацією глобального виробництва мастильних матеріалів і навіть його зниженням.

Україна, незважаючи на загальний тренд зменшення виробництва мастильних матеріалів, спостерігає позитивні структурні зміни. Досягнуті успіхи включають розробку та часткове впровадження нових матеріалів, таких як сульфонати, складні алюмінії та інші перспективні компоненти. Орієнтована потреба в мастилах в Україні, не враховуючи вуглеводневі та напіврідкі компоненти, становить близько 40-45 тисяч тонн. Для подальшого розвитку цього напрямку необхідно провести реконструкцію та модернізацію обладнання, що випускає мастила. Це допоможе вирішити проблему дефіциту спеціалізованих змащувальних матеріалів і підвищить можливості експорту. Зараз ринок мастильних матеріалів насичений широким асортиментом від різних виробників. Це створює ризик придбання низькоякісних продуктів для великих споживачів, що може вплинути на

якість та конкурентоспроможність їхньої продукції. Тому важливо зосередитися на розвитку внутрішнього виробництва високоякісних мастильних матеріалів для забезпечення якості та надійності у машинобудівній галузі. Враховуючи постійний технологічний прогрес і зростання вимог до продукції, дослідження та впровадження нових матеріалів та технологій в мастильному виробництві є важливим завданням для підтримки конкурентоспроможності національного та глобального ринків. Таким чином, систематична робота у цьому напрямку сприятиме подальшому розвитку галузі та покращенню якості машинобудівних виробів.

Мета і завдання дослідження магістерської роботи, присвяченої автоматизації процесу виробництва мастил на неорганічних загусниках, зумовлений низкою науково-технічних і практичних чинників.

1. Виробництво пластичних мастил на неорганічних загусниках є перспективним напрямом розвитку мастильних матеріалів, оскільки такі мастила характеризуються високою термічною стабільністю, стійкістю до окиснення та здатністю працювати в складних експлуатаційних умовах. Дослідження технологічних процесів їх виготовлення дозволяє покращити якість продукції та розширити сфери її застосування.

2. Сучасний рівень розвитку автоматизації та цифрових технологій відкриває можливості для впровадження ефективних систем керування технологічними процесами виробництва мастил. Застосування автоматизованих систем регулювання дозволяє мінімізувати вплив людського фактора, підвищити повторюваність параметрів процесу та забезпечити стабільність властивостей готової продукції.

3. Підвищення енергоефективності та зниження виробничих витрат є важливими завданнями для підприємств мастильної промисловості. Автоматизація технологічних процесів сприяє оптимальному використанню сировини, зменшенню енергоспоживання та підвищенню економічної ефективності виробництва.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва

мастильних матеріалів на основі неорганічних (немильних) загусників, а також системи автоматизації, що забезпечують контроль і регулювання ключових параметрів цього процесу. До об'єкта входять як самі технологічні установки та реактори, так і датчики, контролери та програмне забезпечення, що забезпечують стабільність і ефективність виробництва.

Предметом дослідження є конкретні аспекти автоматизації процесу виробництва мастил:

1. Методи та алгоритми автоматичного регулювання технологічних параметрів (температура, в'язкість, об'ємна продуктивність, час змішування тощо);

2. Система збору та обробки даних для моніторингу виробничого процесу;

Таким чином, робота зосереджена на розробці ефективних рішень для автоматизованого управління процесом виробництва мастил, що дозволяє підвищити якість продукції, зменшити втрати сировини та енергетичні витрати, а також створити базу для впровадження інновацій у промислове виробництво.

Метою дослідження є розробка та дослідження автоматизованого підходу до управління процесом виробництва мастил на неорганічних (немильних) загусниках з метою підвищення стабільності технологічного процесу, якості готової продукції та ефективності виробництва.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено розв'язання таких завдань:

1. Провести аналіз сучасних технологій виробництва мастил на неорганічних загусниках та визначити основні проблеми їх автоматизації.

2. Дослідити вплив основних технологічних параметрів на якість та властивості готових мастильних матеріалів.

3. Розробити структурну схему автоматизованої системи управління процесом виробництва мастил.

4. Здійснити моделювання роботи системи автоматичного

керування та оцінити її ефективність.

5. Проаналізувати економічну доцільність впровадження запропонованих рішень.

Новизна отриманих результатів полягає у розробці та дослідженні підходу до автоматизації процесу виробництва мастил на неорганічних загусниках, який дозволяє забезпечити стабільність технологічних параметрів і підвищити якість готової продукції. Запропоновані рішення базуються на використанні сучасних методів автоматичного керування та моделювання технологічних процесів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами

Дослідження з автоматизації процесу виробництва мастил на неорганічних (немильних) загусниках відповідає сучасним науково-технічним напрямам, спрямованим на підвищення ефективності промислових технологій та впровадження інтелектуальних систем управління у хімічній і машинобудівній промисловості. Важливим аспектом є забезпечення стабільності фізико-хімічних характеристик мастильних матеріалів, зменшення браку та оптимізація використання сировини, що прямо співпадає із завданнями багатьох наукових програм і проєктів, орієнтованих на модернізацію виробництва та енергозбереження.

Результати цього дослідження можуть бути використані у рамках державних та міжнародних грантових ініціатив, спрямованих на розвиток інноваційних технологій, екологічно безпечних виробничих процесів та цифровізації промислового виробництва. Вони також відповідають актуальним напрямам наукових розробок у галузі матеріалознавства та хімічної технології мастильних матеріалів, які передбачають впровадження автоматизованих систем контролю та управління для підвищення продуктивності та стабільності процесів.

Впровадження сучасних інформаційних технологій у виробництво мастил не лише підвищує надійність і якість готової продукції, а й створює

основу для подальшого розвитку дослідницьких програм та грантових проектів, що підтримують інноваційні підходи та спрямовані на підвищення конкурентоспроможності української промисловості на глобальному рівні. Таким чином, робота має не лише практичне, а й стратегічне наукове значення, відповідаючи актуальним завданням сучасної промислової та наукової політики.

Практичне значення отриманих результатів магістерської роботи полягає у можливості їх використання на підприємствах мастильної промисловості для підвищення ефективності виробництва, зниження витрат сировини та енергоресурсів, а також покращення якості мастильних матеріалів. Отримані результати можуть бути використані при модернізації існуючих виробничих ліній та впровадженні автоматизованих систем управління.

Структура та обсяг магістерської роботи. Пояснювальна записка до магістерської роботи має обсяг 70 сторінок та містить 26 рисунки, 2 таблиці, 13 літературних джерел.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МАСТИЛ НА НЕМИЛЬНИХ ЗАГУСНИКАХ

1.1. Призначення і суть процесу

Мастильні матеріали класифікуються за їх походженням на рослинні, тваринні та мінеральні. Рослинні мастильні матеріали отримують з насіння різних рослин, таких як касторове, бавовняне, суріпне та інші оливи. Тваринні мастильні матеріали виготовляються з жирових тканин тварин, наприклад сало з баранини і яловичини, технічний риб'ячий жир, кісткові та спермацетові оливи. Проте, з розвитком хімічної промисловості частка рослинних і тваринних мастильних матеріалів значно скоротилася, поступаючись місцем синтетичним і мінеральним мастилам. Основною сировиною для виробництва мінеральних мастильних матеріалів є нафта, кам'яне вугілля, торф та сланці. Серед мастильних матеріалів мінерального походження найбільш поширені нафтові оливи, такі як осьові, циліндрові, моторні тощо.

Мастильні матеріали можуть бути рідкими, пластичними (консистентними) і твердими. Рідкі мастильні матеріали, або оливи, є такими, що знаходяться в рідкому стані при звичайній температурі. До пластичних (консистентних) мастильних матеріалів належать ті, що знаходяться в напіврідкому або твердому стані за звичайних умов, але при нагріванні плавляться і переходять у рідкий стан. До прикладів таких мастил належать солідоли, консталіни, вазеліни. Пластичні мастильні матеріали також захищають металеві частини локомотивів від корозії під час транспортування і тривалого зберігання. Тверді мастильні матеріали, такі як графіт, тальк і слюда, не змінюють свого стану при зміні температури навколишнього середовища.

Мінеральні мастильні оливи розрізняються за декількома критеріями:

за методом отримання вони можуть бути дистильованими, залишковими і змішаними; за способом очищення – оливи кислото-лужного, кислото-контактного лужного і селективного очищення; за призначенням – промислові, авіаційні, для автомобілів та тракторів, дизельні, трансмісійні, для поршневих машин, осьові, турбінні компресорні і оливи спеціального призначення. Залежно від складу загущувача мастильні матеріали також розрізняються на такі типи як:

Для виготовлення мильних мастил як загусник використовують солі вищих карбонових кислот, відомі як мила. Залежно від аніону мила, мастила одного й того ж катіона можуть бути розділені на звичайні та комплексні (наприклад, літєві, кальцієві, барієві, алюмінієві і натрієві). Окремо виділяються мастила на змішаних милах, де загусником є суміш мив (наприклад, літєво-кальцієві, натрієво-кальцієві та інші). Мастила, створені з використанням різної жирової сировини, поділяються на умовно синтетичні (де аніон мила - радикал синтетичних жирних кислот) і жирові (де аніон мила - радикал природних жирних кислот).

Кальцієві мастила, відомі як солідол, є одними з найпоширеніших мастильних матеріалів в Україні завдяки низькій вартості та задовільним експлуатаційним характеристикам. Однак, при нагріванні до 80°C, солідоли розпадаються, що робить їх непридатними для таких автомобільних вузлів, як маточини передніх коліс, підшипники водяного насоса і розподільник запалювання.

Комплексні кальцієві мастила більш термічно стабільні та мають високі протизадирні властивості, але вони схильні до термоупрочнення і гігроскопічності, тому їх потрібно зберігати в герметичній тарі. Прикладом є УНІОЛ, який використовується там, де потрібна підвищена термостійкість і стійкість до навантажень.

Натрієві і натрієво-кальцієві, відомі як жирові консталіни, мають високу температуру плавлення, але їхнє застосування обмежене через неводостійкість - вони розчиняються у воді і легко змиваються. Ці мастила

вважаються застарілими, і їх виробництво поступово зменшується. Натомість, все більшу популярність у світі здобувають літієві і комплексні літієві мастила, такі як літол, ЦИАТИМ тощо. Комплексні літієві мастила працездатні в широкому діапазоні температур і застосовуються у текстильній, верстатобудівній, автомобільній та інших галузях промисловості.

Неорганічні мастила отримують за допомогою термостабільних високодисперсних неорганічних речовин з добре розвиненою питомою поверхнею як загусників. До них відносяться сілікагелеві, бентонітові, графітні, асбестов та інші типи мастил.

Органічні мастила виготовляють з термостабільних, високодисперсних органічних речовин, таких як полімери, пігменти, сечовина, сажа та інші. Нове покоління поліуретанових мастил, виготовлених на базі нафтових і синтетичних вуглеводневих масел, мають максимальну температуру застосування до 220 °С, наближаючись до високотемпературних тефлонових змащень на основі Перфторполіефірів, але при цьому відрізняються значно меншою вартістю.

Вуглеводневі мастила, для отримання їх як загустника використовують високоплавкі вуглеводні. Це переважно консерваційні та канатні мастила. Вони використовуються у різних сферах, включаючи механіку, транспорт, та інші промислові галузі.

1.2. Характеристика сировини

Мастила на неорганічних згущувачах, таких як сілікагелі та бентонітові глини, не створюють на поверхні металу міцних захисних плівок і не перешкоджають проникненню іонів металу, тому вони погано захищають метали від корозії. Для підвищення вологостійкості неорганічні згущувачі обробляють спеціальними поверхнево-активними речовинами (гідрофобізацією), а бентонітові глини після диспергування амінують.

Мастила на основі неорганічних загусників набувають популярності через високу хімічну стійкість таких загусників, як силікагель і бентонітова глина. Ці мастила, приготовлені на синтетичних рідинах, використовуються в агресивних середовищах, де мильні мастила непридатні. Перспективним є використання мастил на бентонітах, силікагелях і алюмосилікагелях замість солідолів та інших масових мастил, оскільки вони надають мастилам цінні якості. Однак висока вартість обмежує їх широке застосування.

Для покращення диспергування неорганічних згущувачів у мастилах і запобігання їх агрегації використовують диспергувальні добавки, такі як ацетон або метанол. Вони полегшують розподіл частинок згущувача в оливі та запобігають їх злипанню. Диспергувальні добавки легко видаляються з мастила при нагріванні до невисокої температури.

Мастила на неорганічних згущувачах мають хороші високотемпературні властивості та високу хімічну стабільність, але їх недоліком є низька захисна здатність. За зовнішнім виглядом, механічними та фізико-хімічними властивостями вони близькі до мильних мастил. Мастила на гідрофобізованому силікагелі призначені для високошвидкісних підшипників кочення, які працюють за жорстких режимів тертя. Ці мастила є дорогими і випускаються в обмежених кількостях.

Мастила складаються з різноманітних компонентів. У найпростішому варіанті вони містять масляну основу (дисперсійне середовище) і твердий загусник. Хоча дисперсна фаза становить лише 5–25% від загального складу, вона визначає ключові експлуатаційні властивості мастила. Як дисперсну фазу зазвичай використовують солі вищих жирних кислот (мила), тверді вуглеводні, рідше – неорганічні загусники та в невеликих кількостях органічні загусники.

Серед всіх видів загусників можна виділити такі як:

1. Поліморфні загусники, які посилюють взаємодію з дисперсійним середовищем при переході в високотемпературні мезоморфні фази, такі як мила.

2. Загусники, що не мають поліморфних властивостей, плавляться при відносно низьких температурах і утворюють однорідні розчини з дисперсійним середовищем при температурах вище точки їх плавлення такі, наприклад, як тверді вуглеводні.

3. Органічні та неорганічні загусники, які не розчиняються в дисперсійному середовищі і не зазнають фазових змін при підвищенні температури. До них належать силікагелі, бентоніти, сажа, розширений графіт, пігменти.

Під час виробництва мастил як загусники використовуються тверді неорганічні матеріали, що мають високу дисперсність і гідрофобність. Вони здатні утворювати первинний структурний каркас мастила і швидко відновлювати зв'язки між частинками після деформації. Для цього застосовують високодисперсні модифіковані діоксид кремнію, глинисті мінерали з великою обмінною ємкістю, леофільний графіт, азбест та інші високодисперсні мінерали з відповідними властивостями.

Мастила, в яких використовується високодисперсний діоксид кремнію (SiO_2) як загусник, відомі як силікагелеві (Si-) мастила. Існує кілька методів отримання діоксиду кремнію, основними з яких є пірогенний метод та метод осадження. Аеросил, що представляє собою чистий, непористий SiO_2 , характеризується високою дисперсністю, однорідними розмірами частинок і великою питомою поверхнею, яка коливається від 150 до 450 $\text{м}^2/\text{г}$. Розміри частинок зазвичай варіюються від 5 до 40 нм, при цьому основний діапазон становить 10–15 нм. Ці параметри залежать від температури полум'я, концентрації SiCl_4 , тривалості перебування частинок SiO_2 в реакційній зоні та інших технологічних факторів. Аеросил містить приблизно 99,8% SiO_2 , решта складається з оксидів алюмінію, титану, бору, заліза та інших елементів.

Під час виробництва мастил використовують органозаміщені форми бентонітових глин, та інші види глин, такі як аттапульгіт (палигорськіт), гекторит, вермикуліт тощо. Мастила, загущені мастильними рідинами з

органозаміщеними глинистими мінералами, називаються бентонітовими (Bn) мастилами. Використання глинистих мінералів як загусників є технічно та економічно вигідним, оскільки це забезпечує створення мастил, які працюють у широкому діапазоні температур, і зменшує потребу в природних жирах та інших дефіцитних матеріалах. Властивості вихідних глинистих мінералів мають велике значення як при їх поверхневої модифікації, так і під час подальшого виробництва мастил.

Палигорскіт належить до групи шарувато-стрічкових сепіоліт-алигорськітових мінералів. Його основний структурний елемент складається з кремнекисневих тетраедрів, розташованих у формі подвійного ланцюга складу Si_4O_{11} . Частинки палигорскіту мають голкоподібну форму і агрегуються в пучки. Пористий простір між цими пучками та цеолітні канали визначають його сорбаційні можливості.

Каолініт – це шаруватий мінерал, який має різну ступінь досконалості в кристалічній структурі. Його структура характеризується впорядкуванням у взаємному орієнтуванні базисних сіток у шарі та зміщенням окремих шарів відносно один одного.

Вермикуліт є шаруватим силікатом, що складається з великих пластинчастих частинок. Його мікроструктура характеризується агрегативною структурою з подовженими агрегатами. Кристали вермикуліту мають гладку і однорідну поверхню. Хоча енергія взаємодії обмінних катіонів з елементарними пакетами у вермикуліту вища, ніж у монтморилоніту, його здатність до розширення структурної решітки є меншою.

Природний або синтетичний графіт, подрібнений в умовах, що виключають контакт з киснем і в присутності органічних розчинників, стає олеофільним і здатен утворювати структуровані дисперсії в органічних середовищах. Ця властивість використовується для загущення масел з метою виробництва мастил. Питома поверхня олеофільного графіту перевищує $20 \text{ м}^2/\text{г}$. Для виготовлення мастил застосовують від 5% до 20% маси олеофільного продукту. В якості загусника використовується вермикулярний

(розширений уздовж кристалічної осі С) графіт, який отримують шляхом просочення природного або синтетичного графіту такими реагентами, як концентровані сірчана або азотна кислоти, їхні суміші, біхромат натрію або калію, хлорид заліза, хлорид хрому та іншими, що утворюють інтеркаляційні або шаруваті сполуки. Залежно від умов процесу (часу, температури, концентрації, розміру частинок) досягається різний ступінь просочення. Після гідролізу і висушування просочений графіт швидко нагрівають до 600–1000 °С, що призводить до розриву міжшарових зв'язків і розширення кристалічної решітки графіту в напрямку, перпендикулярному до шарів, більш ніж у 10 разів, надаючи часткам вермикулярну структуру. Об'ємна густина розширеного графіту становить 3–5 кг/м³, а питома поверхня збільшується до 200 м²/г. Мастило, загущене 15% маси розширеного графіту, має межу міцності на зсув 820 Па при температурі 20 °С.

В літературі згадуються альтернативні неорганічні речовини, які можуть служити загусниками для мастил. До них належать оксиди та гідроксиди різних металів, зокрема гідроксид алюмінію, кальцію, барію, стронцію, цинку. Також до цієї категорії можна віднести тонкодисперсний азбест, слюду, карбонати металів, їх сульфідів, сульфатів, фосфатів та інші сполуки. Проте більшість цих пропозицій не знайшли широкого практичного застосування через недостатню кількість відомостей про властивості відповідних мастил. Зазвичай ці матеріали використовуються як наповнювачі в мастилах у поєднанні з мильними та іншими загусниками.

1.3. Опис технологічного процесу

Процес виготовлення мастил на неорганічних (немильних) загусниках (осаджені та пірогенні силікагелі, бентонітові глини) не схожий на виробництво мильних мастил. Даний різновид мастил отримується в результаті механічного диспергування гідрофобних загусників у оліві за допомогою гомогенізаторів та змішувачів. Мастило на осадженому силікагелі

загуснику виробляють безо-середньо на установці. У створені мастил на пірогенному силікагелі вико-ристовується готовий загусник, покращений різноманітними поверхнево-активними речовинами.

Виробнича установка містить в собі секції змішування компонентів мастила з утворенням однорідної дисперсії та обробних операцій. Технологічну схему установки для створення силікагелевого мастила графітол зображено на рис. 1.1.

У змішувачі ЗМ-1 за допомогою дозувального насоса Н-1 подають базову оливу, вмикають перемішувальний пристрій та обігрівання апарата. Після цього через дозатор Д-1 починають завантажувати першу порцію модифікованого аеросилу, яка становить 80% від розрахункової кількості. Протягом 8 годин завантаження проводиться порціями, варто зауважити що маса кожної порції зменшується поступово від 5 до 1 кг.

Суміш оливи та загусника перемішується і циркулює в системі: змішувач ЗМ-1 – насос Н-2 – змішувач ЗМ-1. Після загушення оливи аеросилом суміш зі змішувача ЗМ-1 насосом Н-2 перекачують у змішувач ЗМ-2, куди дозатором

Д-3 завантажують графіт. Температуру суміші підвищують до 105 °С і видаляють вологу, яка потрапила з вихідними компонентами, підключаючи змішувач ЗМ-2 до ваку-умного насоса Н-3 через конденсатор Х.К.-1. Потім у змішувач ЗМ-2 завантажують решту (20 %) загусника. Суміш перемішується і циркулює до отримання одно-рідної маси.

Після цього вона піддається гомогенізації, фільтруванню та деаерації на установці Г.Ф.Д. Готове мастило перекачують у збирач-нагромаджувач ЗБ.Н.-2, у циркуляційному контурі якого встановлено гомогенізувальний клапан . Зі збирача-нагромаджувача мастило, якщо воно задовольняє технічні умови (це контролюється пристроєм контролю реологічних властивостей РЕО.), насосом Н-6 подається на затарювання й пакування.

Некондиційний продукт скупчується у збирачу-нагромаджувачі ЗБ.Н.-2, звідки надходить для перероблення або виводиться з установки.

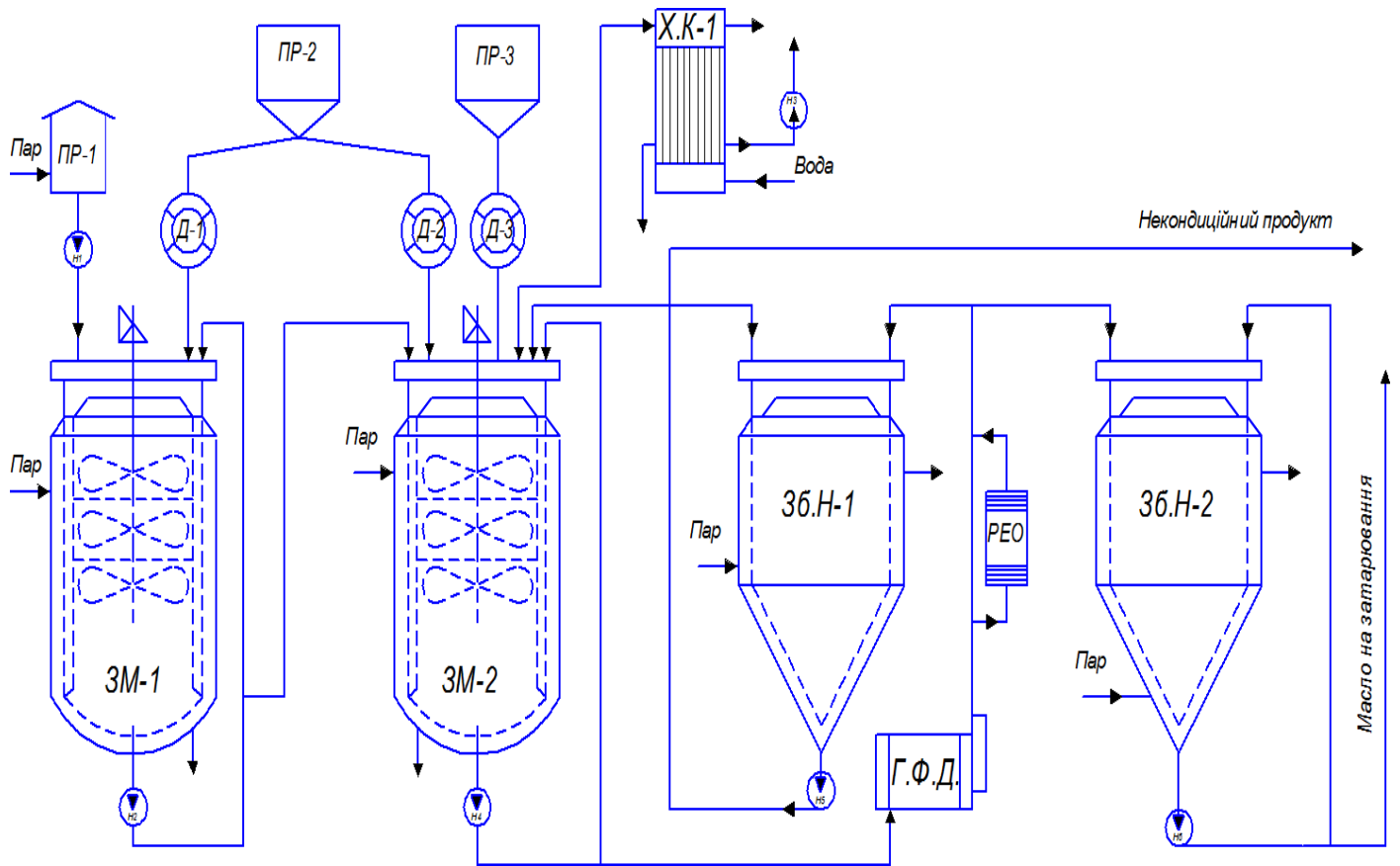


Рис. 1.1. Технологічна схема виробництва мастил

ЗМ – 1,2 – змішувачі; ПР- 1,2,3 – сировинні приймачі Н- 1,6 – насоси
 Д-1,2,3 – Дозатори; Х.К.-1 – конденсатор; Зб.Н-1,2 – збирачі-нагромаджувачі;
 Г.Ф.Д. – установка для гомогенізації, фільтрування та деаерації; РЕО. –
 пристрій для контролю реологічних властивостей

1.4. Вибір параметрів індикації, реєстрації, контролю, регулювання, сигналізації

Таблиця 1.1

Карта технологічного процесу

Позиція на ФСА	Параметр	Значення параметру	Діапазон зміни
1	2	3	4

Продовження таблиці 1.1

Керування/ регулювання- ПЛК	Рівень, Змішувач ЗМ-1	70%	60-85%
Керування/ регулювання- ПЛК	Рівень, Змішувач ЗМ-2	65%	50-80%
Сигналізація/ Індикація (поз.7-б)	Аварійна індикація рівня	Вкл при 20% або 95%	
Керування/ регулювання- ПЛК	Температура, Змішувач ЗМ-1	105 оС	100 оС -110 оС
Сигналізація/ Індикація (поз.3-в)	Аварійна індикація рівня (нижній/верхній)	Вкл при ≤ 20% або ≥ 95%	
Керування/ регулювання- ПЛК	Температура, Змішувач ЗМ-2	105° С	100° С -110° С
Сигналізація/ Індикація (поз.6-в)	Аварійна індикація рівня (нижній/верхній)	Вкл при ≤ 20% або ≥ 95%	
Керування/ регулювання- ПЛК	Тиск у ЗМ-1	-0,02 МПа (≈200 mbar надатм.)	0 ... 0,05 МПа
Індикація - (поз.1-б)	Сигнал аварії по перегріву падінню тиску	Автоматичне спрацьовування при виході за діапазони	

продовження таблиці 1.1

Керування/ регулювання- ПЛК	Тиск у ЗМ-2	-0,02 МПа (≈200 mbar надатм.)	0 ... 0,05 МПа
Індикація (поз.8- б)	-Сигнал аварії по перегріву падінню тиску	Автоматичне спрацьовування при виході за діапазони	
Керування/ регулювання- ПЛК	Температура у Х.К.-1	-	-

Висновок до розділу 1

У даному розділі було проведено аналіз технологічного процесу виробництва мастил на неорганічних (немильних) загусниках, описано основні хімічні реагенти та кінцевий продукт установки. Було здійснено вибір параметрів автоматизації.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБРУНТУВАННЯ

Автоматизація виробництва мастил на неорганічних (не мильних) загусниках є актуальним та перспективним напрямком досліджень, що має значний потенціал для підвищення ефективності та якості виробничих процесів. Даний розділ присвячений аналізу техніко-економічних аспектів впровадження автоматизованих систем у виробництво мастил, які використовують неорганічні загусники.

Використання неорганічних загусників у виробництві мастил дозволяє отримувати продукцію з поліпшеними характеристиками, такими як термічна стабільність, стійкість до окислення, та покращена змащувальна здатність. Автоматизація процесів дозволить забезпечити точний контроль за параметрами виробництва, що, в свою чергу, призведе до стабільно високої якості кінцевого продукту. Висока якість мастил знижує знос обладнання, підвищує його надійність і тривалість експлуатації, що є важливим фактором для споживачів.

Автоматизація дозволяє оптимізувати використання ресурсів, зменшити втрати сировини та енергії, що призводить до зниження виробничих витрат. Використання сучасних систем автоматичного контролю та регулювання дозволяє зменшити кількість відходів та підвищити ефективність використання матеріалів. Крім того, автоматизація процесів зменшує потребу в ручній праці, що сприяє зниженню витрат на заробітну плату та соціальні відрахування.

Впровадження автоматизованих систем у виробництво мастил забезпечує підвищення продуктивності за рахунок прискорення технологічних процесів та зниження часу простоїв обладнання. Сучасні автоматизовані системи дозволяють безперервно контролювати та регулювати виробничий процес, що сприяє збільшенню обсягів випуску продукції без зниження її якості.

Автоматизація виробничих процесів сприяє покращенню умов праці, зменшенню впливу шкідливих факторів на здоров'я працівників та підвищенню рівня безпеки на робочих місцях. Сучасні автоматизовані системи дозволяють

виконувати найнебезпечніші та найважчі операції без участі людини, що знижує ризик виробничих травм і професійних захворювань.

Використання неорганічних загусників у виробництві мастил та автоматизація виробничих процесів сприяють зниженню екологічного навантаження на довкілля. Автоматизація дозволяє більш точно контролювати викиди шкідливих речовин та мінімізувати їх кількість, що відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки та нормативам.

Аналіз витрат на впровадження автоматизованих систем у виробництво мастил на неорганічних загусниках показує, що початкові інвестиції окупаються за рахунок зниження виробничих витрат, підвищення продуктивності та якості продукції. Довгострокові переваги включають зменшення експлуатаційних витрат, підвищення конкурентоспроможності продукції на ринку та розширення ринків збуту.

У підсумку, автоматизація виробництва мастил на неорганічних загусниках є економічно доцільною та технічно виправданою. Вона забезпечує покращення якості продукції, зниження витрат, підвищення продуктивності, покращення умов праці та зменшення екологічного впливу, що в сукупності робить цей напрямок досліджень актуальним та перспективним для впровадження в промисловість.

Однією з важливих переваг автоматизації виробництва мастил на неорганічних загусниках є підвищення технологічної гнучкості. Автоматизовані системи дозволяють швидко переналаштовувати виробниче обладнання для виготовлення різних типів мастил відповідно до змін ринкових вимог та запитів клієнтів. Це забезпечує можливість швидко адаптуватися до нових технологічних процесів та впроваджувати інноваційні рішення без значних витрат часу та ресурсів.

Автоматизація виробничих процесів сприяє скороченню часу, необхідного для розробки та впровадження нових продуктів на ринок. Завдяки точному контролю та моделюванню технологічних процесів, можливо швидше

виконувати випробування та доводку нових мастил, що дозволяє знизити час виходу продукту на ринок і забезпечити конкурентну перевагу.

Інтеграція сучасних інформаційних технологій в процеси автоматизації виробництва мастил дозволяє створювати єдині інформаційні системи управління, які забезпечують комплексний контроль за всіма етапами виробництва. Це сприяє більш ефективному управлінню виробничими ресурсами, оптимізації логістики та зменшенню втрат на всіх рівнях виробничого циклу.

Висновок до розділу:

Таким чином, техніко-економічне обґрунтування автоматизації виробництва мастил на неорганічних (не мильних) загусниках демонструє значні переваги цього напрямку. Автоматизація забезпечує високу якість продукції, зниження виробничих витрат, підвищення продуктивності, покращення умов праці та екологічну безпеку.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

3.1. Технічна характеристика обладнання

В технологічній схемі виробництва мильних мастил (рисунок 1.1) даний апарат знаходиться під позицією ЗМ-1(аналогічний ЗМ-2). Апаратурне оформлення процесу виробництва мастил значною мірою визначається реологічними властивостями (передусім їх в'язкістю) мастил та проміжних продуктів. Тому конструкції перемішуючого пристрою, в якому поєднуються стадії омилення, зневоднення, отримання і витримки розплаву, а також попереднього охолодження, пред'являють складні вимоги. Лопатеві мішалки із змінним числом оборотів дозволяють на кожній стадії змінювати режим перемішування. Висока ефективність цих пристроїв, що перемішують, і гнучке регулювання інтенсивності перемішування скорочують тривалість процесу, підвищують якість мастил і відтворюваність властивостей окремих партій.

Апарат з мішалкою, зображений на схемі на рисунку 1.2, призначений для змішування. Основною метою є вибір конструкції апарата з мішалкою, яка забезпечить оптимальні умови для протікання процесів в ньому, при цьому будучи простою і компактною.

Цей змішувач зі скребково-лопатевим пристроєм, що перемішує, ємністю 10 м^3 , поверхнею теплообміну 20 м^2 .

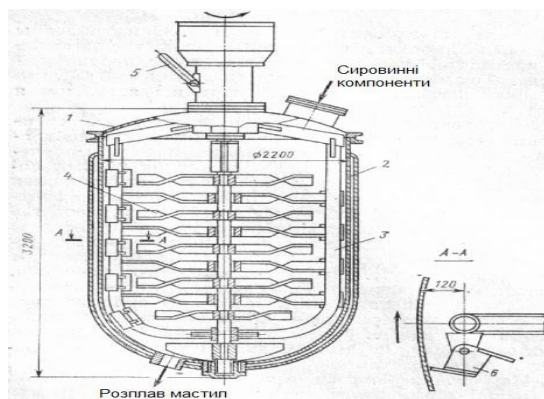


Рис.3.1. Змішувач зі скребково-лопатевим пристроєм

1 - корпус змішувача; 2 - сорочка для теплоносія; 3 - рамна мішалка; 4 - лопата для перемішування з самостійним приводом; 5 - введення термопар; 6 - скребок з кріпленням.

Привід перемішувальних пристроїв змішувача забезпечується мотором і спеціальною роздатковою коробкою з двома співвісними вихідними валами. Ця конструкція дозволяє забезпечувати протилежно спрямоване обертання центрального і периферійного пристроїв перемішування, а також виконувати їхню роздільну роботу. Для скорочення часу стадії омилення жирів використовують підвищення температури. З урахуванням наявності води процес проводять під тиском до 1 МПа у контакторах-автоклавах.

Система має невелику в'язкість на стадії омилення, тому в контакторах використовують високошвидкісні мішалки, наприклад, контактори типу "Стратка", що широко застосовуються при виробництві мильних мастил за кордоном.

Видалення вологи з мильно-масляної дисперсії у великому обсязі з змішувача – тривала операція. Подібний апарат використовується при виробництві літєвих, комплексних кальцієвих, гідратованих кальцієвих та інших мильних мастил

Головні складнощі в процесі виробництва мастил полягають у колосальних енергозатратах на підігрів змішувального реактору , тому що для виготовлення мастил високої якості необхідно витримувати задану температуру для термообробки . Зменшення витрати енергоресурсів за допомогою збільшення інтенсивності перемішування призводить невизначеність в модель об'єкту. Врахування невизначеності при моделюванні об'єкта керування дозволяє розробити таке керування, яке забезпечує стійкість замкнутої системи не лише для ідеального об'єкта (без помилок моделі), але й для будь-якого об'єкта, що входить до множини «збурених» об'єктів, окреслених класом невизначеності.

Беручи до уваги викладене вище, створення невизначеної моделі реактора для процесу виробництва мастил з використанням мильних

загусників є надзвичайно важливим як з наукової, так і з практичної точки зору.

3.2 Математичне моделювання процесів у вибраному об'єкті

Для розробки математичної моделі розглянемо вхідні та вихідні потоки реактора у спрощеному вигляді. Схематичне зображення цих даних наведено на рис. 3.1



Рис. 3.2. Схема вихідних та вхідних потоків реактора

Вхідні потоки реактора включають: основний потік базової оливи, потік загусника, і потік теплоносія, який надходить до нагрівальної сорочки реактора для підтримки сталої температури. Вихідні потоки реактора включають: потік готового мастила, потік конденсату і потік некондиційного продукту.

Для формування теплового балансу необхідно розглянути динаміку теплоносія в сорочці реактора, яку можна описати наступним рівнянням:

$$v_{in} \rho_{in} C_{in} T_{in} - 0.05 \cdot v_{in} \rho_{in} C_{in} T_{in} - v_{out} \rho_{out} C_{out} T_{out} - k_1 \cdot F(T_{in} - T_s) = V_s C_{out} \rho_{out} \frac{dT_s}{dt} \quad (3.1)$$

Де v_{in} , v_{out} – значення витрати вхідного теплоносія та конденсату, ρ_{in} , ρ_{out} це позначки густини теплоносія та конденсату, C_{in} , C_{out} – теплоємності теплоносія та конденсату, T_{in} , T_{out} – так позначається величина температури вхідного теплоносія та конденсату, V_s – об'єм грючої сорочки, температура стінки - T_s , площа теплопередачі – F , коефіцієнт теплопередачі - k_1

Наступним кроком буде знаходження теплового балансу в реакторі:

$$K_2(n) \cdot F(T_s - T_r) - V_{pr}P_{pr}C_{pr}T_{pr} - V_{nk}P_{nk}C_{nk}T_{nk} - V_{rs}P_{rs}C_{rs}T_{rs} = V_{CrPr} \frac{dT_r}{dt} \quad (3.2)$$

V_{pr} , V_{nk} , V_{rs} , V_r – Позначки для об'ємних витрат відповідно загусників, некондиційного продукту, базової оливи, мастил, P_{pr} , P_{nk} , P_{rs} , P_r – густина загусників, некондиційного продукту, базової оливи, мастил, C_{pr} , C_{nk} , C_{rs} , C_r – теплоємність загусників, некондиційного продукту, базової оливи, мастил, T_{pr} , T_{nk} , T_{rs} , T_r – величина температури загусників, некондиційного продукту, базової оливи, мастил, V – об'єм реактора, k_2 – коефіцієнт теплопередачі, який залежить від числа обертів мішального апарату.

Необхідно зробити заміну в системі рівнянь беручи за увагу те що масові витрати вираховуються за формулою:

$$G = v \cdot \rho. \quad (3.3)$$

В даному випадку параметрами змінної для змішувального реактору є: G_{in} – керування (витрата пари), T_{in} – збурення (температура пари), T_r – керована величина (температура мастила).

Після того як ми визначили змінні параметри можна розглянути динаміку реактора в приростанні, не звертаючи уваги на сталі значення технологічних параметрів, які в даному випадку ні на що не впливають.

$$\begin{cases} V_s C_p P_{out} \frac{d\Delta T_s}{dt} = 0.95 \times \Delta G_{in} C_p T_{in} + 0.95 \times G_{in} C_p \Delta T_{in} - k_1 \times F(\Delta T_{in} - \Delta T_s) \\ V_{Cr} \frac{d\Delta T_r}{dr} = k_2(n) \times F \Delta T_s - k_2(n) \times F \Delta T_r \end{cases} \quad (3.4)$$

Далі необхідно провести прості математичні перетворювання

$$K_1 = \frac{0.95 \times G_{in} C_p}{F} \quad (3.5)$$

$$K_2 = \frac{0.95 \times C_P C_P}{F} \quad (3.6)$$

$$T_1 = \frac{V_S C_P P_{out}}{F} \quad (3.7)$$

$$T_2(n) = \frac{V C_r P_r}{F K_2(n)} \quad (3.8)$$

Наступним кроком буде записати систему рівнянь на основі констант поданих вище:

$$\begin{cases} (T_1 p - k_1) T_S(p) = K_2 \times G_{in}(p) + K_1 T_{in}(p) \\ T_2(n) p + 1) T_r(p) = T_S(p) \end{cases} \quad (3.9)$$

Далі мусимо підставити друге рівняння системи у перше і получимо:

$$(T_1 p - k_1 - k_1 p T_2(n) p + T_1 p^2 T_2(n)) T_r(p) = K_2 G_{in}(p) + K_1 T_{IN}(P) \quad (3.10)$$

$$T_r(p) = \frac{K_2}{T_1 p - k_1 - k_1 p T_2(n) p + T_1 p^2 T_2(n)} \times G_{in}(p) + \frac{K_1}{T_1 p - k_1 - k_1 p T_2(n) p + T_1 p^2 T_2(n)} \quad (3.11)$$

Обчислення передавальних функцій по каналу збурення та керування

$$W_{ker}(p) = \frac{K_2}{T_1 p - k_1 - k_1 p T_2(n) p + T_1 p^2 T_2(n)} \quad (3.12)$$

$$W_{zbur}(p) = \frac{K_1}{T_1 p - k_1 - k_1 p T_2(n) p + T_1 p^2 T_2(n)} \quad (3.13)$$

З метою отримання передатних функцій, які належать множині “збурених” об’єктів задані класом невизначеності необхідно задати діапазони можливих обертів мішалки n .

Далі потрібно розглянути декілька варіацій передатних функцій під час

різних обертів мішального апарату n . Значення коефіцієнтів передатної функції буде залежати від числа обертів мішалки. Згадані значення описані нижче:

$$n = 30W_1(p) = \frac{2}{0.4975p^2 + 1.2p + 1} \quad (3.14)$$

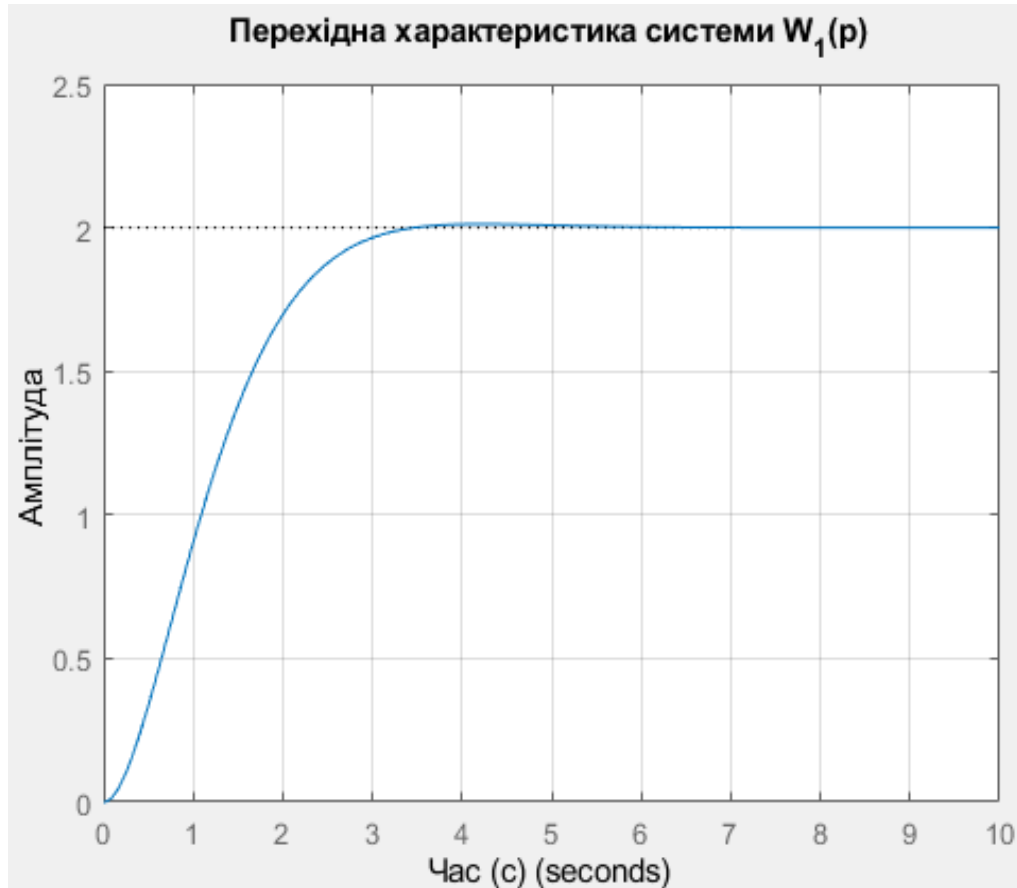
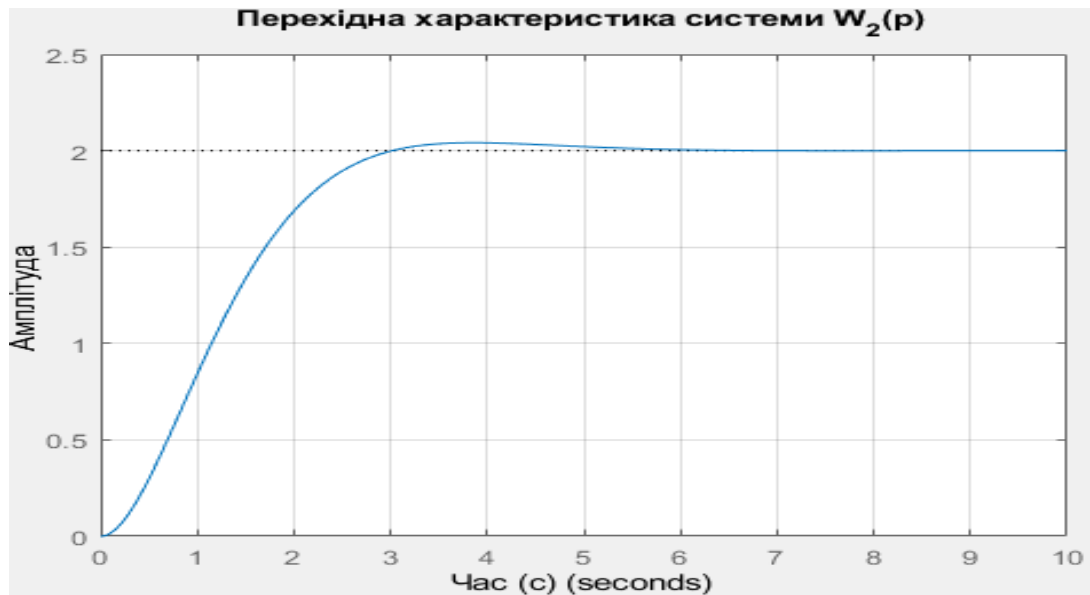
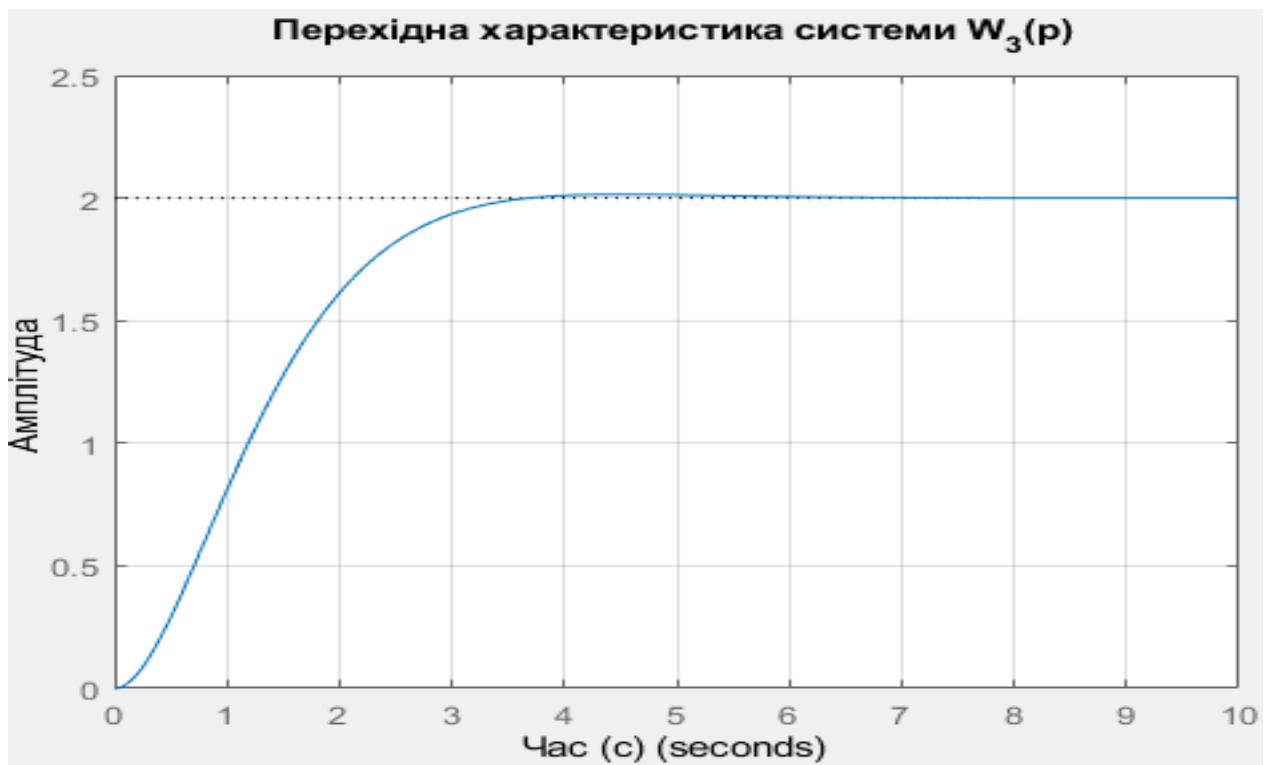


Рис. 3.3. Перехідна характеристика W_1

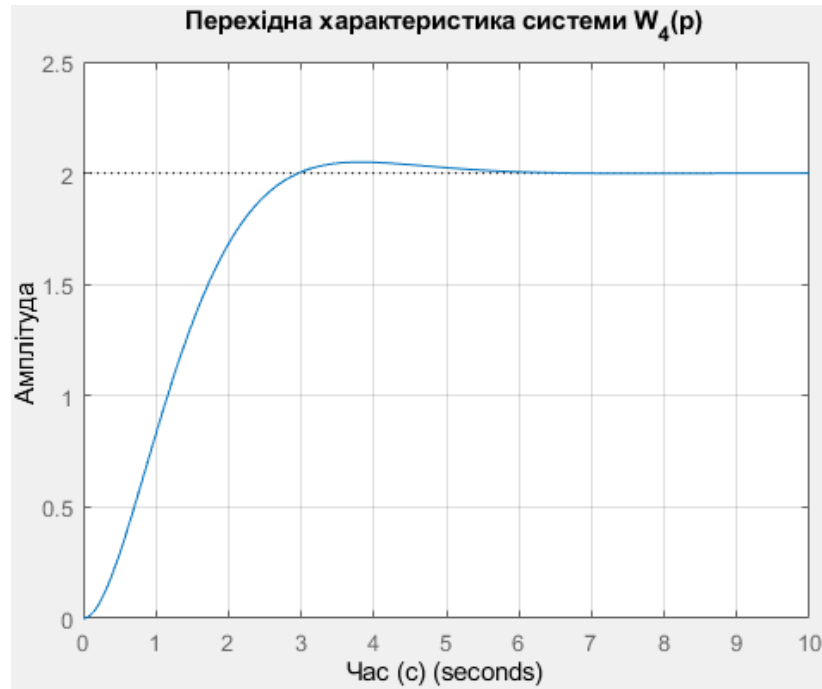
$$n = 33W_2(p) = \frac{2}{0.596p^2 + 1.2p + 1} \quad (3.15)$$

Рис.3.4. Перехідна характеристика W_2

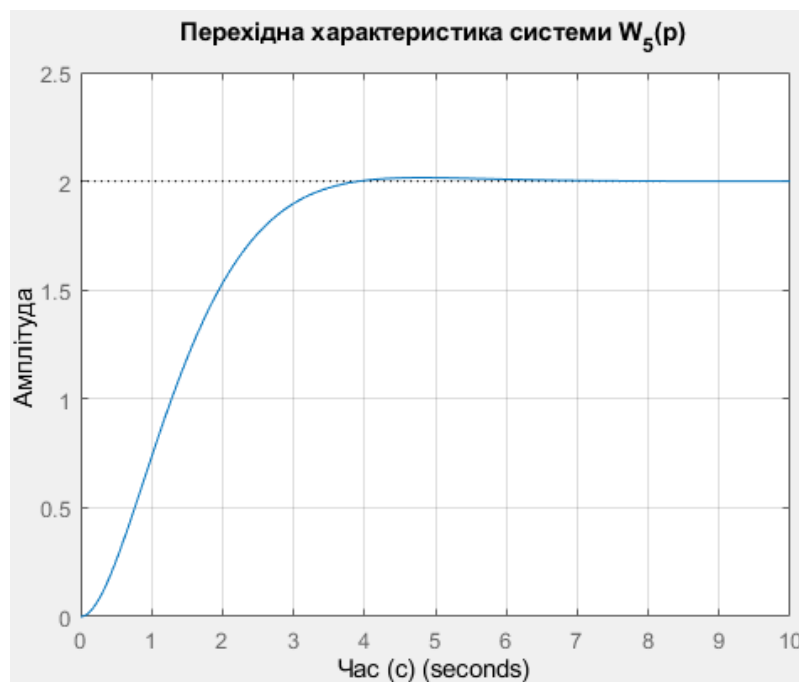
$$n = 40W_3(p) = \frac{2}{0.5975p^2 + 1.3023p + 1} \quad (3.16)$$

Рис.3.5. Перехідна характеристика W_3

$$n = 46W_4(p) = \frac{2}{0.62p^2 + 1.2p + 1} \quad (3.17)$$

Рис.3.6. Перехідна характеристика W_4

$$n = 50W_5(p) = \frac{2}{0.6975p^2 + 1.4p + 1} \quad (3.18)$$

Рис.3.7. Перехідна характеристика W_5

Для порівняння побудуємо спільний графік для перехідних

характеристик при усіх обертах мішального реактору:

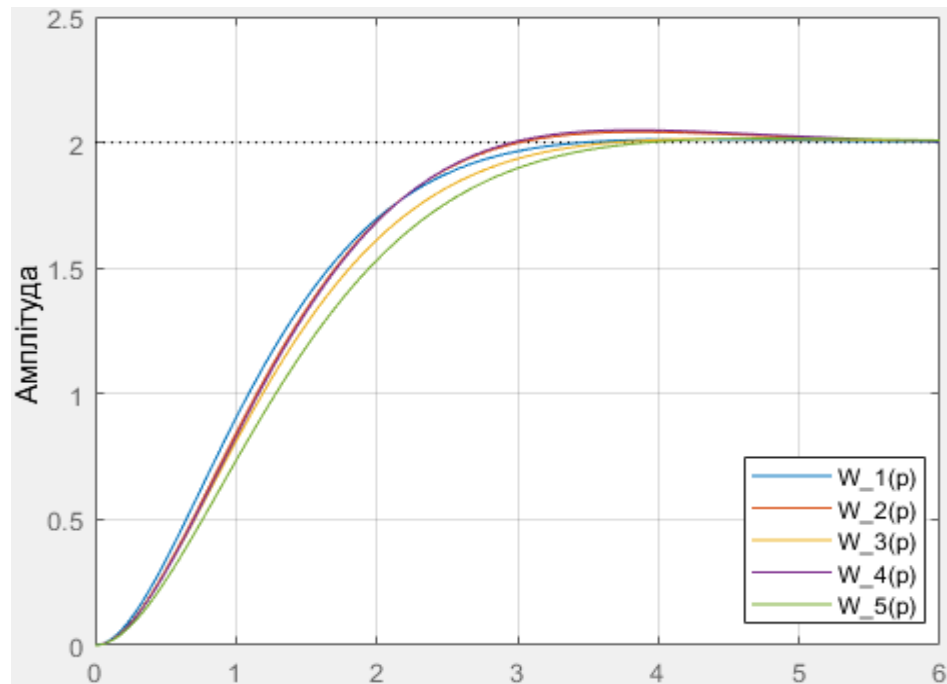


Рис.3.8. Графік перехідних характеристик відносно функцій

В результаті проведеного дослідження, згідно з наведеним вище графіком можна зробити висновок, що при збільшенні оборотів в мішальному апараті перехідна характеристика швидше виходить на ustalений рівень.

3.3 Дослідження системи на стійкість за критерієм Рауса-Гурвіца

Для перевірки стійкості системи за допомогою критерію Рауса-Гурвіца нам потрібно побудувати матрицю Гурвіца і перевірити умови стійкості.

Дано передавальна функція:

$$W_5(p) = \frac{2}{0.6975p^2 + 1.4p + 1} \quad (3.19)$$

Характеристичний поліном буде знаходитися в знаменнику цієї передавальної функції:

$$DD(pp) = 0.6975pp^2 + 1.4pp + 1 \quad (3.20)$$

Потім побудуємо матрицю Гурвіца на основі цього характеристичного поліному і перевіримо стійкість системи. Для цього використаємо програму

MATLAB. Програмний код:

```
% Коефіцієнти характеристичного поліному a = [0.6975, 1.4, 1];
% Кількість коефіцієнтів поліному n = length(a);
% Ініціалізація матриці Гурвіца H = zeros(n);
% Побудова матриці Гурвіца for i = 1:n
if i == 1
H(i,:) = [a(2) a(3) 0];
elseif i == 2
H(i,:) = [a(1) a(3) 0];
elseif i == 3
H(i,:) = [a(1) a(2) 0];
end end
% Виведення матриці Гурвіца disp('Матриця Гурвіца:'); disp(H);
% Перевірка стійкості за критерієм Рауса–Гурвіца
k = length(a) - 1; % порядок характеристичного поліному if
all(det(H(1:k,1:k)) > 0)
```

```
disp('Система стійка за критерієм Рауса–Гурвіца. '); else
disp('Система нестійка за критерієм Рауса–Гурвіца. '); end
```

Матриця Гурвіца:

1.4000	1.0000	0
0.6975	1.0000	0
0.6975	1.4000	0

Система стійка за критерієм Рауса–Гурвіца

У цьому коді ми спочатку визначаємо коефіцієнти характеристичного поліному a . Далі ми будемо матрицю Гурвіца H за допомогою цих коефіцієнтів і перевіряємо умову стійкості за критерієм Рауса–Гурвіца. Якщо

всі визначники верхньої лівої підматриці ННН є додатними, то система вважається стійкою за цим критерієм.

Результат: Система є стійкою за критерієм Рауса-Гурвіца.

Висновок до розділу 3

Завданням в цьому розділі було створення математичної моделі реактора, який є ключовим компонентом у процесі виробництва мастил на неорганічних (не мильних загусниках). Також в результаті проведеного дослідження система показала себе як стійка.

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ

4.1 Розробка функціональної схеми автоматизації

Для розробки пристроїв системи, що виконуватимуть поставлені задачі створення виробу, потрібно розробити монтажну і принципову схему кожного пристрою та системи загалом. Принципова схема надає уявлення про принцип роботи кожного пристрою, включаючи послідовність операцій та взаємодію з іншими пристроями. Монтажна схема визначає фізичне розташування пристроїв, зв'язки між ними та інші деталі монтажу, що дозволяють впровадити систему в діючому виробничому середовищі. Замовник, який часто не має достатніх знань у всіх аспектах, встановлює вимоги до системи. Це створює виклик у подоланні бар'єру до розробки вимог до системи до того, як вона буде реалізована фізично. Головне завдання полягає у тому, щоб задовільнити вимоги, які максимально відповідають потребам конкретної промисловості та здатності системи бути оснащеною необхідними компонентами.

В останні роки були розроблені методи складання схем автоматизації, які у формалізованому вигляді відображають окремі елементи виробничого процесу, що підлягає автоматизації. Основна ідея цих схем полягає в тому, що всі операції виробничого процесу подаються у стандартизованому форматі, що дозволяє абстрагуватися від конкретного змісту кожної операції.

Схема автоматизації охоплює весь виробничий процес, починаючи з введення напівфабрикату або вихідного матеріалу в систему і закінчуючи виходом готового продукту. Оскільки вона включає всі операції процесу, при її розробці можна відокремитися від конкретного змісту кожної операції і працювати лише з часовими співвідношеннями між ними.

Схема автоматизації починається з аналізу технологічного процесу для визначення необхідних операцій. При розробці такої схеми необхідно

враховувати показники виробничого процесу, які визначають ефективність і якість виготовлення продукції. Крім того, важливо узгодити можливості виробництва з технологічними вимогами, щоб забезпечити оптимальну роботу автоматизованої системи.

Отже, для досягнення оптимальних результатів необхідно провести пошук оптимальних значень показників виробничого процесу в межах доступної області значень. На основі отриманих остаточних даних виробничого процесу формують вимоги, які стануть основою для вибору та проектування блоків, підсистем і системи автоматизованого виробництва даного виробу.

Метою цієї роботи є створення системи автоматизації для виробничого процесу мастил, яка базується на детальному описі процесу та технологічних параметрів. Основні завдання полягають у досягненні ефективної роботи обладнання, автоматизованому управлінні виробничим процесом та зниженні ризику аварій. Для цього в систему автоматизації буде інтегровано аварійний захист і технологічні блокування, що забезпечить безпеку і стабільність виробництва.

Схема автоматизації технологічного процесу охоплює системи контролю технологічних параметрів, автоматичного регулювання, технологічної сигналізації та захисту, а також дистанційного керування виконавчими механізмами.

Система автоматичного регулювання призначена для стабілізації якості процесу екстракції ароматичних вуглеводнів та зниження витрат вихідних реагентів при заданій продуктивності.

Схемою автоматизації (додаток - А) процесу виробництва мастил передбачено для нормального реалізації схеми наступні контури:

Контури регулювання

Регулювання тиску у ЗМ-1

Регулювання тиску у ЗМ-1 здійснюється за допомогою датчика тиску ПД200-ДД 0.7-155-0.25-2-Н (поз.1-а), який подає сигнал 4-20мА на

аналоговий вхід ПЛК Siemens S7-300. ПЛК обробляє цей сигнал і, в разі перевищення норми тиску, відправляє вихідний сигнал на електропневматичний перетворювач SAMSON типу 3730-1 (поз.1-в). Перетворювач у свою чергу контролює регулюючий клапан Samson 3520-1 (поз.1-г), який закриває подачу пари до агрегату, забезпечуючи стабільний тиск у системі.

Контур регулювання рівня у ЗМ-1

Контур регулювання рівня у ЗМ-1 забезпечується за допомогою поплавкового магнітного рівнеміра ОВЕН ПДУ-И.4000.5 (поз.2-а), який подає сигнал 4-20мА на аналоговий модуль вхід ПЛК Siemens S7-300. В програмі ПЛК здійснюється аналіз цього сигналу, і при досягненні заданого рівня відправляється вихідний сигнал. Цей сигнал подається через електропневматичний перетворювач SAMSON типу 3730-1 (поз.2-в) на регулюючий клапан Samson 3520-1 (поз.2-г). Мета керування полягає в автоматичному припиненні подачі сировини до ЗМ-1 після досягнення заданого рівня.

Контур регулювання температури у ЗМ-1

Контур регулювання температури у ЗМ-1 забезпечується за допомогою термопари з кабельним виводом ДТПК104 (поз.3-а), яка генерує електричний сигнал. Цей сигнал подається на нормувальний перетворювач температури з виходом 4-20 мА НПТ-2 (поз.3-б). Далі сигнал у форматі 4-20 мА подається на аналоговий модуль входу ПЛК Siemens S7-300, де за допомогою програми відбувається керування процесом.

Вихідний сигнал з ПЛК направляєється через електропневматичний перетворювач SAMSON типу 3730-1 (поз.3-г) на регулюючий клапан Samson 3520-1 (поз.3-д). Головна мета цього керування полягає в автоматичному направленні суміші сировини і присадок на наступну стадію до змішувача ЗМ-2, якщо досягнута задана температура.

Контур регулювання витрати на трубопроводі з Д-1 до ЗМ-1.

Контур регулювання витрати на трубопроводі з Д-1 до ЗМ-1

забезпечується за допомогою дифманометра безшкального пневматичного САФІР-М, мод.2460 (поз.4-б), який знімає покази перепаду тиску з діафрагми камерної ДКС-0,6-100 (поз.4-а). Цей перепад тиску перетворюється в електричний сигнал у форматі 4-20 мА.

Отриманий сигнал подається на аналоговий модуль входу ПЛК Siemens S7-300, де за допомогою програми відбувається керування процесом регулювання витрати. Вихідний сигнал з ПЛК направляється через електропневматичний перетворювач SAMSON типу 3730-1 (поз.4-г) на регулюючий клапан Samson 3520-1 (поз.4-д).

Ця система дозволяє автоматично регулювати витрату сировини на трубопроводі, що забезпечує стабільність процесу і відповідність заданим параметрам.

Контур регулювання температури у ЗМ-2

Контур регулювання температури у ЗМ-2 забезпечується за допомогою термопар з кабельним виводом ДТПК104 (поз.6-а), яка передає електричний сигнал на нормувальний перетворювач температури НПТ-2 з виходом 4-20 мА (поз.6-б). Отриманий сигнал у форматі 4-20 мА надсилається на аналоговий модуль входу ПЛК Siemens S7-300, де здійснюється керування процесом.

Вихідний сигнал з ПЛК відправляється через електропневматичний перетворювач SAMSON типу 3730-1 (поз.6-г) на регулюючий клапан Samson 3520-1 (поз.6-д). Основна мета керування полягає в тому, щоб при досягненні заданої температури суміш сировини, до якої був доданий графіт на останній стадії перемішування, направлялась на наступну стадію до Г.Ф.Д.Цей контур забезпечує точний контроль і стабілізацію температурного режиму процесу, що є критичним для досягнення високої якості продукції на заводі.

Контур регулювання рівня у ЗМ-2

Контур регулювання рівня у ЗМ-2 включає наступні компоненти: поплавковий магнітний рівнемір ОВЕН ПДУ-И.4000.5 (поз.7-а), який генерує сигнал 4-20 мА і подає його на аналоговий модуль входу ПЛК Siemens S7-300.

В ПЛК згідно з програмою відбувається аналіз та керування процесом. Вихідний сигнал з ПЛК подається через електропневматичний перетворювач SAMSON типу 3730-1 (поз.7-в) на регулюючий клапан Samson 3520-1 (поз.7-г).

Основна мета контуру керування полягає в автоматичному припиненні подачі некондиційного продукту з ЗБ.Н-1, коли досягається заданий рівень у ЗМ-

2. Це забезпечує уникнення перевитрати сировини і забруднення, що підвищує якість та ефективність виробничого процесу.

Регулювання тиску у ЗМ-2

Регулювання тиску у ЗМ-2 здійснюється за допомогою наступних компонентів: датчик тиску ПД200-ДД 0.7-155-0.25-2-Н (поз.8-а), який генерує сигнал 4-20 мА. Цей сигнал подається на аналоговий модуль входу ПЛК Siemens S7-300, де здійснюється аналіз і керування відповідно до програми.

При перевищенні встановленого нормативу тиску, вихідний сигнал з ПЛК іде через електропневматичний перетворювач SAMSON типу 3730-1 (поз.8-в) на регулюючий клапан Samson 3520-1 (поз.8-г). Мета керування полягає в автоматичному закритті клапана, що припиняє подачу пари до агрегату, щоб уникнути перевищення допустимого тиску в системі. Такий механізм забезпечує надійність і безпеку роботи обладнання, попереджаючи можливі аварійні ситуації та зберігаючи стабільність виробничого процесу.

Контур регулювання температури у Х.К.-1

Контур регулювання температури у Х.К.-1 включає наступні компоненти: ДТПК104 з термопарою з кабельним виводом (поз.9-а), яка генерує електричний сигнал. Цей сигнал подається на нормувальний перетворювач температури НПТ-2 (поз.9-б), що має вихід у форматі 4-20 мА. Далі сигнал подається на аналоговий модуль входу ПЛК Siemens S7-300, де за допомогою програми здійснюється керування процесом.

Вихідний сигнал з ПЛК проходить через електропневматичний

перетворювач SAMSON типу 3730-1 (поз.9-г) і далі подається на регулюючий клапан Samson 3520-1 (поз.9-д). Основна мета цього керування полягає в забезпеченні стабільної температури в Х.К.-1 шляхом регулювання теплопередачі або інших параметрів, залежно від поточних умов і заданих параметрів. Це забезпечує оптимальні умови для виробничого процесу, підтримуючи якість і ефективність роботи обладнання.

Контури сигналізації

Контури сигналізації рівня у ЗМ-1

Включають поплавковий магнітний рівнемір ОВЕН ПДУ-И.4000.5 (поз.2-а), який генерує сигнал 4-20 мА. Цей сигнал подається на цифровий індикатор із сигналізацією UM33A (поз.2-б).

Контури сигналізації температури у ЗМ-1

Контури сигналізації температури у ЗМ-1 організовані наступним чином: з ДТПК104 (поз.3-а) електричний сигнал від термопари подається на нормувальний перетворювач температури НПТ-2 (поз.3-б). Нормувальний перетворювач перетворює сигнал у форматі 4-20 мА, який потім подається на цифровий індикатор із сигналізацією UM33A (поз.3-в).

Контури сигналізації у ЗМ-2

Контури сигналізації температури у ЗМ-2 організовані наступним чином: з ДТПК104 (поз.6-а) електричний сигнал від термопари подається на нормувальний перетворювач температури НПТ-2 (поз.6-б). Нормувальний перетворювач перетворює сигнал у форматі 4-20 мА, який подається на цифровий індикатор із сигналізацією UM33A (поз.6-в).

Контури сигналізації рівня у ЗМ-2

Контури сигналізації рівня у ЗМ-2 організовані таким чином: поплавковий магнітний рівнемір ОВЕН ПДУ-И.4000.5 (поз.7-а) генерує сигнал 4-20 мА, який подається на цифровий індикатор із сигналізацією UM33A (поз.7-б).

Контури сигналізації температури у Х.К.-1

Контури сигналізації температури у Х.К.-1 організовані наступним чином: з ДТПК104 термopара з кабельним виводом (поз.9-а) подає електричний сигнал на нормувальний перетворювач температури з виходом 4...20 мА НПТ-2 (поз.9-б)

Сигнал у форматі 4-20 мА з нормувального перетворювача подається на цифровий індикатор із сигналізацією UM33A (поз.9-в).

Контури індикації

Контур індикації тиску у ЗМ-1 реалізовано з використанням датчика тиску ПД200-ДД 0.7-155-0.25-2-Н (поз.1-а), який подає уніфікований сигнал у форматі 4-20 мА. Цей сигнал направляєтьcя на технологічний індикатор ІТМ-122Т (поз.1-б), де відображається поточне значення тиску в системі ЗМ-1.

Контур індикації тиску у ЗМ-2

Контур індикації тиску у ЗМ-2 складається з наступних компонентів: датчик тиску ПД200-ДД 0.7-155-0.25-2-Н (поз.8-а), який генерує уніфікований сигнал у форматі 4-20 мА. Цей сигнал подається на технологічний індикатор ІТМ-122Т (поз.8-б). Індикатор ІТМ-122Т відображає поточне значення тиску у системі ЗМ-2, забезпечуючи оператору візуальне контролю за параметрами тиску в процесі.

Контури реєстрації

Контури реєстрації витрати на трубопроводі з Д-1 до ЗМ-1.

Контури реєстрації витрати на трубопроводі з Д-1 до ЗМ-1 включають наступні компоненти: дифманометр безшкального пневматичного САФІР-М, мод.2460 (поз.4-б), та діафрагму камерну ДКС-0,6-100 (поз.4-а). Дифманометр вимірює перепад тиску на діафрагмі камерної, яка розташована на трубопроводі змішаної вхідної сировини.

Вихідний сигнал у форматі 4-20 мА, згенерований дифманометром САФІР-М, подається на безпаперовий реєстратор FX1002 (поз.4-в). Цей реєстратор забезпечує запис даних про витрату на трубопроводі, що забезпечує можливість подальшого аналізу та контролю за процесом у

системі ЗМ- 1

Контури реєстрації витрати на трубопроводі з Д-2 до ЗМ-2.

Контури реєстрації витрати на трубопроводі з Д-2 до ЗМ-2 включають наступні компоненти: дифманометр безшкального пневматичного САФІР-М, мод.2460 (поз.5-б), та діафрагму камерну ДКС-0,6-100 (поз.5-а). Дифманометр вимірює перепад тиску на діафрагмі камерної, яка розташована на трубопроводі змішаної вхідної сировини.

Вихідний сигнал у форматі 4-20 мА, згенерований дифманометром САФІР-М, використовується для реєстрації витрати на трубопроводі.

Даний вихідний сигнал 4-20мА надходить на безпаперовий реєстратор FX1002 (поз.5-в).

4.2. Опис принципової електричної схеми сигналізації

Принципові електричні схеми сигналізації розробляються на основі схем автоматизації, враховуючи задані алгоритми функціонування окремих вузлів контролю та сигналізації. Існує декілька видів таких схем, які відрізняються між собою принципом дії, кількістю споживаної енергії, кількістю каналів сигналізації та іншими характеристиками. Проте, всі вони повинні відповідати певним вимогам: забезпечувати високу надійність, бути простими та економічними, а також зручними у експлуатації та обслуговуванні.

Схема технологічної сигналізації покликана забезпечувати звукову та світлову сигналізацію, можливість зняття звукової сигналізації та проведення тестування як звукових, так і світлових сигналів. Принципова електрична схема сигналізації активується при відхиленні певних технологічних параметрів. До них належать: максимальний тиск у ЗМ-1, максимальна температура у ЗМ-1, максимальна температура у ЗМ-2 та максимальна температура у Х.К.-1.

Таким чином, розробка та впровадження принципових електричних

схем сигналізації є важливим етапом у забезпеченні безпеки та ефективного функціонування різноманітних технологічних процесів. Вони допомагають вчасно виявляти і реагувати на відхилення від нормальних умов роботи обладнання, що дозволяє запобігти аварійним ситуаціям і зменшити можливі ризики.

Для забезпечення високої надійності, простоти та економічності, а також зручності експлуатації і роботи схема технологічної сигналізації повинна включати наступні аспекти:

Звукова та світлова сигналізація: Використання звукових та світлових сигналів для візуального та аудіального сповіщення оператора про відхилення від нормальних технологічних параметрів.

Зняття звукової сигналізації: Можливість оперативного вимкнення звукової сигналізації після відновлення нормальних умов.

Випробування звукової та світлової сигналізацій: Можливість проведення тестування звукових та світлових сигналізацій для перевірки їх правильної роботи без втручання у виробничий процес.

Принципова електрична схема сигналізації повинна реагувати на такі технологічні відхилення:

Максимальний тиск у ЗМ-1: При досягненні максимального тиску у змішувачі ЗМ-1 сигналізація спрацьовує для оператора.

Максимальний рівень температури в ЗМ-1: Якщо температура в змішувачі ЗМ-1 перевищує допустимий рівень, це також активує сигналізацію.

Максимальний рівень температури в ЗМ-2: Аналогічно, у випадку перевищення максимального рівня температури у змішувачі ЗМ-2 сигналізація спрацьовує.

Максимальний рівень температури в Х.К.-1: При надмірному підвищенні температури у холодильному контурі Х.К.-1 сигналізація також

повинна активуватися.

Ці елементи забезпечать ефективне контролювання технологічних параметрів і своєчасне сповіщення оператора про потенційні проблеми.

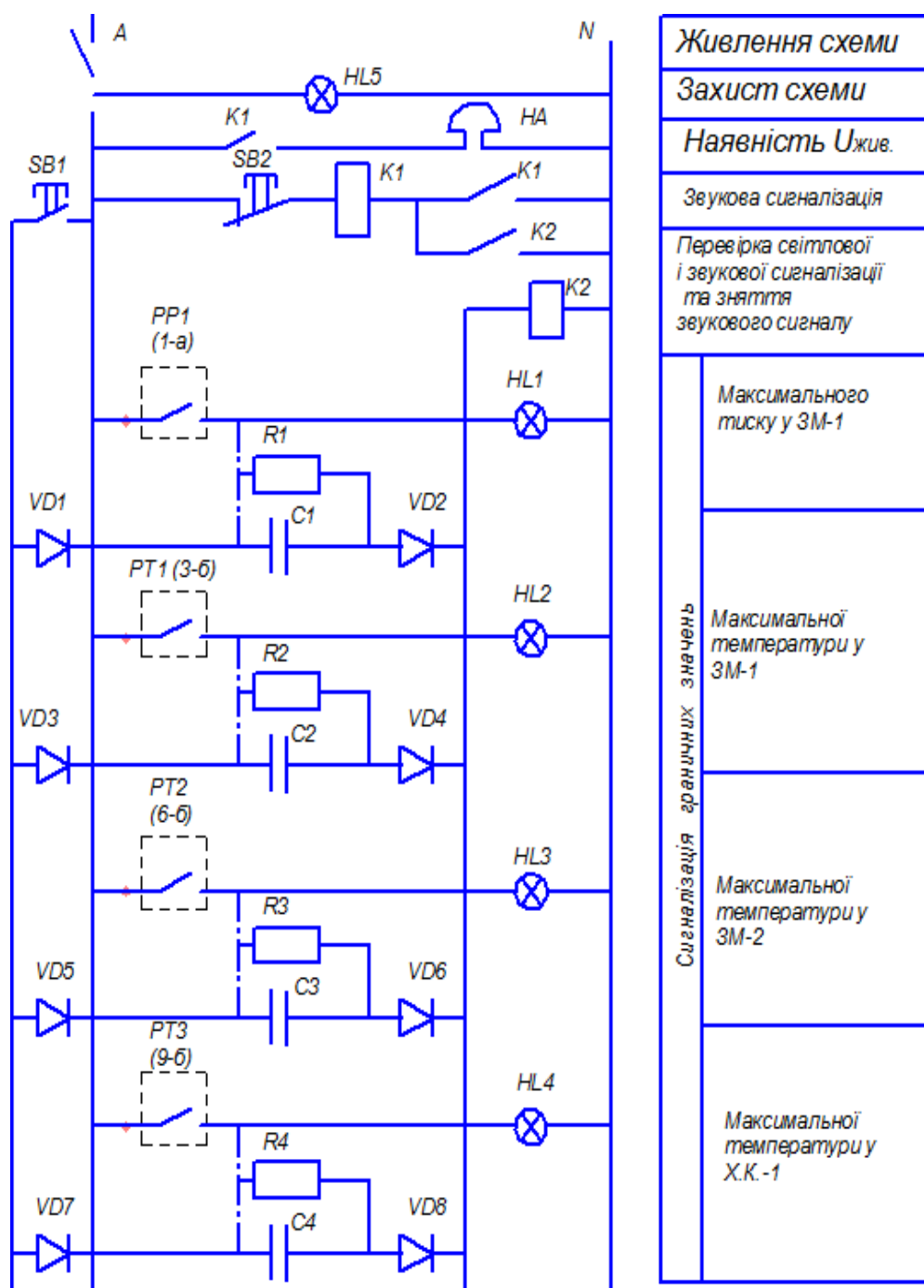


Рис.4.1. Принципова електрична схема сигналізації

Схема сигналізації працює таким чином: при відхиленні одного з параметрів, наприклад, при досягненні максимального тиску у змішувачі ЗМ-1, замикається відповідний контакт приладу, в даному випадку контакт РР-1

(1-а). Це замикання викликає засвічування лампи HL1, яка сигналізує про максимальний тиск у змішувачі ЗМ-1. Одночасно починає заряджатися конденсатор С1. Імпульс струму, що виникає під час зарядки, призводить до короткочасного спрацьовування реле К2. Контакт К2 включає реле К1. Реле К1 самоблокується і іншим контактом включає дзвінок НА1. Після імпульсу струму реле К2 знеструмлюється і готове до прийому сигналів від інших датчиків. Для відключення дзвінка НА1 необхідно натиснути кнопку SB2, що призводить до знеструмлення реле К1 і розмикання його контактів. Для перевірки справності натискають кнопку SB1. Резистори R1–R4 забезпечують розрядку конденсаторів С1 – С4 при розмиканні контактів PP1, PT1, PT2, PT3, щоб ці кола були готові знову спрацювати при повторному замиканні контактів приладів. Діод VD1 запобігає включенню всіх інших ламп, окрім лампи HL1, якщо замкнеться тільки контакт PT1.

4.3. Опис принципової схеми управління двигунами

Керування двигуном змішувального агрегату ЗМ-1

Управління двигунами є важливою частиною багатьох систем, від промислових механізмів до автомобільних транспортних засобів. Принципова схема управління двигунами включає в себе керуючі елементи, такі як мікроконтролери, датчики положення, блоки живлення та актуатори. Система регулювання може використовувати різні методи, такі як широтно-імпульсна модуляція (ШІМ) для керування швидкістю обертання або позицією двигуна. Додатково, у сучасних системах використовують технології зворотного зв'язку для підтримки точності та ефективності роботи двигунів. Важливим є також врахування заходів безпеки та аварійного вимикання для запобігання небажаним наслідкам.

Схема керування двигуном змішувача живиться напругою ~ 220 В від фази А та нуля П. Для захисту схеми від короткого замикання використовується автоматичний вимикач SF1. Контроль напруги мережі

здійснюється сигнальним таблом HL6.

Вибір режиму роботи схеми здійснюється переключенням перемикача 1SA1, що має три положення:

Положення М - при цьому привід відповідного насосу можна увімкнути лише за допомогою посту управління, що знаходиться по місцю;

Положення В (Виключено) в цьому положенні перемикача, включення насосу здійснити неможливо; цей режим використовується для того, щоб не було випадкового включення насосу оператором, це потрібно, наприклад при ремонті насоса;

Положення Д- при переключенні перемикача в це положення насос можна увімкнути лише з операторної.

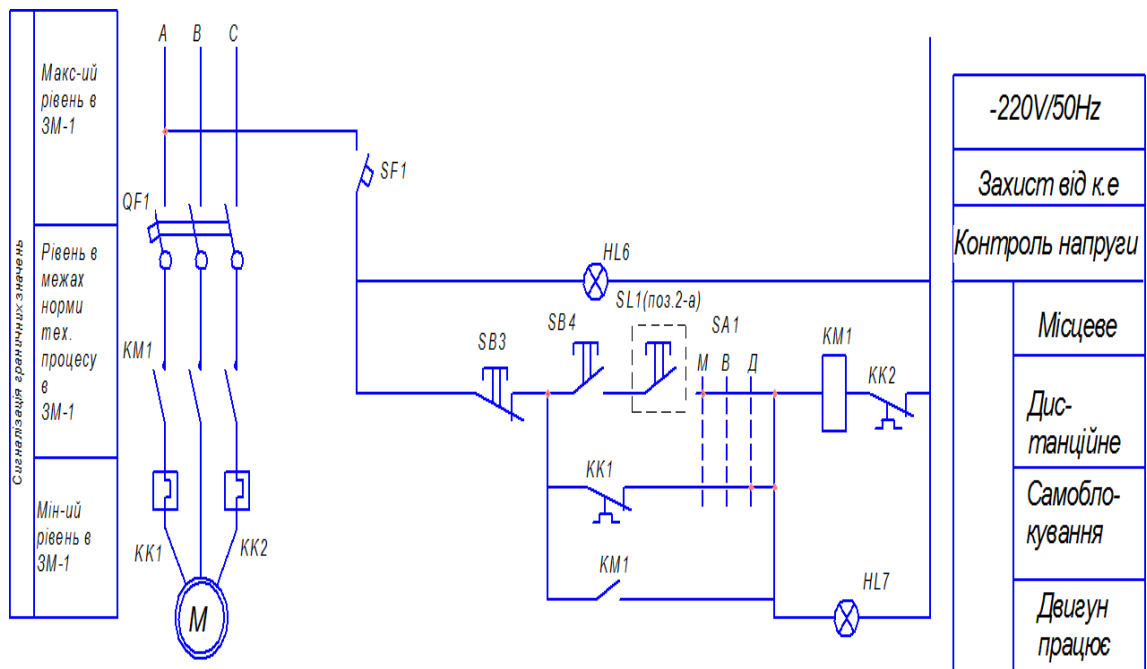


Рис. 4.2. Принципова електрична схема керування двигуном 3М-1

Розглянемо роботу схеми при положенні універсального перемикача SA1 в положенні М.

В даному випадку для запуску двигуна потрібно натиснути автоматичний вимикач SF1 та натиснути кнопку 1SB3 "Пуск". При цьому спрацює контактор магнітний KM1, бо через нього потече струм по колу:

фаза А – в яку будуть входити автоматичний вимикач SF1 через який струм проходить до SB3 і проходить через замкнутий контакт на SA1 перемикачу в позиції М.

Зупинка двигуна змішувача здійснюється так: потрібно натиснути кнопку SB3 або SB4 "Стоп".

При натисканні будь-якої з цих кнопок розривається коло живлення котушки магнітного пускача КМ1, який при цьому розсамоблоковується, розмикає контакти в силовому колі живлення електродвигуна і в колі живлення лампочки HL7, при цьому насос Н-1 зупиняється.

Ввімкнення нососу з поста управління в операторній можна здійснити, коли перемикач SA1 знаходиться в положенні Д.

Теплові реле КК1 і КК2 захищають приводи насосів від обриву фаз та перевантаження. Вони використовують біметалеві пластинки, які реагують на збільшення струму. Пластинка нагрівається при зростанні струму і, коли досягає критичної температури, вона згинається або деформується через теплове розширення. Це спрацьовує реле, яке відсилає сигнал до магнітного контактора приводу насоса. Реле розмикає контакт в живленні магнітного контактора, що відключає живлення приводу насоса і уникне подальшого перегрівання або пошкодження.

Робота двигуна змішувача, також передбачена за умови використання датчика рівня (поз. 2-а).

Двигун увімкнеться при заданому рівні (датчик SL1 (поз. 2-а)). Датчик встановлений у технологічному об'єкті ЗМ-1 для контролю рівня рідини.

Таблиця 4.1

Умовні позначення та пояснення

Позначення	Примітки
SB3	"Пуск"
SB4	"Стоп"
КМ1	Котушка контактора магнітного
КК1 та КК2	Перемикач контакти теплових реле

SF1	Автоматичний вимикач
HL7-8	Сигнальна лампочка
QF1	Автоматичний вимикач однополюсний 25А
SA1	Перемикача

Керування насосом Н-2

Управління асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором можна виконувати за допомогою магнітних пускачів або контакторів. При застосуванні двигунів малої потужності, які потребують обмеження пускових струмів, пуск здійснюється - включенням їх у повну напругу мережі. Найпростіша схема керування двигуном представлена на рис. 3.3.

Для пуску схеми включається автоматичний вимикач і цим подається напруга на силовий ланцюг схеми і ланцюг управління. При натисканні кнопки SB7 «Пуск» замикається ланцюг живлення котушки контактора КМ3, внаслідок чого його головні контакти в силовому ланцюгу також замикаються, приєднуючи статор електродвигуна до мережі живлення. Одночасно в ланцюзі управління замикається блокувальний контакт КК4 що створює ланцюг живлення котушки КМ3 (незалежно від контакту кнопки). Відключення електродвигуна здійснюється натисканням кнопки SB8 "Стоп".

При цьому розривається ланцюг живлення контактора КМ3, що призводить до розмикання всіх контактів, двигун відключається від мережі, після чого необхідно відключити автоматичний вимикач QF3.

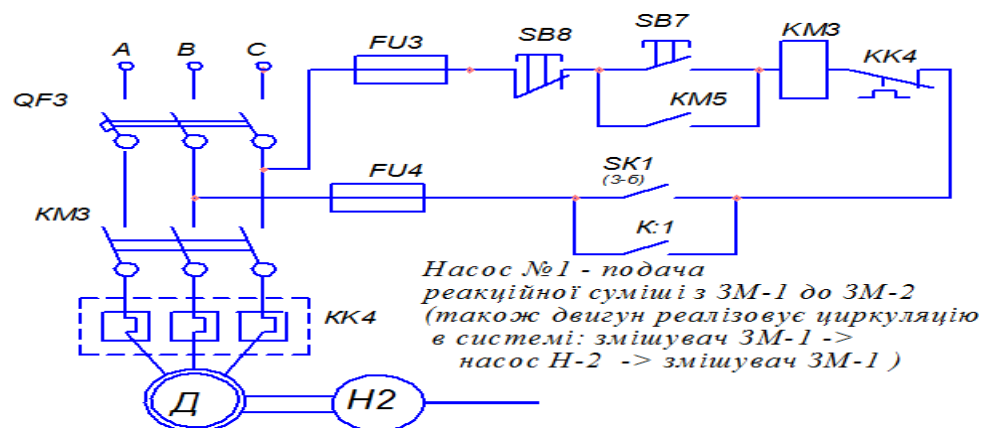


Рис. 4.3. Принципова електрична схема керування мотором для насоса Н

У цій схемі передбачені такі види захисту:

- від коротких замикань - за допомогою автоматичного вимикача QF3 та запобіжників FU3 та FU4 ;
- від перевантажень електродвигуна – за допомогою теплових реле КК (розмикаючі контакти цих реле при перевантаженнях розмикають ланцюг живлення контактора КМ, тим самим відключаючи двигун від мережі);
- нульовий захист - за допомогою контактора КМЗ (при зниженні або зникненні напруги контактор КМЗ втрачає живлення, розмикаючи свої контакти, і двигун відключається від мережі).

Для включення двигуна необхідно знову натиснути кнопку SB 7 "Пуск". Якщо прямий пуск двигуна неможливий і необхідно обмежити пусковий струм асинхронного короткозамкнутого двигуна, застосовують пуск на знижену напругу. Для цього ланцюг статора включають активний опір або реактор або застосовують пуск через автотрансформатор.

4.4. Проектування щита схеми автоматизації

Щити можуть мати різну конструкцію, серед яких виділяються шафові повногабаритні та малогабаритні, а також панельні повногабаритні (з каркасом і плоскі) та малогабаритні. Пульти бувають приставні, з приладною приставкою і окремо стоячі. Стандарт передбачає використання ряду допоміжних елементів для щитів та пультів, таких як допоміжні панелі з дверима та без дверей, кутові вставки для шафових і панельних щитів, а також пультів, що дозволяє збирати щити різних конфігурацій. Щити та пульти систем автоматизації повинні відповідати ГОСТ 24.206-80.

При проектуванні щитів та пультів необхідно вирішити такі питання:

Вибір типів та розмірів шаф, панелей з каркасом, корпусів пультів, стійок та допоміжних елементів щитів і пультів.

Визначення монтажних зон для шафових щитів, панельних щитів з каркасом, малогабаритних щитів, стивів, пультів, декоративних панелей та

поворотних рам.

Компоновка приладів та апаратури, а також виробів для їх монтажу на фасаді та всередині щитів, шафових, панельних з каркасом, малогабаритних, стативів, пультів та поворотних рам.

Розміщення щитів та пультів у операторських і диспетчерських приміщеннях. Визначення місць прокладки електричних та трубних проводок, а також вибір відповідних марок проводок і труб.

Конструкція щитів і пультів

Конструкція щитів і пультів в системах автоматизації базується на використанні металевого каркасу, який виступає як основна металоконструкція для стійок, панелей з каркасом, шаф і корпусів щитів. Основна функція каркасу полягає у створенні жорсткої і несучої основи, на якій монтується інша конструкція, така як панелі, стінки, двері, кришки та інше обладнання. Це також включає встановлення приладів, апаратів, арматури, електричної та трубної проводки.

Шафа, у свою чергу, є об'ємним каркасом на опорній рамі, призначеним для монтажу різноманітних елементів. Вона включає в себе панелі, стінки, двері та кришку, які також кріпляться до основної структури.

Вибір щитів і пультів значною мірою залежить від конкретного місця їх встановлення. Наприклад, щити і пульти для систем автоматизації можуть бути встановлені у спеціальних приміщеннях, виробничих зонах або навіть на відкритому повітрі, залежно від потреби і умов експлуатації.

На внутрішніх панелях щитів керування рекомендується розташовувати наступні компоненти:

а) регулятори, функціональні блоки, елементи аналогової і дискретної техніки, перетворювачі;

б) трансформатори, стабілізатори, пускачі, апаратура освітлення, ревуни, дзвінки, джерела живлення малої потужності; щитки електроживлення, запобіжники, автоматичні вимикачі, розетки.

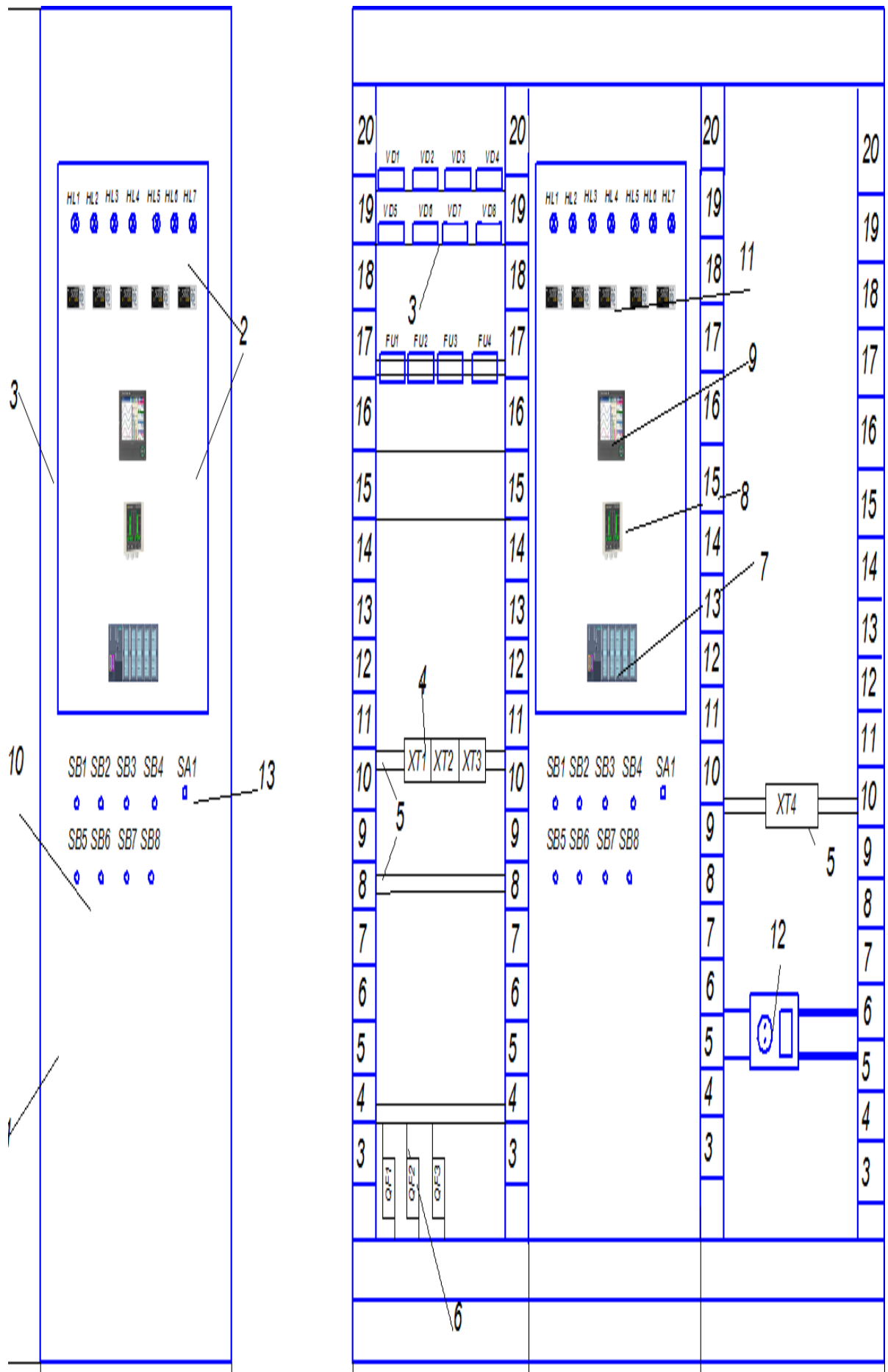


Рис.4.4. Проектування щита автоматики

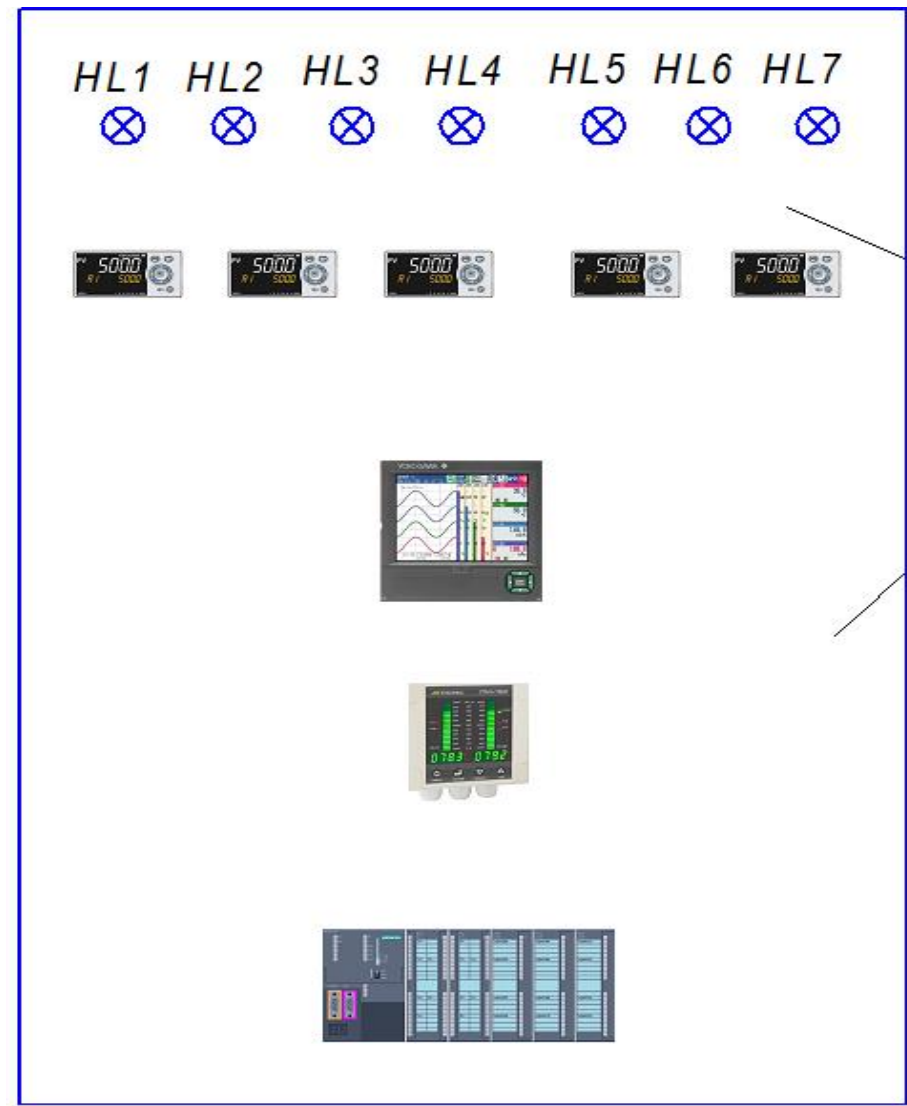


Рис.4.5. Вигляд панелі індикації та сигналізації

Висновок до розділу 4:

Було проведено розробку щита автоматизації, розроблена функціональна схема , також описано принципові електричну схеми сигналізації та керування моторами.

РОЗДІЛ 5

ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Датчики тиску

Датчик для вимірювання диференціального тиску ПД200-ДД



Рис. 5.1. датчик тиску ПД200-ДД

Датчики ОВЕН ПД200 моделі 155 являють собою перетворювачі диференціального тиску, обладнані корпусом для польових умов з вимірювальною мембраною з нержавіючої сталі та металевим кабельним введенням. Ці перетворювачі використовуються для вимірювання перепаду тиску, рівня рідини в резервуарах під тиском або витрати середовища через звужуючі пристрої в системах автоматизованого регулювання та управління. Вони застосовуються на основних і вторинних виробничих процесах у промисловості та житлово-комунальному господарстві, таких як газорозподільні системи, вузли обліку газу, об'єкти енергетики, барабани котлів у котельних, парогенеруючі установки, вентиляційні системи тощо.

Основні характеристики перетворювача ОВЕН ПД200 моделі 155 такі:

Тип вимірювання: Вимірювання різниці тиску в нейтральних середовищах (повітря, пар, різні рідини), які сумісні з нержавіючою сталлю.

Вихідний сигнал: Перетворення перепаду тиску в уніфікований сигнал постійного струму 4...20 мА та підтримка HART-протоколу для передачі додаткових даних.

Вимірювальний діапазон (ВПД): Верхня межа вимірюваного перепаду тиску від $\pm 60,0$ Па до $\pm 2,0$ МПа.

Максимальний статичний тиск: Датчик витримує максимальний статичний тиск до 13 МПа.

Клас точності: Клас точності датчика становить 0,1, що вказує на високу точність вимірювань.

Ступінь захисту корпусу: Корпус датчика має ступінь захисту IP65, що означає захист від пилу і водостійкість при нормальних умовах використання.

Ці характеристики роблять датчики ОВЕН ПД200 моделі 155 ефективними для вимірювання і контролю диференціального тиску в різних промислових умовах.

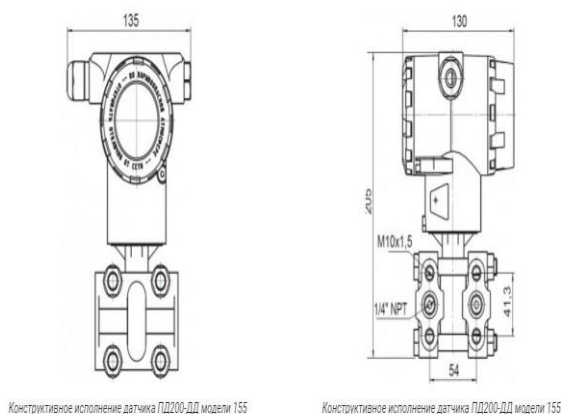


Рис. 5.2. габаритні розміри датчика тиску



Рис. 5.3 .датчик тиску САФІР-М

Датчики тиску Сапфір-22-Мод-ДД відмінно підходять для різних промислових застосувань, особливо там, де необхідне швидке і точне вимірювання тиску при високих технологічних вимогах. Ось деякі ключові характеристики цих датчиків:

Застосування: Вони призначені для систем автоматичного контролю, регулювання та управління технологічними процесами в різних промислових галузях, зокрема в нафтовій, газовій, хімічній промисловості та на об'єктах атомної енергетики. Також вони підходять для експлуатації в умовах тропічного клімату.

Матеріал чутливого елемента: Використовується сплав 36НХТЮ, що забезпечує високу стійкість до корозії і механічних пошкоджень.

Максимальний перепад тиску (ΔP_{max}): Датчики здатні вимірювати перепад тиску до 400 кПа, що відповідає вимогам для багатьох промислових процесів.

Температурний діапазон: Робочий температурний діапазон від -50 до $+80^{\circ}\text{C}$, що дозволяє застосовувати їх у різних кліматичних умовах.

Клас точності: Клас точності 1, що забезпечує високу точність вимірювання.

Вихідний сигнал: Підтримують стандартний вихідний сигнал 4-20 мА, що є універсальним для багатьох систем автоматизації та віддаленого

моніторингу.

Велика відстань передачі сигналу: До 300 м по внутрішньому діаметру трубки 6 мм, що дозволяє ефективно використовувати їх для вимірювання тиску на великих відстанях.

Ці характеристики роблять датчики тиску Сапфір-22-Мод-ДД надійними і ефективними рішеннями для промислових завдань з контролю тиску в різних умовах експлуатації

5.2 Датчики температури

Термопары з кабельним виводом ДТПК104

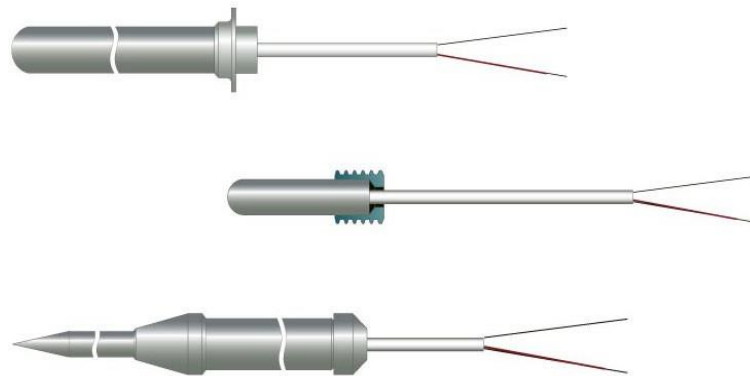


Рис. 5.4. Термопары ДТПК104

Термопары використовуються для вимірювання температури в твердих, рідких і газоподібних середовищах, які не агресивні до захисного обладнання та матеріалів термоелектродів. Кабельний вивід забезпечує зручний та швидкий монтаж, але обмежує максимальну температуру вимірювання до 300-400 °С.

Номинальна статична характеристика (НСХ): Термопара використовує тип К (хромель-алюмель), що є одним з найпоширеніших і ефективних матеріалів для вимірювання температури.

Робочий діапазон температур: Вимірювальний діапазон становить від -40 до +400 °С, що дозволяє використовувати термопару для широкого спектру температурних умов.

Клас допуску датчика: Клас точності датчика - 2, що відповідає стандартам точності вимірювання.

Показник теплової інерції: Не більше 20 секунд з ізольованим робочим спаєм, що важливо для швидкого реагування на зміни температури.

Опір ізоляції: Мінімум 100 МОм, що забезпечує надійну ізоляцію термоелементів.

Кількість робочих термопар у виробі: Один робочий термопарний елемент. Умовний тиск: Від 0,4 до 10 МПа, залежно від конструкції термопари.

Виконання сенсора відносно корпусу: Ізольований від корпусу для запобігання електричного короткого замикання або витoku струму.

Діаметр термоелектрода: 0,5 мм, що забезпечує точне вимірювання температури у різних умовах.

Ступінь захисту: IP54, що вказує на захист від пилу і вологи, але не підходить для занурення у воду.

Матеріал захисної арматури: Латунь і сталь 12Х18Н10Т, які є стійкими до корозії і механічних пошкоджень.

Конструктивне виконання: Відповідає вимогам для різних типів термопар, зокрема для ДТПК і ДТПЛ, з використанням сталі 12Х18Н10Т.

Ці характеристики роблять термопару ідеальним вибором для точного і надійного вимірювання температури в різних умовах, включаючи промисловість і технічні застосування.

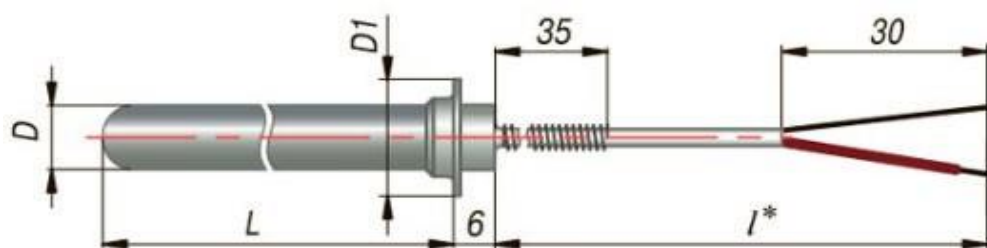


Рис. 5.5. конструктивні розміри термопар

НПТ-2. Нормувальний перетворювач температури з виходом 4...20 мА

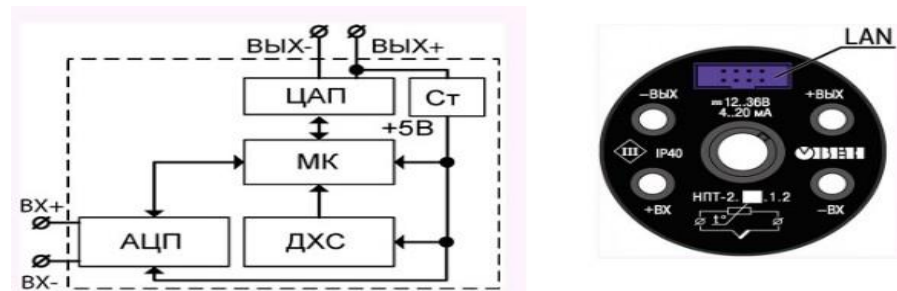


Рис. 5.6. нормувальний перетворювач НПТ-2

Перетворювач ОВЕН НПТ-2 разом із вимірювальними датчиками призначений для перетворення температурних значень у стандартний сигнал для контролю, регулювання та управління технологічними процесами в різних промислових галузях, а також у комунальному господарстві, системах диспетчеризації, телемеханічних інформаційно-вимірювальних комплексах тощо

Характеристики:

Номінальне значення напруги живлення (постійного струму): 24 В.

Діапазон допустимих напруг живлення (постійного струму): 12 – 36 В, що забезпечує гнучкість при підключенні до джерел живлення.

Діапазон вихідного струму перетворювача: 4 – 20 мА, стандартний сигнал для передачі температурного значення.

Нелінійність перетворювача: Не більше $\pm 0,2\%$, що забезпечує високу точність вимірювання.

Розрядність цифро-аналогового перетворювача: Не менше 12 біт, що дозволяє отримувати деталізовані цифрові значення.

Опір кожного дроту, який з'єднує перетворювач з термометром опору, Ом: Не більше 30, що забезпечує низький опір і мінімальні втрати сигналу.

Опір лінії зв'язку з термоелектричним перетворювачем, Ом: Не більше 100, що забезпечує надійну передачу сигналу.

Час встановлення вихідного сигналу після стрибкоподібного змінення вхідного: Не більше 1 секунди, що гарантує швидку реакцію на зміни температури.

Час безперервної роботи: Цілодобово, що важливо для надійності в умовах постійної експлуатації.

Габаритні розміри: Діаметр $\varnothing 45$ мм, висота 13 ± 1 мм, що робить його компактним і зручним для монтажу.

Цей перетворювач є надійним і ефективним засобом для точного вимірювання температури і передачі сигналу у промислових і технічних застосуваннях

5.3 Датчик рівню

Поплавковий магнітний рівнемір ОВЕН ПДУ-И.4000.5



Рис. 5.7. ОВЕН ПДУ-И.4000.5

Застосування:

Поплавкові датчики рівня ПДУ-І п використовуються в цілях вимірювання та контролю за рівнем рідини (світлих нафтопродуктів, води та інших рідких середовищ, включаючи агресивні, окрім корозійно-активних до матеріалу датчика) у різоманітних резервуарах (у чистих природних водоймах). Датчики мають здатність роботи з в'язкими рідинами і є сталими до бульбашок та піни

Принцип дії та конструктивні особливості: оплавковий магнітний рівнемір конструктивно являє собою шток, по якому пересувається поплавок. Всередині штока знаходяться геркони з кроком 5 і 10 мм. Постійний магніт який знаходиться в поплавку замикає герконові контакти під дією магнітного поля.

Вимірювальний контур працює за схемою трьохпровідного

потенціометра, коли вихідний опір датчика, пропорційний рівню рідини в резервуарі, перетворюється на відповідний сигнал 4...20 мА постійного струму.

Характеристики:

Довжина штока: від 250 мм до 4000 мм (кратність 250 мм). Це означає, що доступні різні варіанти довжини штока для встановлення в різних резервуарах чи баках.

Дискретність перетворення: 5 або 10 мм. Це вказує на те, що датчик може вимірювати рівень з точністю до 5 мм або 10 мм, залежно від вибраної конфігурації.

Діапазон робочих температур середовища: від -60 до $+125$ °С. Датчик може працювати в дуже широкому діапазоні температур, що робить його підходящим для застосування в екстремальних умовах.

Діапазон робочих тисків середовища: від вакууму до 2 МПа. Це означає, що датчик може вимірювати рівень у середовищах з різними рівнями тиску, включаючи вакуумні умови до 2 мегапаскалів.

Густина робочого середовища: $\geq 0,65$ г/см³. Це вказує на мінімальну густину рідини чи іншого середовища, у якому може застосовуватися датчик.

Ці характеристики роблять цей датчик ідеальним для використання в різних промислових та технічних застосуваннях, де важливо точно вимірювати рівень рідини або іншого середовища в широкому діапазоні умов.

5.4 Датчик витрати



Рис. 5.8. камерна діафрагма

Діафрагма камерна стандартна ДКС-0.6-100 є пристроєм, призначеним для вимірювання витрати рідин, пари та газів методом змінного перепаду тиску. Вона встановлюється у фланцях трубопроводу і включає в себе комплект датчиків різниці тисків, датчиків надлишкового (абсолютного) тиску, датчиків температури та обчислювача для обробки отриманих даних.

Основні характеристики включають:

Внутрішній діаметр трубопроводу: 125 мм. Це вказує на розмір трубопроводу, у якому встановлюється дана діафрагма.

Максимально допустимий робочий надлишковий тиск: 0,6 МПа.

Діафрагма здатна працювати при надлишковому тиску до 0,6 мегапаскалів.

Ці характеристики роблять ДКС-0.6-100 ідеальним вибором для вимірювання і контролю витрати рідин, пари та газів у промислових системах, де потрібна точність і надійність вимірювань.

5.5 Цифрові індикатори та реєстратори



Рис.5.9. Індикатор ІТМ-122Т

Індикатор ІТМ-122Т є сучасним універсальним цифровим індикатором з двома каналами вимірювання та дискретними виходами, призначеним для регулювання та контролю технологічних процесів у різних промислових галузях. Основні характеристики і функціональні можливості включають:

Характеристики:

Захист від впливу твердих речовин і води: відповідно до стандарту IP65

(DSTU EN 60529:2014), що забезпечує надійність в умовах різних середовищ.

Уніфіковані сигнали: відповідність стандартам IEC 381-1, IEC 60381-2.

Інтерфейс / протоколи:

Транзисторний вихід: ≤ 40 В, 100 мА. Релейний вихід: ≤ 220 В, 8 А.

Функціональні можливості:

Програмне калібрування каналу: можливість калібрування з використанням зовнішнього зразкового джерела аналогового сигналу.

Сигналізація про відхилення: автоматична сигналізація при виявленні відхилень вимірюваних параметрів від заданих мінімальних або максимальних значень.

Цифрова фільтрація: зменшення впливу промислових перешкод за допомогою цифрової фільтрації.

Масштабування параметрів: можливість налаштування масштабування для параметрів, які підлягають вимірюванню.

Гнучка настройка логічних зв'язків: налаштування логіки роботи вихідних дискретних пристроїв згідно з потребами користувача.

ITM-122T дозволяє ефективно використовувати дискретні сигнали для управління зовнішніми виконавчими механізмами та забезпечує точне та надійне вимірювання та контроль параметрів в технологічних процесах.

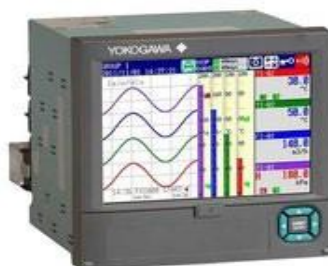


Рис.5.10. Безпаперовий реєстратор

YOKOGAWA FX1002 - недорогий двоканальний безпаперовий реєстратор для промислового застосування, який значно спрощений у порівнянні з безпаперовими реєстраторами серії SmartDAC Yokogawa для зниження вартості. Він рекомендується для об'єктів, де важлива надійність в

першу чергу. Компактний безпаперовий реєстратор YOKOGAWA FX1002 поєднує високу функціональність і надійність з низькою вартістю і має вбудовану функцію вимірювання потужності для моніторингу енергоспоживання технологічного обладнання.

Характеристики YOKOGAWA FX1002:

Відображення даних на логарифмічній шкалі: дозволяє зручно візуалізувати дані.

Вбудована функція вимірювання потужності: спрощує моніторинг енергоспоживання. Компактні габарити: роблять його ідеальним для встановлення в обмежених просторах.

Конфігурація за місцем: можливість налаштовувати пристрій за допомогою функціональних кнопок на передній панелі або з ПК за допомогою програмного забезпечення DAQSTANDARD, що йде в комплекті.

YOKOGAWA FX1002 ідеально підходить для виробників промислового обладнання, які шукають надійний і функціональний безпаперовий реєстратор за доступною ціною.

UM33A Цифровий індикатор із сигналізацією.



Рис. 5.11. UM33A Цифровий індикатор із сигналізацією

UM33A - цифровий індикатор з сигналізацією, який має до 9 виходів сигналізації та функції корекції входу, такі як зсув PV, апроксимація ламаної лінії та зміщення ламаної лінії. Цей пристрій також може працювати з джерелами живлення 24 В постійного струму.

Основні характеристики UM33A:

Дисплей: 14-сегментний великий кольоровий РК дисплей з чітким відображенням.

Прокрутка тексту: функція прокручування тексту для зручного перегляду параметрів.

Навігація: навігаційні клавіші та програмовані функціональні кнопки для зручного керування.

Налаштування: можливість встановлення значень за замовчуванням користувачем.

Мови: підтримка кількох мов, включаючи англійську, іспанську, французьку та німецьку.

Компактність: конструкція з компактною глибиною 65 мм для економії місця.

Підтримка мережі через RS-485 включає протоколи Modbus/RTU, рівноправний зв'язок, скоординований, PC-Link і CC-Link, що робить UM33A універсальним рішенням для інтеграції в системи автоматизації і вимірювання в різних промислових застосунках.

Висновок до розділу 5:

В даному розділі магістерської роботи розглянуто та описано технічні засоби автоматизації, які використовуються в функціональній схемі (додаток – А).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розглянуто процес виробництва мастил, при цьому детально проаналізовано технологічні особливості виробничого процесу. Основна увага приділена розробці функціональної схеми автоматизації процесу, для якої підбрані необхідні технічні засоби автоматизації. Крім того, було розроблено принципові електричні схеми сигналізації та управління моторами, що дозволяє забезпечити належний рівень контролю та ефективності роботи обладнання. Особливу увагу приділено розробці щита управління установки процесу виробництва мастил, що забезпечує надійне та ефективне функціонування виробничого процесу.

У дипломній роботі, метою якої було підвищення технологічної ефективності роботи виробництва мастил за рахунок розробки системи управління з моделлю, проведено глибокий аналіз можливостей оптимізації процесу. Зокрема, досліджено процес омилення і встановлено, що промисловий резерв даного виробництва полягає в оптимізації роботи змішувача зі скребково-лопатевим перемішуванням. Впровадження моделі дозволяє проводити процес омилення в оптимальних умовах при будь-якому навантаженні на змішувач, що значно підвищує ефективність виробництва.

Графічні матеріали, використані в проекті, виконані на сучасному рівні з дотриманням існуючих міжнародних та українських стандартів. Це забезпечує високу якість представлення проектної документації та полегшує її сприйняття та використання в реальних умовах виробництва. Для виконання дипломного проекту та оформлення проектної документації застосовано програмне середовище що дозволяє створювати високоякісні графічні матеріали та забезпечувати зручність роботи з проектною документацією

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Киричков В. М. Ідентифікація об'єктів систем керування технологічними процесами: Навч. посібник / В. М. Киричков. - К.: Вища школа, 1990. - 263 с.
2. Шульгін Ю. В. Автоматизація теплових процесів і установок. Ч. 1. Теоретичні основи автоматичного регулювання теплових процесів: Навч. посібник / Ю. В. Шульгін. - Х.: НТУ "ХП", 2002. - 96 с.
3. Кубрак А. І. Комп'ютерне моделювання та ідентифікація автоматичних систем: Навч. посібник / А. І. Кубрак, А. І. Жученко, М. З. Кваско. - К.: ІВЦ "Видавництво "Політехніка"", 2004. - 424 с.
4. Остапенко Ю. А. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів управління: Підручник / Ю. А. Остапенко. - К.: Задруга, 1999. - 424 с.
5. Лукинюк М. В. Технологічні вимірювання та прилади: Навч. посібник для курсового проектування / М. В. Лукинюк. - К., 2002. - 257 с.
6. Лукинюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів / М. В. Лукинюк. - К.: НТУУ "КП", 2008.
7. ГОСТ 8.563-97. Міждержавний стандарт: ГОСТ 8.563.1-97. Діафрагми, сопла ІСА 1932 і труби Вентурі, встановлені в заповнених трубопроводах круглого перерізу. Технічні умови; ГОСТ 8.563.2-97. Методика виконання вимірювання за допомогою звужувальних пристроїв; ГОСТ 8.563.3-97. Процедура і модуль розрахунків. Програмне забезпечення. Чинний від 24.04.2001 р. - К.: Держстандарт України, 2001.
8. Датчики: Довідник / З. Ю. Готра, Л. Я. Ільницький, Є. С. Поліщук та ін.; Під ред. З. Ю. Готри, О. І. Чайковського. - Л.: Каменяр, 1995. - 312
9. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення. - Чинний від 26.07.1994 р. - К.: Держстандарт України, 1994. - 68 с.
10. ДСТУ 2858-94. Термоперетворювачі опору. Загальні технічні

вимоги. Чинний від 23.11.1994 р. - К.: Держстандарт України, 1995. - 53 с.

11.ДСТУ 3307-96. Перетворювачі термоелектричні. Подовжувальні та компенсаційні проводи. Допуски та система ідентифікації. Чинний від 27.02.1996 р. - К.: Держстандарт України, 1998. - 6 с.

12.ДСТУ Б А.2.4-3:2009. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів. Чинний від 23.01.2009 р. - К.: Мінрегіонбуд України, 2009. - 54 с.

13.

Л

укинюк М. В. Технологічні вимірювання та прилади: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М. В. Лукинюк. - К.: НТУУ "КПІ", 2007. - 436 с. : іл. - Бібліогр.: с. 427-428. - 200 пр. - ISBN 978-966-622-247

ДОДАТКИ

