

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

Тема наукової роботи: «МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОГО
КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ РУДОЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ
ФАБРИКИ»

Виконав	_____	Я. С. Грінюк
Керівник роботи	_____	А. І. Купін
Консультант	_____	
Нормоконтроль	_____	Д. І. Кузнецов
Завідувач кафедри	_____	А. І. Купін

Кривий Ріг
2023

Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

Ступінь вищої освіти
Спеціальність

магістр
123 «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії

_____ А. І. Купін

“ ____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

керівник роботи

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ____ ” _____ 20__ року № ____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

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 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
 (підпис) (прізвище та ініціал)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 109 сторінок, 44 рисунків, 9 таблиць, 2 додатки, 14 використаних джерел.

Робота складається з трьох розділів.

Перший розділ присвячено структуру АСУП, завдання а також рівні АСУТП. Особливу увагу приділено побудові АСУТП та розбору завдань, які виконує система. Розглянуті стадії РЗФ та основні процеси, які автоматизуються системою АСУТП.

Другий розділ розкриває питання дослідження можливостей збільшення вміста заліза (якості) концентрату. Методологію, методику, результати досліджень та їх аналіз.

У третьому розділі виконано створення та впровадження системи АСУТП рудозбагачувальної фабрики та побудова прогнозуючого нейрокерування технологічного процесу збагачення на основі нейроеммулятору matlab neural network.

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ,
РУДОЗБАГАЧУВАЛЬНА ФАБРИКА, КОНЦЕНТРАТ, ЯКІСТЬ,
НЕЙРОКЕРУВАННЯ, КІЛЬКІСТЬ ЗАЛІЗА, РУДА, МАГНЕТИТОВИЙ
КВАРЦИТ

ABSTRACT

Explanatory note: 109 pages, 44 figures, 9 tables, 2 appendices, 14 used sources.
The work consists of three sections.

The first chapter is devoted to the structure of the APMS, tasks and levels of the ASUP. Special attention was paid to the construction of the automatic control system and analysis of the tasks performed by the system. The stages of OPF and the main processes that are automated by the APCS system are considered.

The second chapter reveals the issue of research into the possibilities of increasing the iron content (quality) of the concentrate. Methodology, methodology, research results and their analysis.

In the third chapter, the creation and implementation of the ACS system of the ore beneficiation factory and the construction of the predictive neurocontrol of the beneficiation technological process based on the matlab neural network neuroemulator were performed.

Keywords: AUTOMATED CONTROL SYSTEM, ORE
PROCESSING PLANT, CONCENTRATE, QUALITY,
NEUROCONTROL, QUANTITY OF IRON, ORE, MAGNETITE
QUARTZITE.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	7
Вступ.....	8
1 Автоматизована система управління підприємством	11
1.1 Структура АСУ підприємства	13
1.2 Структура сучасної АСУТП.....	14
1.3 Завдання рівнів АСУТП	15
1.4 Технічні вимоги до АСУТП.....	18
1.5 Загальна характеристика РЗФ.....	19
1.6 Основні процеси збагачувальної фабрики	21
1.7 Вузол подачі руди	23
1.7.1 Вузол подрібнення I стадії	24
1.7.2 Вузол подрібнення II стадії.....	25
1.7.3 Вузол подрібнення III стадії.....	25
1.8 Магнітна сепарація.....	26
1.9 Вузол стабілізації рівня магнетиту дешламаторів.....	27
2 Дослідження можливостей впливу систем АСУТП на якість концентрату	
2.1 Вступ.....	28
2.2 Способи підвищення якості концентрату.....	34
2.3 Види та можливості застосування аналізів у промисловості.....	36
2.4 Математичне моделювання технологічних процесів.....	36
2.5 Застосування методу кореляції для визначення найкращо можливого отримання вилучення.....	36
3 Створення та впровадження системи асутп рудозбагачувальної фабрики та побудова прогноуючого нейрокерування тп збагачення на основі нейроеммулятору matlab neural network.....	55
3.1 Мета створення системи.....	28
3.2 Призначення системи	28
3.3 Склад підсистем АСУ	28
3.3.1 Підсистема контролю рівня руди в параболічному бункері	28
3.3.2 Підсистема обміну інформацією	28
3.4 Режими функціонування системи	28
3.5 Функції що виконуються системою	28
3.5.1 Функція первинного збору та обробки інформації від датчиків.....	28

					КНУ.РМ.123.23.05.ВС			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Грінюк				ВСТУП	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Купін							
Н.контроль	Кузнєцов					КІ-22м		
Затвердив	Купін							

3.5.2 Функція управління	28
3.5.3 Функція обміну інформацією	28
3.5.4 Функція поточного відображення стану обладнання.....	28
3.5.5 Функція формування звітності	28
3.6 Комплекс технічних засобів	28
3.6.1 Технічне забезпечення силової частини електрообладнання.....	28
3.6.2 Технічне забезпечення польового рівня	28
3.6.3 Технічне забезпечення контролерного рівня	28
3.6.4 Технічне забезпечення комунікацій.....	28
3.6.5 Технічне забезпечення рівня операторського управління.....	28
3.6.6 Інформаційне забезпечення	28
3.6.7 Програмне забезпечення	28
3.6.8 Забезпечення збереження важливих даних при аваріях	28
3.7 Конструктивна побудова контролерного рівня.....	28
3.7.1 Функції та завдання які виконує ПЛК	28
3.7.2 Обробка програми ПЛК.....	28
3.8 Аналіз проблеми та методи її вирішення.....	28
3.8.1 Головні недоліки системи	28
3.8.2 Рішення проблеми.....	28
3.8.3 Переваги та можливості контролера серії MELSEC IQ-R.....	28
3.8.4 Можливості серверного модулю OPC UA контролера серії IQ-R.....	28
3.8.5 Можливості модулю записуючого пристрою та камери контролера серії MELSEC iQ-R	28
3.8.6 Можливості інтерфейсного модулю Ethernet контролера серії MELSEC iQ-R	28
3.8.7 Нові функції та особливості ЦП контролера серії MELSEC iQ-R.....	28
3.8.8 Можливості цифрових модулів вводу/виводу контролера серії MELSEC iQ-R	28
3.8.9 Можливості цифрових модулів вимірювання енергії контролера серії MELSEC iQ-R	17
3.8.10 Висновок стосовно контролера серії MELSEC IQ-R	28
3.9 Контролер SIMATIC S7-1500.....	28
3.9.1 Переваги та можливості контролера SIMATIC S7-1500.....	28
3.9.2 Можливості технологічних модулів SIMATIC S7-1500	28
3.9.3 Можливості Ваговимірювальних модулів SIMATIC S7-1500 SIWAREX WP521 і WP522	28
3.9.4 Можливості сигнальних модулів S7-1500.....	28
3.9.5 Можливості комунікаційних модулів	28
3.9.6 Підсумок.....	28
3.10 Вдосконалення системи АСУТП для підвищення якості концентрату до складу 69% Fe концентрату.....	28
3.11 Впровадження ідеї.....	28
3.12 Побудова прогноуючого нейрокерування технологічного процесу збагачення на основі нейромодулятора matlab neural network	28

3.12.1 Тренування нейромережі.....	28
3.12.2 Аналіз	28
Висновки	17
Список використаних джерел	18

ВСТУП

Навіть зараз в умовах війни продукція вітчизняних металургійних та гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) складає переважну долю доходів від експорту (приблизно 30–40%), а це понад 10% ВВП України. Разом з цим обмеженість доступу до логістики світових ринків збуту та зношення основних фондів на окремих підприємствах сягає 80–90% вимагає ці підприємства шукати інноваційні шляхи підвищення ефективності власного виробництва. Дослідження провідних закордонних та вітчизняних вчених доводять, що одним з найбільш перспективних шляхів у цьому залишається комплексна автоматизація технологічних та інформаційних процесів виробництва на основі використання інтегрованих систем інтелектуального, оптимального та адаптивного керування.

Актуальність роботи. На сьогоднішній час відомо досить багато підходів до проблеми автоматизації процесів збагачення. Зараз досить активно розвивається способи побудови автоматизованих систем керування на основі використання технологій штучного інтелекту (наприклад, нейронні мережі, нечітка логіка, еволюційні алгоритми тощо). На відміну від „класичних” детермінованих автоматизованих систем керування (АСК), які засновано на використанні жорстких алгоритмів (або чіткої логіки), системи із використанням штучного інтелекту мають властивості навчання та самонавчання (тобто накопичення та узагальнення досвіду). Причому такому узагальненню можуть підлягати фактори, що погано формалізуються із використанням звичайних математичних методів (наприклад, власний досвід або інтуїція фахівців та т.ін.).

					КНУ.РМ.123.23.05.ВС									
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата										
Розробив		Грінюк			ВСТУП				Літера		Аркуш	Аркушів		
Перевірив		Купін												
Н.контроль		Кузнецов			КНУ.РМ.123.23.05.ВС								КІ-22м	Арк.
Затверд.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата										

Разом з цим досвід свідчить, що на розробку та впровадження інтелектуальних систем керування витрачаються значно менші кошти за рахунок зменшення необхідності використання коштовного обладнання (датчики, первинні перетворювачі, контролери, засоби телекомунікації тощо).

Також відомо, що переважна більшість існуючих зараз у світі промислових систем автоматизованого керування реалізована на основі пропорційних, інтегруючих, диференціальних регуляторів або їх комбінацій (П, ПІ, ПІД – регулятори). Відносна простота реалізації та порівняльно висока надійність таких систем обумовлюють їх застосування приблизно у 80–90% систем промислової автоматизації. Разом з тим відомо, що ПІД – системи не завжди можуть забезпечувати необхідну якість керування, особливо в умовах складних ТП із властивостями нелінійності, нестационарності, інерційності, запізнення в часі, випадкових збурень, наявності нечіткої та неповної інформації. Саме до таких ТП належать більшість переділів збагачення корисних копалин.

На відміну від зазначених підходів інтелектуальні системи за рахунок застосування окремих математичних моделей розумової діяльності людини, узагальнюючих властивостей, вбудованої нелінійності та адаптивності при забезпеченні певних умов дозволяють вирішувати такі завдання.

Мета роботи і дослідження. Доведення можливості підвищення ефективності керування ТП збагачення магнетитових кварцитів шляхом застосування інтелектуального прогнозуючого керування всіма стадіями в умовах невизначеності окремих властивостей сировини.

Об'єкт дослідження – технологічний процес збагачення залізної руди (магнетитових кварцитів) в умовах технологічної лінії (секції) рудозбагачувальної фабрики (РЗФ) ГЗК.

Предмет дослідження – автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП) збагачення залізної руди на всіх стадіях на основі застосування прогресивних підходів штучного інтелекту (прогнозуюче нейрокерування).

					KHUY.PM.123.20.01.BC	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Наукова новизна одержаних результатів. На основі отриманих результатів, доведено можливість ефективного використання нейромереж у виробництві. Нейромережі здатні вдало прогнозувати, яким буде на виході продукт, на основі аналізу поточних даних, після навчання нейромережі(її розуміння кореляції між даними) – нейромережа здатна робити прогнозування з максимальною похибкою до 4,70%. Дослідження свідчать, що використання нейромережі в виробництві – це є можливим, стосовно переваг нейромережі: здатна забезпечити стабілізацію кількісних та якісних показників магнітного продукту всіх стадій, зменшити втрати корисних компонентів та енергоносіїв .

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоновано нові перспективні способи, алгоритми та програмно-технічні рішення, які дозволяють прогнозувати та підтримувати такі значення базових показників ТП збагачення, які наближені до оптимальних їх значень для конкретної технологічної ситуації. Дослідження свідчать, що такі дії забезпечують стабілізацію кількісних та якісних показників магнітного продукту всіх стадій, зменшують втрати корисних компонентів та енергоносіїв.

Реалізація результатів роботи. Результати роботи використані в проектах реконструкції АСУТП РЗФ для ПАТ «Південний ГЗК» (м. Кривий Ріг).

Апробація результатів. Розроблені в дипломній роботі другого (магістерського) рівня вищої освіти рекомендації та пропозиції щодо вдосконалення системи АСУТП Рудозбагачувальної фабрики були представлені на розгляд керівництву ПАТ «ПВДГЗК», яким визнано можливість практичного застосування в майбутніх проектах автоматизації виробництва. Також, результати даної роботи були продемонстровані на наступних конференціях(конкурсах): «KICM-2023»; «Black Sea Science 2023»; «Штучний інтелект - конкурс студентських наукових робіт 2023».

РОЗДІЛ 1

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

1.1 Загальна характеристика РЗФ

Залежно від взаємного розташування «добувне підприємство - фабрика» розрізняють збагачувальні фабрики:

- індивідуальні - для збагачення корисних копалин, що надходять лише з одного видобувного підприємства, які, як правило, розташовуються на одному з цим підприємством промисловому майданчику;
- групові та центральні - для збагачення корисних копалин кількох видобувних підприємств.

Крім того, існують збагачувальні фабрики, що входять до складу підприємства-споживача: збагачувальні фабрики при коксо-хімічних та металургійних заводах. Залежно від використовуваних процесів переробки, збагачувальні фабрики поділяють на:

- дробильно-сортувальні;
- промивні;
- гравітаційні;
- флотаційні;
- магнітного збагачення.

Саме на РЗФ (самостійних або тих, що входять до складу гірничо-збагачувального комбінату) відбувається первинна переробка твердих рудних копалин, що надходять з місця видобутку з метою отримання кінцевого продукту, придатного для подальшого використання в промисловій переробці.

					КНУ.РМ.123.23.05.АСУП			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Грінюк							
Перевірив	Купін							
Н.контроль	Кузнєцов							
Затвердив	Купін					КІ-22м		

Так технологічний процес обробки з корисними копалинами, що відбувається на збагачувальній фабриці називається збагачення. Основний сенс процесу збагачення – збільшити концентрацію корисної складової твердих корисних копалин. У деяких випадках при збагаченні корисних копалин навіть отримують на виході остаточні товарні продукти, такі як вапняк, азбест, графіт, але найчастіше це концентрат, придатний для подальшої переробки та економічно доцільний для транспортування. Більшість видобутих з корисними копалинами вимагають переробки на збагачувальних фабриках і руди кольорових металів (мідь, нікель, вольфрам, молібден, свинець цинк, олово) і руди чорних металів, а також вугілля.

1.2 Основні процеси збагачувальної фабрики

Процес переробки корисних копалин на збагачувальних фабриках, як правило, ділиться на кілька етапів: підготовка (дроблення, гуркіт подрібнення, сортування, випал), основне збагачення (гравітаційне збагачення, магнітна сепарація, флотація) та допоміжні процеси (зневоднення, згущення). До сучасних збагачувальних фабрик постійно зростають вимоги до збільшення ступеня та комплексності вилучення корисних копалин, що призводить до необхідності включати до технологічних схем додаткові процеси з переробки твердих відходів та рідких стоків збагачувальних фабрик з метою додобування корисних компонентів. А посилення законодавства з охорони природи змушує додатково очищати стічні води та застосовувати замкнені цикли водообігу.

Сучасні збагачувальні фабрики - високо механізовані та автоматизовані підприємства. Автоматизації в обов'язковому порядку підлягають забезпечення сигналізації та контролю, блокування та захисту, регулювання та управління конкретними технологічними процесами та збагачувальної фабрики в цілому. Важливими для збагачувальних фабрик так само є процеси виробничого обслуговування основного технологічного процесу. На збагачувальних фабриках для цього можуть бути виділені окремі цехи, такі як хвостовий (забезпечують транспортування та складування відходів, обробка рідкої фракції

та отримання води для подальшого її багаторазового використання) та реагентний (підготовка реагентів для кондиціювання пульпи). Окремо слід зазначити забезпечення захистом працівників від шкідливості процесів виробництва на збагачувальних фабриках. Постачання системами аспірації та двоступінчастим очищенням повітря від пилу тут обов'язкова умова роботи. Найбільш небезпечними джерелами пиловиділення на збагачувальних фабриках є дробильне, сортувальне та транспортне обладнання. Тому до цього обладнання застосовуються спеціальні вимоги до герметизації жорсткими та м'якими укриттями (кожухами) для самих дробарок, та спеціальними кабінами для персоналу конвеєрів та транспорту.

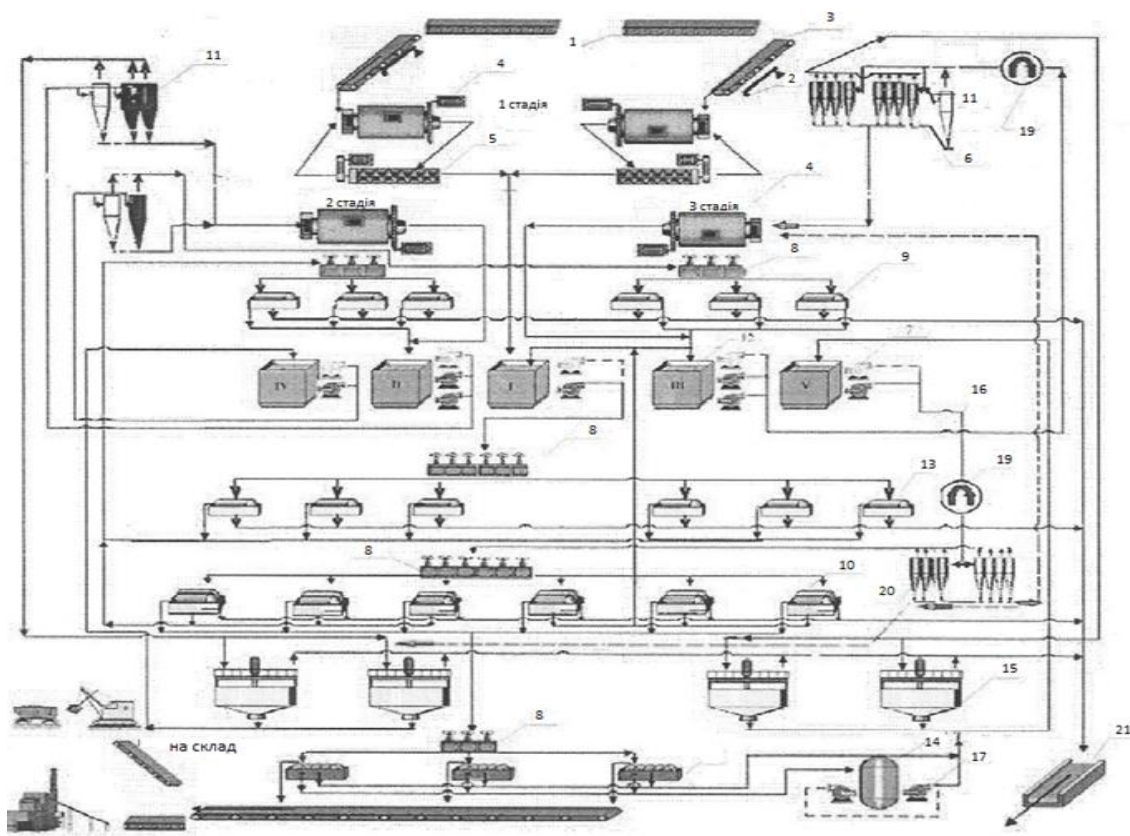


Рисунок 1.4 – схема ланцюга апаратів секції РЗФ

Таблиця 1.1

Специфікація

№	Найменування	кількість
1	Конвеєр стрічковий	2
2	Конвеєр стрічковий похилий	2

3	Ваги конвеєрні	2
4	Млин шаровий	4
5	Класифікатор механічний односпіральний	2
6	Гідроциклон ГЦ-350 мм	8
7	Насос відцентровий ґрунтовий	2
8	Сепаратор магнітний із зовнішнім приводом	6

продовження таблиці 1.1

Специфікація

9	Сепаратор магнітний	6
10	Сепаратор магнітний 2-х барабанний	6
11	Гідроциклон ГЦ-500 мм	6
12	Технологічний зумпф	5
13	Пульпоподільник	5
14	Вакуумний ресивер	1
15	Дешламатор магнітний	5
16	Напірні та водостійкі труби	комплект
17	Насос відцентровий ґрунтовий	12
18	Вакуум-фільтр дисковий	3
19	Розмагнічуючий апарат	5
20	Гідроциклон ГЦ-350 мм	3
21	Хвостовий лоток	1

1.3 Вузол подачі руди

Подача вихідної руди з акумулюючих параболічних бункерів проводиться самопливними регульованими патрубками-живильниками, горизонтальними конвеєрами В=800 з навантаженням на похилі конвеєра В=800, що подають руду в млин.

Продуктивність ліній подачі руди до млинів не понад 100 т/год. Завантаження руди на похилий конвеєр перед терезами - через одну течку. У системі необхідно контролювати забивання перевантажувальних точок. Необхідно виконати контроль рівня подрібненої руди в бункері, що акумулює, в зоні подачі руди на секцію РЗФ.

Передбачити формування вихідних дискретних сигналів ПЛК аварійної сигналізації при перевищенні рівня завантаження руди у бункері (у точці контролю) більш ніж на 75%.

1.7.1 Вузол подрібнення І стадії

У першій стадії подрібнення та класифікації працюють два незалежні один від одного млини в замкнутому циклі з класифікаторами. Зливи класифікаторів об'єднуються і надходять у технологічний зумпф №1. Система управління, що розробляється на вузлах подачі руди та І стадії подрібнення, що мають забезпечити підтримання (стабілізацію) заданої щільності пульпи на зливні класифікатора при підтримці (стабілізації) заданої подачі руди (продуктивності) до млина, з урахуванням захисту млина та спіралі класифікатора від перевантаження. Чинниками, які можуть обмежувати роботу системи управління на цій ділянці можуть бути:

- продуктивність спіралей класифікаторів;
- мінімальний об'єм води, що подається до млина по умовам стійкого транспортування пісків по зворотному жолобу;
- пропускна спроможність млинів;
- ширина зливного порога класифікатора;
- тиск у магістралях та витрата технічної води.

Перші два фактори не можуть впливати на роботу системи, так як продуктивність однієї спіралі (до 150 т/год) значно перевищує максимальну циркулюючу навантаження, а ухилення при поєднанні класифікатора з млином дозволить працювати з мінімальними витратами технічної води. Тим не менш, для виключення впливу другого фактору, необхідно визначити незнижувана

					КНУ.РМ.123.23.05.АСУП	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

мінімальна витрата води у зворотний пісковий жолоб класифікатора. Незнижуваний мінімальний об'єм води, що подається у зворотний жолоб, виключить його забивку пісками та забезпечить стабільне транспортування пісків.

Щодо третього фактору слід зазначити, що питоме навантаження за вихідною рудою на головні млини $-2,04 \div 2,07$ т/м³ч досить велика. Тому алгоритм управління повинен враховувати, що при вступі на секцію твердої великої руди можуть створюватися умови перевантаження млинів. Згідно з показниками навантаження складає близько 25 т/год. на метр ширини порога. З огляду на те, що млина, через різного кульового заповнення та ступеня зносу футеровки, мають різні питома продуктивність, зміна навантаження на кожен агрегат буде різним.

1.7.2 Вузол II стадій подрібнення

У схемі класифікації працюють два насоси типу 8/6W II-(4)-560R-75-PET із гідроциклонами ГЦ-500. Вузол оснащується контурами керування швидкістю обертання електроприводів насосів на підставі показань датчика тиску, шляхом видачі керуючого впливу на частотні перетворювачі, встановлені у схемах управління електродвигуни насосів.

Зумпф II має оснащуватися системою стабілізації рівня пульпи подачею додаткової води. Вузол оснащується системою контролю густини зливу пульпи. Реалізовується контур контролю та управління подачі технічної води до млина II стадій подрібнення.

1.7.3 Вузол III стадій подрібнення

Вузол оснащується контурами керування швидкістю обертання електроприводами насосів, на підставі показань датчика тиску, шляхом видачі керуючого впливу на частотні перетворювачі, встановлені у схемах керування електродвигунами насосів. Зумпф III має оснащуватися системою стабілізації рівня пульпи подачею додаткової води. Вузол оснащується системою контролю

					КНУ.РМ.123.23.05.АСУП	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

густини зливу пульпи . Реалізовується контур контролю та управління подачі технічної води до млина *III* стадій подрібнення.

1.4 Магнітна сепарація

На *I, II* та *III* стадії сепарації надходять самопливом щодо стабілізовані (за рахунок попередніх систем регулювання) потоки пульпи. Додаткова вода може бути відрегульована ручними засувками і не змінюватися у процесі роботи. Сепаратори оснащені сигналізацією роботи/зупинки агрегату для запобігання критичних ситуацій.

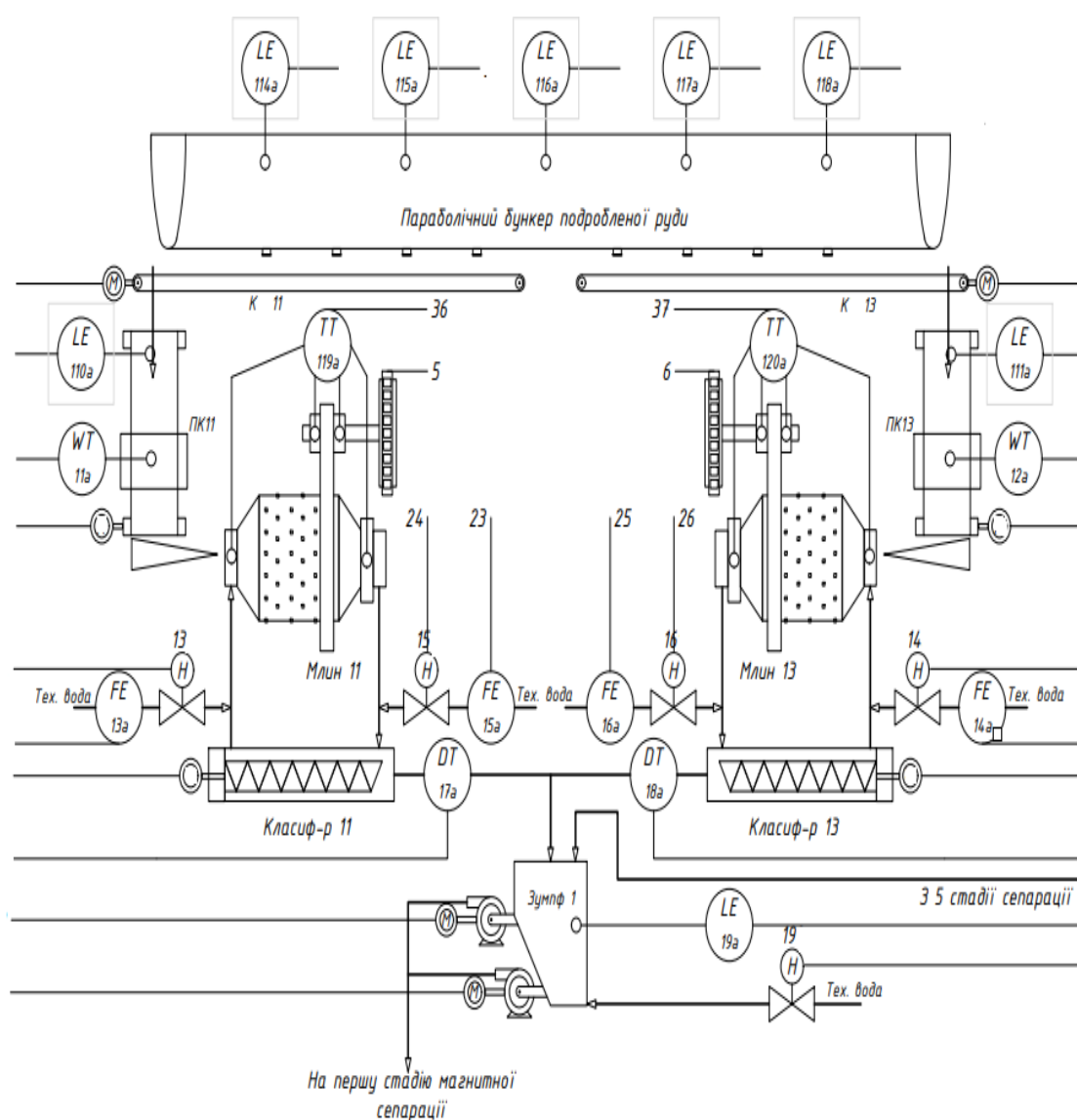


Рисунок 1.5 – Структурна схема проходження подрібненої руди на першу стадію магнітної сепарації

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПЛИВУ СИСТЕМ АСУТП НА
ЯКІСТЬ КОНЦЕНТРАТУ

2.1 Вступ

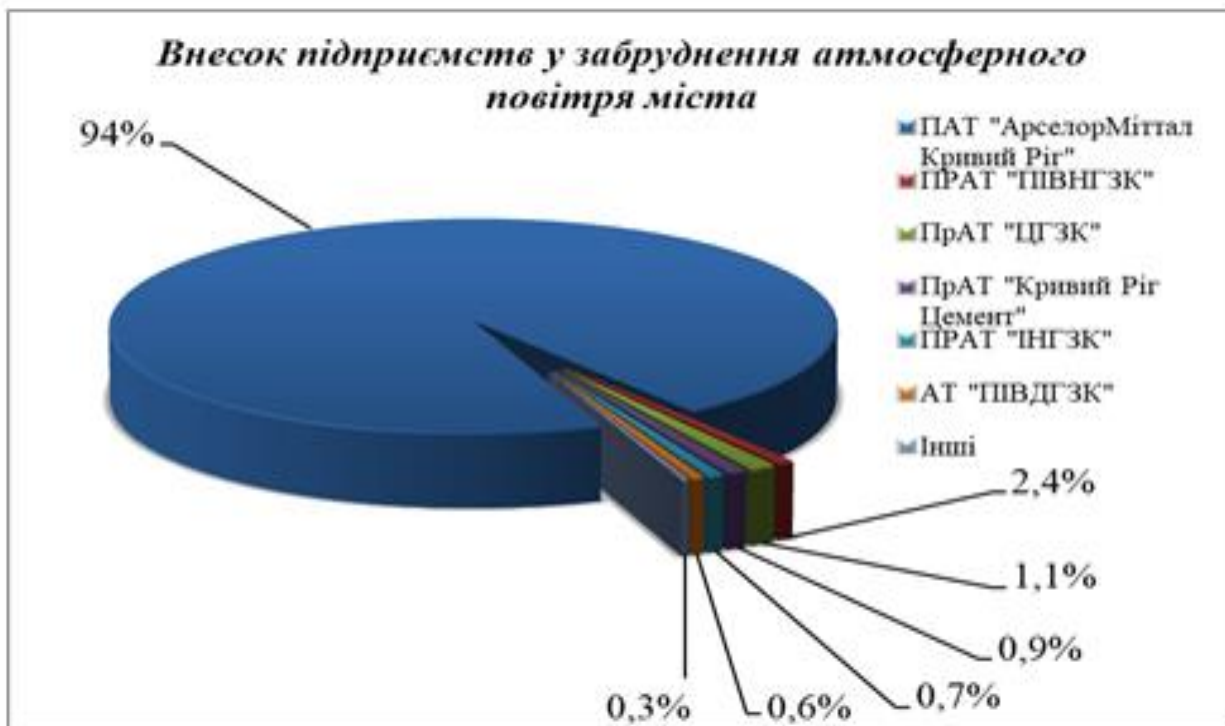


Рисунок 2.1

використовується в чорній металургії для виробництва чавуну, заліза прямого відновлення та гаряче брикетованого заліза. Людина почала виготовляти та використовувати вироби із заліза в період «залізного» століття – приблизно чотири тисячі років тому. Сьогодні залізні руди – одне з найпоширеніших корисних копалин. Мабуть тільки вугілля та будівельні матеріали витягуються з надр у великих обсягах. Більше 90% залізних руд використовуються у чорній металургії для виробництва чавуну та сталі.

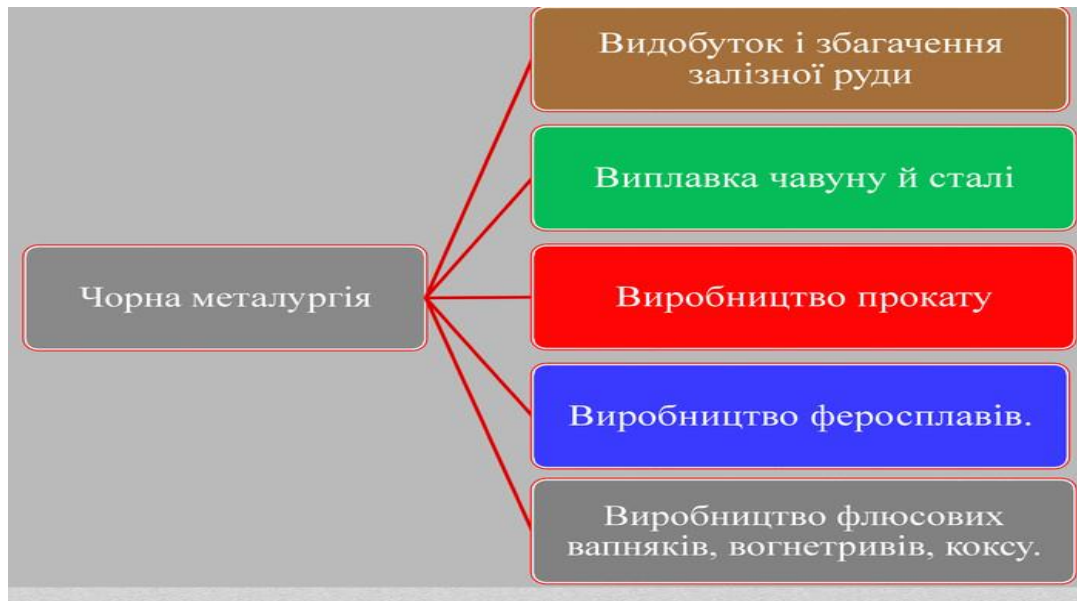


Рисунок 2.2 – Напрями чорної металургії

Чавун - сплав заліза з вуглецем (2-4%), як правило, тендітний і містить домішки кремнію, марганцю, сірки, фосфору, а іноді легуючих елементів - хрому, нікелю, ванадію, алюмінію та ін. Чавун одержують із залізних руд у доменних печі. Основна маса чавуну (понад 85%) переробляється на сталь (граничний чавун), менша частина застосовується виготовлення фасонного лиття (ливарний чавун).

Сталь - ковкий метал заліза з вуглецем (і легуючі добавки), основний кінцевий продукт переробки металевих руд. Сталь має високу міцність, в'язкість, здатність легко змінювати форму при гарячій і холодній обробці тиском, набувати в залежності від хімічного складу і способу термічної обробки потрібні властивості: жароміцність, опір стирання, корозійну стійкість. Завдяки цьому сталь є найважливішим конструкційним матеріалом.

Продукція чорної металургії застосовується у всіх сферах промислового виробництва, але переважно в машинобудуванні та капітальному будівництві. Залізна руда є сировиною для чорних металів. Залізну руду, яку витягли з надр, у гірській справі прийнято називати «сирою рудою».



Рисунок 2.3 – Видобуток руди в кар'єрі ПВДГЗК
Аглоруда (залізорудна дрібниця) виробляється з багаті руди з високим вмістом заліза в результаті дроблення, гуркотіння, дешламації, крупність -10 мм.

Доменна (великокускова руда) також виробляється з багаті руди, крупність шматка -70+10 мм. Залізорудна сировина для доменного процесу піддається агломерації та обкусуванню. Агломерат отримують з аглоруди та концентрату, а для котунів застосовуються тільки концентрати.

Окатиші виробляються із залізорудного концентрату з додаванням вапняку в результаті окрудювання суміші (гранули діаметром 1 см) та подальшого випалу. Суміш також піддається обгортюванню та спіканню. та концентратів визначається вмістом у них корисного компонента (Fe), а також корисних (Mn, Ni, Cr, V, Ti), шкідливих (S, P, As, Zn, Pb, Cu, K, Na) та шлакоутворюючих (Si, Ca, Mg, Al) домішок. Корисні домішки є природними легуючими елементами сталі, що покращують її властивості. Шкідливі домішки або погіршують властивості металу (сірка і мідь надають металу червоноламкість, фосфор - холодоємність, миш'як і мідь знижують зварюваність), або ускладнюють процес виплавки чавуну (цинк руйнує вогнетривку кладку печі, свинець - лящай, газой і калій) .

2.2 Способи підвищення якості концентрату

Основні способи підвищення якості магнетитових концентратів наступні:

2.3 Дослідження корисних копалин руд

Для визначення параметрів вихідної сировини, як об'єкта збагачення, проводиться ряд робіт, до складу яких при необхідності входять такі види досліджень: мінералогічний, гранулометричний і фракційний аналізи та визначення фізичних і технологічних характеристик мінералів і руд.

Мінералогічний аналіз повинен виконувати інженер-збагачувач і тільки у виняткових випадках – спеціаліст-мінералог. У процесі дослідження на цьому етапі діагностують мінерали, що складають корисну копалину, визначають їхню кількість, форму і розмір зерен, характер зростання мінералів (макро- і мікроструктура). Для ідентифікації мінералів застосовують ряд інструментальних методів, основними з яких є:

- мікроскопічний аналіз, який застосовується для визначення складу рудних компонентів та їхнього взаємного проростання;
- люмінесцентний аналіз, який застосовується для якісної та кількісної оцінки мінералів, що люмінесцують, у вихідній руді (напр., апатиту, гіпсу, доломіту, кварцу та інших мінералів, а також деяких реагентних покриттів);
- хімічний метод діагностики, який застосовується тільки у випадках малих відмінностей мінералів за кольором при їх аналізі у відбитому світлі (травлення, плівковий, краплинний і фазовий аналізи);
- спеціальні види аналізів, які застосовуються для мінералів зі специфічними властивостями (радіографічний, фотометричний, рентгеноструктурний і термічний фазовий аналізи).

Аналіз гранулометричного складу корисної копалини виконується переважно двома методами:

- методом розсіву вихідного матеріалу на стандартному наборі сит (ситовий аналіз);
- методом седиментації частинок досліджуваного матеріалу із розріджених суспензій.

Останній з цих методів у сучасній практиці збагачення застосовується рідко, тому що він може бути використаний для аналізу матеріалів з максимальним розміром частинок не більше 40 мкм. Ще рідше застосовуються імпульсні методи гранулометричного аналізу, що ґрунтуються на виникненні електричних або фотоефектів при проходженні частинок через об'єм аналізатора. На підставі результатів ситового аналізу будують часткові та сумарні характеристики крупності, визначають виходи матеріалу кожного класу крупності, а при необхідності й вміст відповідних мінералів у кожному класі крупності.

Такий розподіл характеризує можливість розділення вихідного матеріалу на концентрат і відходи, якість і кількість яких визначаються взаємним засміченням і перш за все кількістю зростків з різним співвідношенням у них розділюваних мінералів. Оскільки технічно і економічно доцільно виділяти, якщо це можливо, пусту породу з вихідного матеріалу на стадіях збагачення, які не передбачають дрібного дроблення і подрібнення, то фракційний аналіз корисної копалини (залежно від результатів мінералогічного і ситового аналізів) необхідно проводити з перших стадій дослідження на збагачуваність.

Попереднє дослідження виконується звичайно на крупних класах методом ручної рудорозбірки. Цей метод може бути використаний тільки для класів, що збагачуються гравітаційними процесами, тобто у межах крупності від 100 до 3 мм. При ручній рудорозбірці частинки сортують на три групи: пусту породу, концентратну фракцію і зростки. Після сортування досліджуваного матеріалу кожну групу частинок зважують, подрібнюють і піддають хімічному аналізу.

Наведений спосіб дає добре якісне уявлення про вихідний матеріал, але отриманих даних недостатньо для прийняття інженерних рішень для проектування технологічної схеми збагачення корисної копалини. Для отримання більш повної інформації застосовують методи розділення матеріалу на фракції залежно від густини середовища (гравітаційний метод збагачення),

напруженості магнітного поля (магнітний метод збагачення), часу перебування у розділювальному апараті (флотаційний метод збагачення) і т.д. Одержані в результаті розділення фракції піддають хімічному аналізу і на підставі цих даних будують криві збагачуваності, які встановлюють однозначну відповідність між значенням параметра розділення і вмістом корисного компонента у концентраті, відходах, проміжному продукті і елементарних фракціях продукту, що аналізується. Для проведення фракційних аналізів використовують різне обладнання, наприклад, установки з застосуванням важких рідин (розчин хлористого цинку, тетраброметан і ін.), електромагнітні сепаратори, електричні сепаратори, флотаційні машини і ін. Дані фракційних аналізів служать вихідним матеріалом при визначенні теоретичних балансів продуктів збагачення, а отже, й основним вихідним матеріалом при виборі схеми збагачення корисної копалини.

Дослідження фізичних і технологічних характеристик мінералів і руд виконується з метою визначення їхніх параметрів, які суттєво впливають на процес розділення (збагачення). До них у першу чергу необхідно віднести: дійсну і насипну густину, які здійснюють вирішальний вплив на усі етапи збагачувальної технології; відносну міцність і кут тертя, які вирішальним чином впливають на процеси дроблення і подрібнення; крайовий кут змочування і сорбційну здатність, які визначають можливість і ефективність процесів флотації, фільтрування і флокуляції шламів і т. д. Дослідження по встановленню фізичних і технологічних характеристик збагачуваної корисної копалини виконуються у мінімальних, але достатніх обсягах, тобто у обсягах, які забезпечують отримання достатньої інформації про збагачуваність сировини.

Прогнозування показників досліджуваної корисної копалини і попередній вибір технологічної схеми збагачення виконується за результатом аналізу даних, що визначені на етапі попередніх досліджень.

Дослідження фізичних властивостей мінералів

					КНУ.РМ.123.23.05.ДМВСАНЯ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Корисні копалини і продукти збагачення характеризуються густиною, магнітними і електричними властивостями, вологістю, міцністю і абразивністю, а також деякими технологічними властивостями, що враховуються в окремих операціях.

Густина

Дійсна густина мінеральної сировини δ визначається як відношення маси твердої фази m до її об'єму V :

$$\delta = m/V, \text{ кг/м}^3.$$

Дійсна густина – одна з характерних властивостей мінералів і може змінюватись в широких межах – від 900 (озокерит) до 19300 кг/м³ (золото).

Дійсна густина визначається хімічним складом і структурою мінералу, при цьому важливу роль відіграють атомна маса елементів, що складають мінерал, їх валентність, координаційне число, розмір йонних радіусів.

Дійсна густина мінералів – діагностична властивість, що має велике практичне значення при гравітаційному збагаченні мінеральної сировини, де різниця в густині використовується для розділення мінералів. В більшості випадків дійсну густину використовують при визначенні інших параметрів (пористість, подрібнюваність, питома площа поверхні) та при інженерних розрахунках.

Дійсну густину окремих грудок корисної копалини визначають зважуванням грудки спочатку у повітрі, а потім зануреним у воду. Для зважування з точністю до 0,01

– 0,02 г використовують аналітичні або аптекарські ваги. Густина визначають за формулою:

$$\delta = m_1 \Delta / (m_1 - m_2), \text{ кг/м}^3,$$

де m_1 – маса грудки у повітрі, кг; m_2 – маса грудки у воді, кг; Δ – густина води, кг/м³.

Для визначення дійсної густини корисних копалин, шихтових матеріалів і продуктів збагачення використовують пікнометричний метод. Пікнометричний

метод оснований на вимірюванні маси порожнього пікнометру, наповненого рідиною і при заміні частини рідини пробой досліджуваного матеріалу:

$$\delta = \frac{m_3 - m_1}{(m_4 - m_3) - (m_2 - m_1)} \cdot \Delta, \text{ кг/м}^3,$$

де δ – дійсна густина досліджуваного матеріалу, кг/м³; Δ – густина рідини, кг/м³; m_1 – маса порожнього пікнометра, кг; m_2 – маса пікнометра з рідиною, кг; m_3 – маса пікнометра з пробой досліджуваного матеріалу, кг; m_4 – маса пікнометра з рідиною і пробой досліджуваного матеріалу, кг.

Вологість

Вологість – відношення маси води, що міститься у мінеральній сировині, до маси вологої сировини (%). Залежно від масової частки води тонкоподрібнена сировина може мати тверду, пластичну і текучу консистенцію. Вода в різних формах завжди присутня в гірських породах і тісно взаємодіє з ними. Воду в гірських породах за ступенем її рухливості, характером зв'язку і впливу на стан та властивості гірських порід класифікують на:

- зв'язану воду, в тому числі хімічно (вода входить до складу мінералів) і фізично (вода на поверхні мінералів);
- воду зв'язану капілярними силами (перехідна категорія між зв'язаною та вільною водою);
- вільна вода.

Усі ці категорії води присутні в гірських породах одночасно. Межа і співвідношення між ними умовні та змінюються залежно від ряду факторів: мінерального складу, ступеня дисперсності проби, хімічного складу води та концентрації розчинених в ній речовин, температури води і проби, тиску та ін. Різні форми вологи у подрібнених гірських породах переходять одна в одну і змінюють фізичні властивості проби: об'ємну і насипну густину, сипкість, адгезію, змерзання. Масову частку вологи в мінеральній сировині звичайно визначають висушуванням проби в сушильній шафі при температурі 105 + 5

Магнітна сприйнятливість

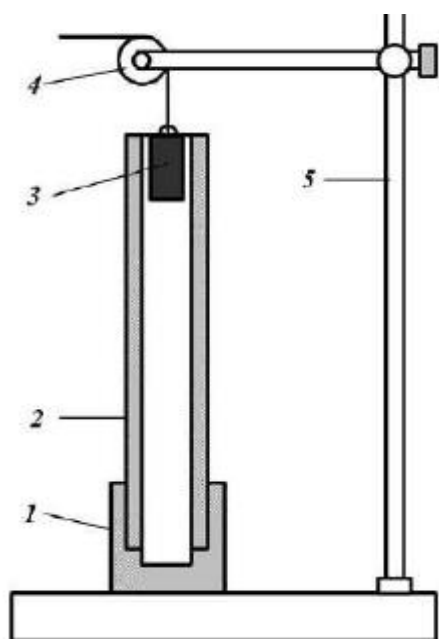
$$\chi_0 = J/H,$$
$$\chi = \chi_o / \delta, \text{ M}^3/\text{KG},$$

При вимірюванні двома зондами використовують вольфрамові електроди діаметром 0,1 мм (відстань між ними $l = 0,5 \div 1,5$ см), напругу на зразку вимірюють

$$R = R_0 \cdot U / U_{0, \text{OM}}$$

Тривкість

Тривкість гірських порід визначається хімічним складом, генезисом, структурою і твердістю мінералів. В гірничій промисловості для оцінки тривкості мінеральної сировини користуються коефіцієнтом та шкалою тривкості. За одиницю тривкості прийнятий тимчасовий опір одноосному стиску в 9,8 Н/мм², що визначається на зразках кубічної форми зі стороною рівною 50 мм.



Прилад для
визначення тривкості
гірських порід.

- 1 – стакан;
- 2 – циліндр;
- 3 – ги́ря;
- 4 – блок;
- 5 – штатив.

Рисунок 2.4

Таблиця 2.1 – Тривкість гірських порід (за М.М.Протодьяконовим)

Категорія	Ступінь тривкості породи	Гірські породи	К _м
I	Найвищий	Кварцити, базальти та ін. винятково міцні породи	20
II	Дуже тривкі породи	Граніт, кварцові порфіри, кременистий сланець, пісковики та вапняки підвищеної міцності, деякі кварцити	15
III	Тривкі породи	Граніти та гранітні породи, пісковики і вапняки, міцні мінерали залізних руд	10
III-a	Тривкі породи	Вапняки, деякі граніти (неміцні), пісковики, мармур, доломіт, колчедани	8
IV	Досить тривкі породи	Звичайний пісковик, залізисті руди	6
IV-a	Досить тривкі породи	Піскуваті сланці, сланцеві пісковики	5
V	Породи середньої тривкості	Міцний глинистий сланець, неміцні різновиди пісковика і вапняку, м'який конгломерат	4
V-a	Те саме	Різноманітні неміцні сланці, щільний мергель	3
VI	Досить м'які породи	М'який сланець, дуже м'який вапняк, крейда, кам'яна сіль, гіпс, мерзлий ґрунт, антрацит, звичайний мергель, зруйнований пісковик, кам'янистий ґрунт	2
VI-a	Досить м'які породи	Щебенистий ґрунт, зруйнований сланець, злежалі галька та щебінь, тверде кам'яне вугілля, затверділа глина	1,5
VII	М'які породи	Глина (щільна), м'яке кам'яне вугілля, міцні наноси	1,0
VII-a	М'які породи	Легка піскова глина, лес, гравій	0,8
VIII	Землянисті породи	Чорнозем, торф, легкий суглинок, сирий пісок	0,6
IX	Сипучі породи	Пісок, осипи, дрібний гравій, насипна земля, видобуте вугілля	0,5
X	Пливкі породи	Пливуни, болотистий ґрунт, розріджений лес, розріджено-зволожений ґрунт	0,3

Обрану пробу розбивають на шматки десь розміром від 20 до 40 мм. Потім на наважку готують до 10 шматків враховуючи те щоб вони знаходилися на дні стакану в один шар.

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТППНТПНОНМН			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Грінюк				ВСТУП	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Купін							
Н.контроль	Кузнєцов					КІ-22м		
Затвердив	Купін							

РОЗДІЛ 3

СТВОРЕННЯ ТА ВПРОВАЖДЕННЯ СИСТЕМИ АСУТП РУДОЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ФАБРИКИ ТА ПОБУДОВА ПРОГНОЗУЮЧОГО НЕЙРОКЕРУВАННЯ ТП ЗБАГАЧЕННЯ НА ОСНОВІ НЕЙРОЕМУЛЯТОРУ MATLAB NEURAL NETWORK

3.1 Мета створення системи

Метою створення АСУ є:

- поліпшення якості регулювання та стабілізації основних технологічних параметрів за допомогою застосування сучасних технічних і програмних засобів;
- підтримання раціональних режимів ведення технологічного процесу на ділянках подрібнення і магнітної дешламації;
- збільшення коефіцієнта використання устаткування;
- зменшення питомої витрати електроенергії, шляхом виключення зниження переробки секцією руди, за рахунок стабілізації продуктивності головних млинів;
- зниження коливань масової частки заліза в концентраті, за рахунок удосконалення системи контролю та управління технологічним процесом і стабілізації основних технологічних параметрів;
- збільшення вмісту заліза в концентраті, за рахунок підвищення ефективності операцій подрібнення і збагачення, шляхом автоматичної підтримки оптимальних режимів роботи технологічного обладнання;
- зниження втрат магнітного заліза в хвостах, за рахунок оперативного контролю і сигналізації про роботу магнітних сепараторів і дешламаторів;

- забезпечення технологічного персоналу інформацією про кількість подрібненої руди в параболічному бункері для своєчасного прийняття рішень на її основі;

- збільшення резервів для подальшого розширення системи управління при модернізації виробництва, а також, перенесення принципів управління створеної системи на інші секції фабрики;

- підвищення технологічної дисципліни оперативного персоналу, за рахунок протоколювання дій оператора;

- підвищення надійності та витривалості електроприводів, скорочення витрат на експлуатацію, за рахунок оперативної діагностики стану обладнання та запобігання аварійним ситуаціям.

3.2 Призначення системи

Проектована система призначена для:

- оптимізації технологічного процесу секції, що працює за трьохстадійною схемою подрібнення з співвідношенням млинів за стадіями, що забезпечує переробку секцією необхідної кількості руди з мінімальними витратами;

- контролю стану основного і допоміжного технологічного обладнання;

- оперативного контролю та управління основними параметрами технологічного процесу, зокрема:

- підтримки заданої витрати руди в млини;

- підтримки заданої або оптимальної витрати води в млини і класифікатори;

- захист млинів першої стадії від перевантаження рудою;

- підтримки заданого рівня в технологічних зумпах;

- підтримки заданого співвідношення Т/Р в живленні млинів 1 стадії;

- підтримки заданого рівня магнетиту в дешламаторах;

- підтримання заданого тиску в напірних трубопроводах гідроциклонів;

- стабілізації щільності зливу класифікаторів;

- контролю тиску в системі гідрощільнення насосів;

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТПНТПНОНМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- контролю рівня завантаження подрібненої руди в параболічному бункері;
- сигналізації про аварійні ситуації та ін.;
- накопичення та надання інформації про поточні параметри процесу в зручному для оператора вигляді;
- контролю дій технологічного персоналу;
- підготовки протоколів, звітів і зведень про роботу секції;
- автоматичної діагностики роботи обладнання, що входить до складу системи управління.

3.3 Склад підсистем АСУ

Проектована АСУ складається з наступних підсистем:

- підсистема первинного збору та обробки інформації від датчиків;
- підсистема контролю та управління технологічним процесом;
- підсистема обміну інформацією;
- підсистема відображення поточного стану технологічного процесу;
- підсистема формування звітності;
- підсистема контролю рівня руди в параболічному бункері.

Підсистема первинного збору та обробки інформації призначена для прийому і первинної обробки сигналів від польового обладнання і сигналів з оперативних ланцюгів управління приводами технологічного обладнання.

Підсистема управління:

В АСУТП РЗФ передбачені наступні основні контури управління і контролю технологічного процесу:

- контур стабілізації витрати руди в головні млини;
- контур стабілізації витрати води в головні млини;
- контур стабілізації витрати води в млин 2 стадії;
- контур стабілізації щільності зливів класифікаторів;
- контур стабілізації рівня пульпи в технологічних зумпфах;
- контур стабілізації рівня магнетиту в дешламаторах;
- контур контролю забивання рудних тічок;

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТПНТПНОНМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- контур контролю щільності зливу гідроциклонів;
- контур контролю тиску води на секції;
- контур стабілізації тиску в напірних трубопроводах гідроциклонів;
- контур контролю температури корінних підшипників млинів, підшипників вал - шестерень, підшипників СД млинів;
- контур контролю рівня фільтрату в приймачі;
- контур контролю роботи/зупинки технологічного обладнання;
- контур контролю режиму роботи обладнання (ручний/автомат);
- контур контролю рівня в параболічному бункері руди.

Підсистема обміну інформацією призначена для здійснення зв'язку між керуючим мікропроцесорним контролером та системою відображення поточного стану обладнання. Базовим протоколом обміну є *TCP/IP* протокол.

Підсистема відображення поточного стану технологічного процесу, призначена для організації людино-машинного інтерфейсу. В її завдання входить:

- відображення мнемосхем, графіків, даних з аварій і нештатних ситуацій;
- ведення архівів накопиченої інформації;
- розмежування прав доступу обслуговуючого персоналу до функцій системи управління.

Підсистема формування звітності призначена для формування підсумкової інформації за запитом оператора, згідно заданих параметрів, за заданий період, а також, передача підсумкової інформації на верхній рівень АСУ комбінату, систему АСОДУ.

3.3.1 Підсистема контролю рівня руди в параболічному бункері

З огляду на поставлене завдання для системи АСУТП, необхідно було прийняти такі припущення:

1. Виходячи з поставленого завдання не допустити переповнення бункера і факту того що рівнемір може відстежувати весь діапазон тільки в режимі завантаження бункера.

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТПНТПНОНМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2. Виходячи з того, що ми маємо точкове вимірювання і жодним чином не можемо контролювати ні геометрію перетину насипу руди ні, тим більше, поверхні розподілу руди - показання рівнемірів заповнення бункера, можуть використовуватися виключно як індикатор, але не прилад контролю запасів руди

3. З аналогічних причин, ні в якому разі, не може виконувати функції систем протиаварійного захисту. Передбачені в рамках підсистеми вихідні реле, можуть бути використані тільки в якості пристроїв включення сигналізуючих приладів (світлових, звукових) і не можуть використовуватися в оперативних ланцюгах управління обладнання для його включення/відключення.

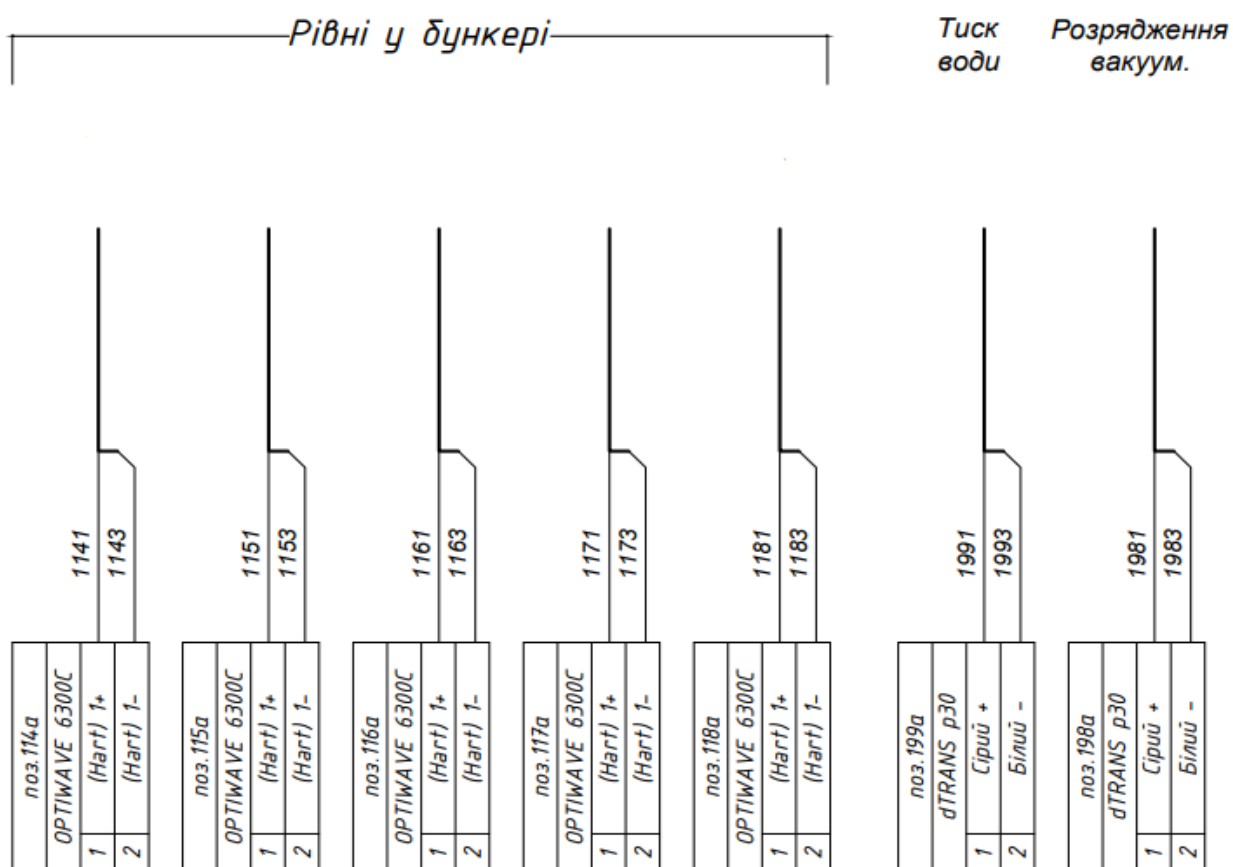


Рисунок 3.1 - Схема зовнішніх підключень датчиків

3.3.2 Підсистема обміну інформацією

Дані про роботу секції РЗФ-1 збираються на АРМ технолога, встановлений в оперативному пункті секції. Крім цього, дані дублюються на АРМ диспетчера та АРМ старшого мірошника, розташовані в приміщенні диспетчера РЗФ.

Зв'язок між компонентами системи здійснюється:

- Між польовим рівнем і контролерним рівнем системи – стандартизованими сигналами 0-24В 0-220В 4-20мА.
- Між контролерним рівнем і рівнем операторського і диспетчерського управління (АРМ оператора) - з використанням протоколу *TCP/IP*.
- Зв'язок з АСУ комбінату (системою АСОДУ) - з використанням *TCP/IP* протоколу.

Мережа Ethernet АСУТП

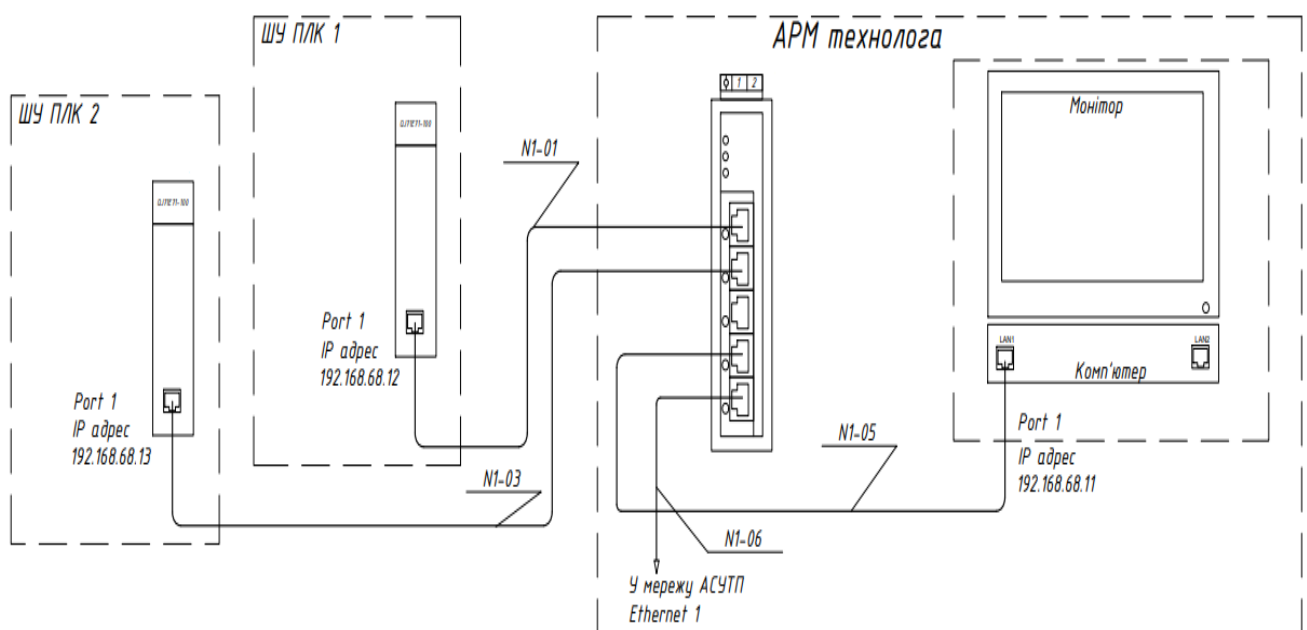


Рисунок 3.2 - Мережа Ethernet АСУТП

3.4 Режими функціонування системи

Система забезпечує роботу контурів управління в наступних режимах:

- Автоматичний - регулювання здійснюється в автоматичному режимі;

- Дистанційний - управління виконавчими механізмами і приводами здійснюється з АРМ технолога;

- Ручний - управління виконавчими механізмами і приводами здійснюється за допомогою БРУ.

Основним режимом функціонування системи є «Автоматичний режим». Даний режим може бути задіяний шляхом перемикавання на блоці ручного управління (БРУ-10), встановленого безпосередньо на щиті місцевого управління в режим «Автомат» і подальшим переведенням контуру на АРМ технолога в режим «Автоматичний». В цьому режимі управління технологічним параметром здійснюється мікропроцесорним контролером, в повністю автоматичному режимі, без участі оператора.

Дані про поточний стан обладнання і контуру управління, по мережі *Ethernet*, передаються в АРМ технолога і відображаються на мнемосхемі. Робота системи управління в автоматичному режимі можлива тільки при штатному функціонуванні всіх технічних засобів середнього та верхнього рівня, що входять в її склад.

Дистанційний режим управління може бути задіяний шляхом перемикавання БРУ в режим «Автомат» і переведенням контуру управління на АРМ технолога в режим «Дистанція». В цьому режимі управління оператор, безпосередньо з АРМ технолога, може змінювати положення виконавчих механізмів, здійснювати управління приводами. Факт переходу в дистанційний режим підлягає обов'язковому протоколюванню в системі. Ручний режим управління може бути задіяний шляхом перемикавання БРУ, встановлених на щитах керування, в режим «Ручний». В цьому режимі управління ведеться за допомогою кнопок управління БРУ. Факт переходу в ручний режим підлягає обов'язковому протоколюванню в системі.

При перемиканні контуру в режими ручного і дистанційного управління виключається можливість автоматичного управління цими контурами з системи управління, при збереженні функцій їх контролю. Відповідальність за дотримання технологічних режимів роботи, в цьому випадку, лягає на

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТППНТПНОНМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

технологічний персонал. Система управління в такому режимі не забезпечує технологічні блокування механізмів (контурів регулювання).

3.5 Функції що виконуються системою

3.5.1 Функція первинного збору та обробки інформації від датчиків

Функції первинного збору та обробки інформації, що надходять від датчиків, реалізуються в прикладному і базовому програмному забезпеченні контролерного обладнання.

В результаті виконання даної функції забезпечується:

- контроль на достовірність спрацьовування сигналу;
- захист від брязкоту сигналу;
- контроль цілісності вимірювального ланцюга для аналогових сигналів 4-20 мА;
- розподіл отриманих даних в пам'яті контролера;
- підготовка і передача отриманих та оброблених даних в підсистему управління і обміну інформацією.

3.5.2 Функція управління

Контури:

- стабілізації витрати руди в головні млини;
 - стабілізації витрати води в головні млини;
 - стабілізації співвідношення «руда/вода» в завантаження млинів;
 - стабілізації щільності зливів класифікаторів;
- здійснюють функції управління двома, паралельно працюючими, вузлами першої стадії подрібнення.

У їх функції входить виконання завдань стабілізації:

- масової витрати руди в млини першої стадії подрібнення, з введенням завдання з АРМ технолога або зі щита машиніста;
- об'ємної витрати води в млини I стадії подрібнення, з введенням завдання з АРМ технолога або зі щита машиніста;

- об'ємної витрати води в класифікатор, з введенням завдання з АРМ технолога або зі щита машиніста;
- змісту твердого в живленні головних млинів, з введенням завдання з АРМ технолога або зі щита машиніста;
- щільності зливу класифікатора, з видачою завдання з АРМ технолога або зі щита машиніста.

Контур стабілізації витрати води в млин 2 стадії здійснює функцію управління клапаном подачі додаткової води в млин 2 стадії. У його функції входить виконання завдання стабілізації об'ємної витрати води в млин 2 стадії подрібнення, з введенням завдання з АРМ технолога або зі щита машиніста.

Контури стабілізації рівня пульпи в технологічних зумпфах і стабілізації рівня магнетиту в дешламаторах, здійснюють функції управління виконавчими механізмами на клапанах подачі води в технологічні зумпфа або на клапанах розвантаження дешламаторів.

До їх функції входить управління:

- рівнем пульпи в зумпфах дешламації, зміною відкриття клапана на подачі води в зумпф, з введенням завдання з АРМ технолога;
- рівнем магнетиту в дешламаторах МД-5, зміною відкриття клапана на розвантаження пісків дешламатора, з введенням завдання з АРМ технолога.

Контури стабілізації тиску в напірних трубопроводах гідроциклонів, здійснюють функції управління частотними перетворювачами, встановленими в електричній схемі приводу насоса. До їх функції входить управління тиском перед гідроциклонами, шляхом зміни частоти обертання двигуна насоса і отже його продуктивністю. Контури контролю (запасів в рудному бункері, забивання рудних тічок, щільності зливу гідроциклонів), здійснюють вимірювання і архівування даних.

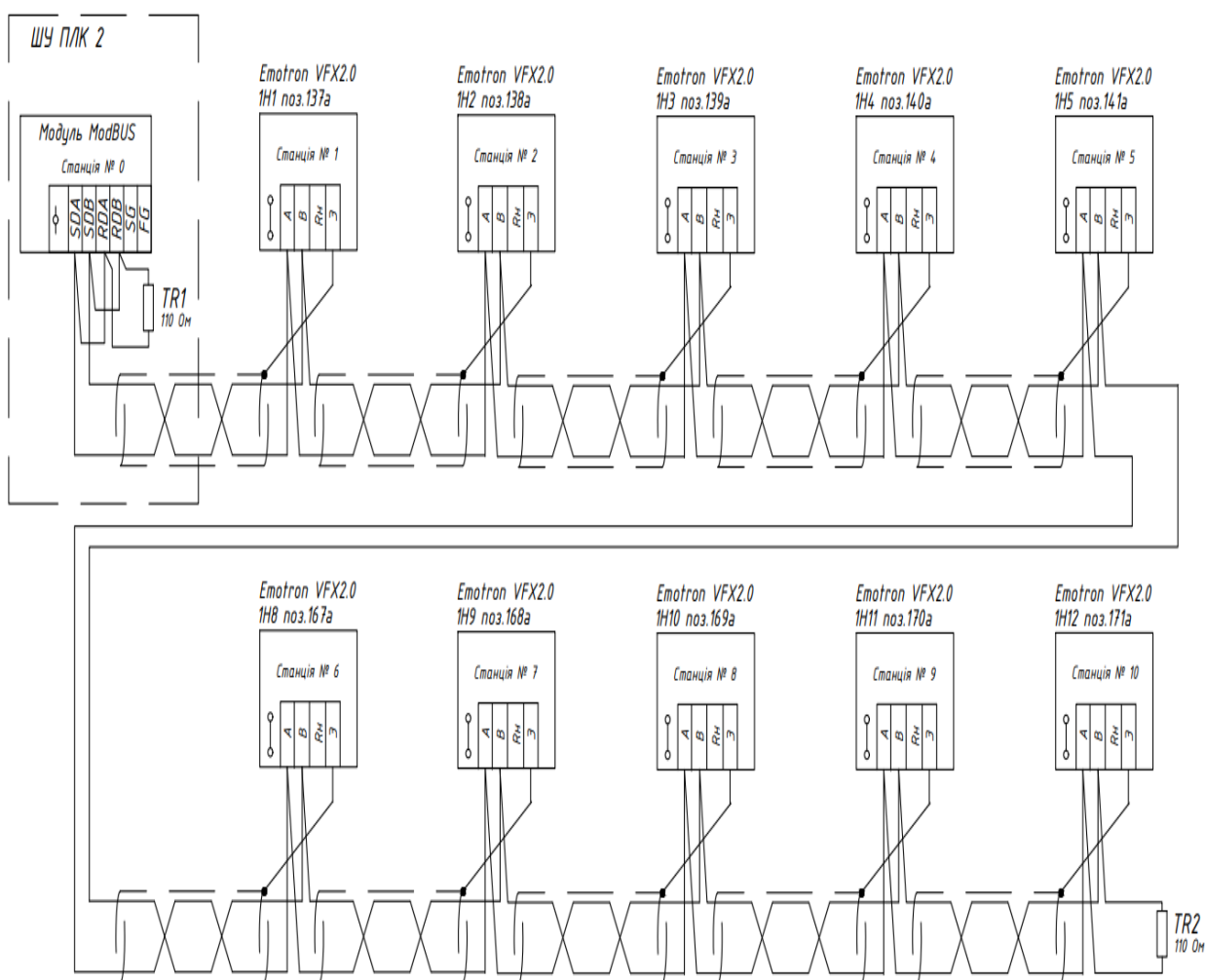


Рисунок 3.3 - Схема підключення частотних перетворювачів

Emotron VFX 2.0

Керуючих впливів дані контуру не видають, а в їх функції входить підготовка інформації технологічному персоналу, для прийняття подальших рішень щодо ведення технологічного процесу. Крім цього, дані контуру є контрольними точками при з'ясуванні причин, в разі виходу технологічного процесу з заданих параметрів.

3.5.3 Функція обміну інформацією

Обмін інформацією між контролерними шафами управління та АРМ технолога, здійснюється з використанням *TCP/IP* протоколу. Так як, в рамках системи, передбачається використовувати стандартний *TCP/IP* протокол, то виконання даних функцій покладається на системне і спеціалізоване програмне

забезпечення. Обмін інформацією між контролерами АСУТП і приладами контролю здійснюється по мережі *Modbus RTU*.

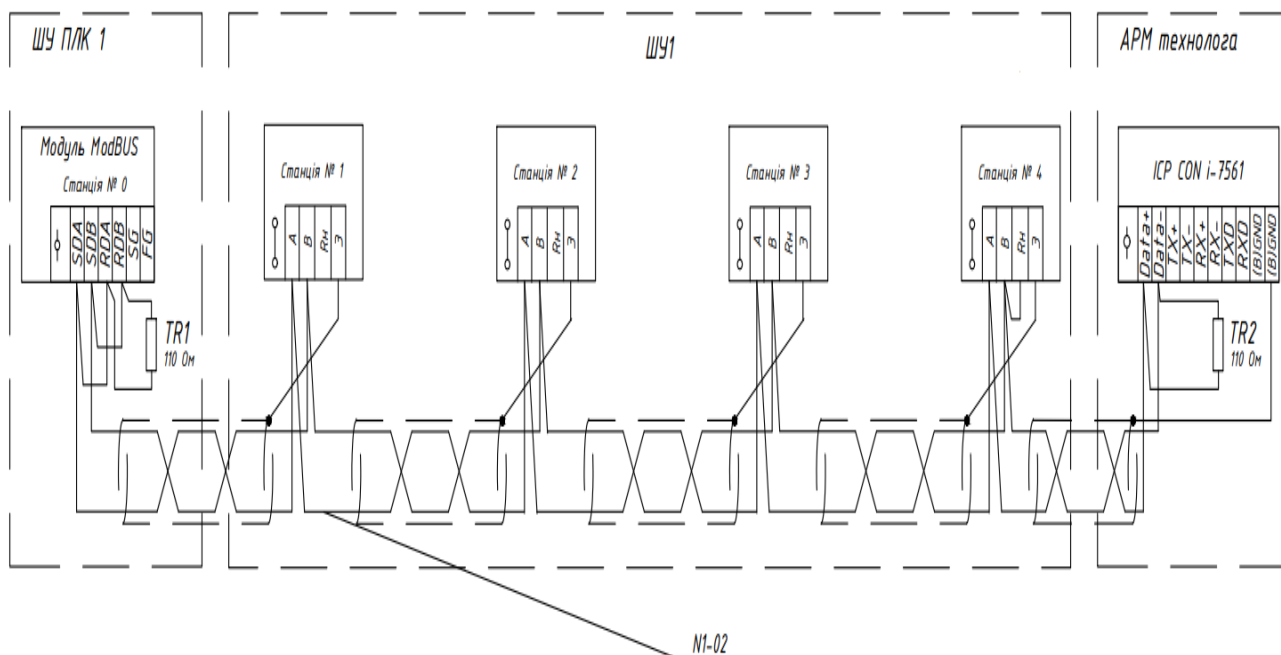


Рисунок 3.4 - Мережа *Modbus RTU*

3.5.4 Функція поточного відображення стану обладнання

Функції відображення поточного стану обладнання здійснюються з використанням мнемосхем, виконаних у вигляді екранних форм. Структура екранних форм, складається з:

- основних мнемосхем з відображенням збільшеного поточного стану по всій секції;
- додаткових мнемосхем для відображення окремих вузлів і ділянок;
- форм відображення графіків (трендів) аналогових сигналів, що використовуються в системі;
- форми відображення аварій (алармів).
- форми відображення стану компонентів системи.
- форми напрацювання механізмів

Для відображення поточного стану параболічного бункера в системі передбачена панель оператора, встановлена на автостелі. Відображення поточного стану заповнення бункера виводитися у вигляді стовпцевих діаграм по кожній точці вимірювання.

3.5.5 Функція формування звітності

В цю функцію входять алгоритми щодо формування підсумкових даних за результатами роботи, як системи управління, так і роботи основного технологічного устаткування. Крім цього, в цю функцію входить передача підсумкової інформації в АСОДУ комбінату. Передача даних в АСОДУ комбінату здійснюється за допомогою *SQL* запитів з використанням *MES*-модуля загальноцехового контролера.

3.6 Комплекс технічних засобів

3.6.1 Технічне забезпечення силової частини електрообладнання

В якості комутуючої апаратури в контролерних шафах управління використовуються:

3.6.2 Технічне забезпечення польового рівня

В рамках польового рівня АСУТП секції РЗФ використовуються додаткові датчики:

- датчики рівня в бункері руди;
- датчик тиску технічної води на секцію;
- датчик розрядження в вакуум-проводі;
- датчики активної потужності приводів класифікаторів;
- витратомір води і регулюючий клапан з приводом на подачі додаткової води в млин 2 стадії.
- витратомір води і регулюючий клапан з приводом на подачі додаткової води в млин 3 стадії.

Система доповнена програмованими контролерами, АРМ оператора, панеллю оператора.

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТПНТПНОНМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

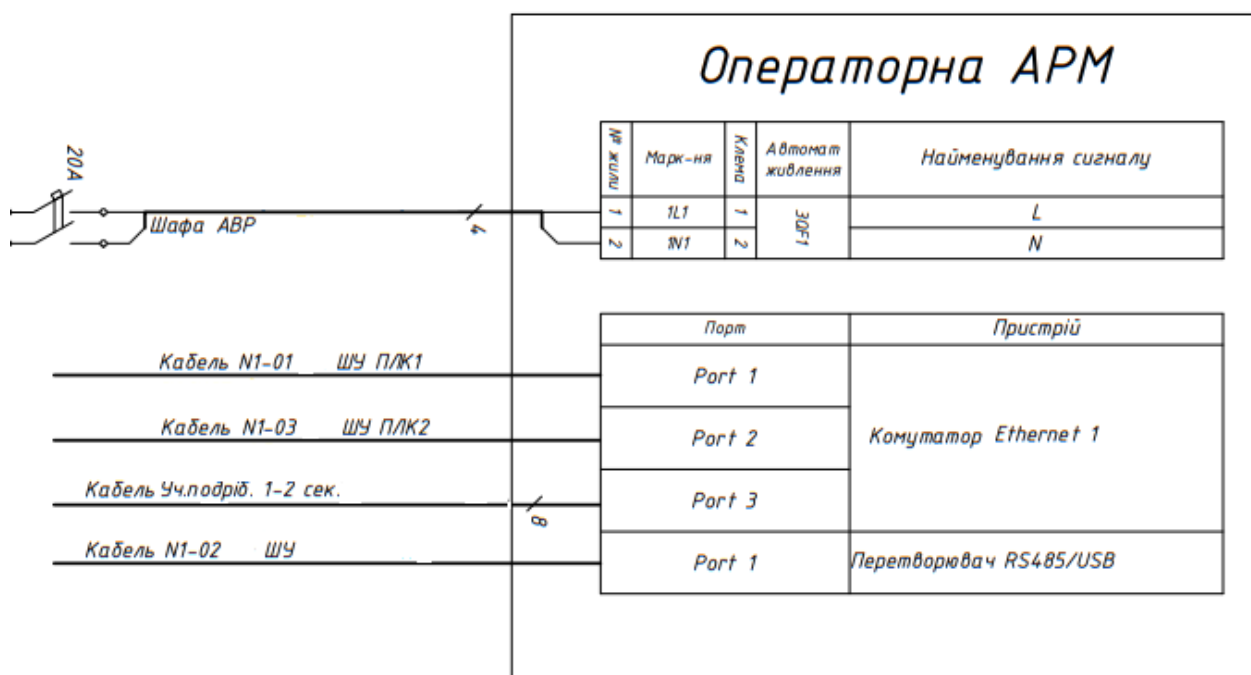


Рисунок 3.5 - Схема підключення Операторної АРМ

3.6.3 Технічне забезпечення контролерного рівня

Програмований контролер забезпечує моніторинг і управління ходом технологічного процесу, а також, управління збором, обробкою, зберіганням інформації та передачею її для відображення на рівень операторського управління. Контролери допускають процедуру легкої заміни непрацездатних модулів. Вони містять вбудовані апаратні і програмні засоби самодіагностики і індикації станів, за допомогою світлодіодів на передніх панелях модулів, стану дискретних входів і виходів.

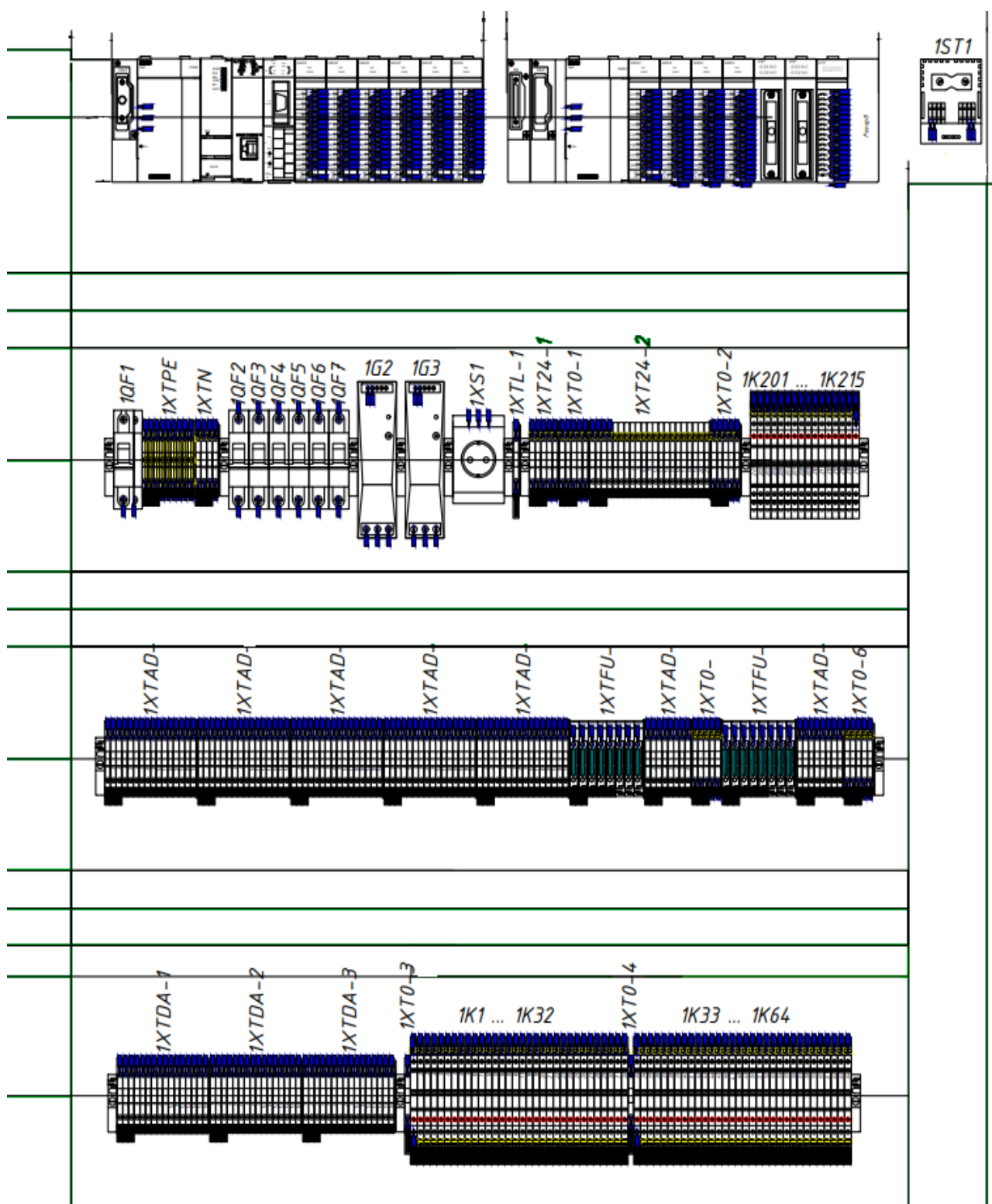


Рисунок 3.6 - Шафа управління контролера серії SystemQ

Підключення зовнішніх електричних ланцюгів виконується за допомогою клемних колодок або роз'ємів. Всі модулі введення-виведення мають гальванічну розв'язку з шиною контролерів. Система управління має 10% запас вхідних і вихідних сигналів для подальшого розширення. Контролерна шафа управління

комплектуються пристроєм безперебійного живлення, яке забезпечує працездатність контролерного обладнання і вимірювальних датчиків, при зникненні напруги живлення протягом 20 хвилин.

3.6.4 Технічне забезпечення комунікацій

Мережа зв'язку контролерного обладнання та АРМ оператора побудована на базі високошвидкісного протоколу *Ethernet* 10/100 Мбіт / с. Мережа забезпечує достатню швидкість передачі даних до 1,5 Мбіт / с і складається з активного і пасивного мережевого обладнання. Активне мережеве обладнання забезпечує підключення контролерів, АРМ оператора і має необхідний запас для подальшого розширення. Загальний час одного циклу обміну даними по мережі не перевищує 500 мс. З метою забезпечення безпеки, АСУ виділена в окрему підмережу з повною заборонаю доступу в неї з інших сегментів мережі комбінату.

3.6.5 Технічне забезпечення рівня операторського управління

До складу операторського рівня входить промисловий комп'ютер в комплекті з монітором. Комп'ютер призначений для управління технологічним процесом на секції, а також для моніторингу стану технологічного процесу, реєстрації (накопичення і зберігання) змін технологічних параметрів.

Робоча станція технолога складається з наступних компонентів:

- Процесор *IntelCore i5* або вище
- Пам'ять *RAM* 8 ГБ
- Жорсткий диск *SSD* 500ГБ
- Порти 4 x*USB3.0*
- 2 x*LAN(RJ-45)*
- Операційна система *Windows 10 Pro, Rus*

Для організації АРМ система *CitectSCADA* комплектується наступним ліцензійним ключем – *CitectSCADA Full license*. Це фізичний ключ-флешка, який програма розпізнає щоразу при запуску системи *CitectSCADA*. За відсутності даного ключа, запуск системи *CitectSCADA* на АРМ оператора буде неможливим.

Для забезпечення безвідмовної роботи технічних засобів середнього і верхнього рівнів системи встановлені джерела безперебійного живлення.

Час роботи ДБЖ визначається критерієм забезпечення процедури безпечної зупинки технологічного процесу. Тобто час при якому у разі відсутності живлення електроенергії, джерела безперебійного живлення будуть підтримувати технологічний процес до його повної зупинки.

3.6.6 Інформаційне забезпечення

Інформаційне забезпечення відповідає таким основним вимогам, до завдань відображення інформації:

- повноті, з метою забезпечення операторів і керівної ланки інформацією про всі етапи технологічного процесу;
- достовірності інформації;
- відповідності принципу безперервного розвитку системи, що передбачає можливість модифікації програмних, технічних та методичних засобів системи, та внесення відповідних змін до інформаційного забезпечення. Інформаційне забезпечення є достатнім для виконання всіх функцій системи.

В основу побудови інформаційного забезпечення покладено принципи:

- одноразового введення вхідної технологічної інформації з можливістю багаторазового її використання в системі;
- обробки інформації всередині системи з використанням стандартних алгоритмів і протоколів.

Інформаційне забезпечення достатнє за обсягом і змістом для оперативної та достовірної оцінки стану технологічного обладнання, режимів його роботи, функціонування підсистем, пристроїв, а також, розпізнавання відмов. Інформаційне забезпечення АСУТП включає опис наступних масивів даних, із зазначенням діапазонів зміни, точності і формою подання та наступних величин:

- показання аналогових датчиків;
- стан дискретних датчиків і команд управління;
- уставки і налагоджувальні коефіцієнти автоматичних програм;
- підсумкові параметри роботи секції.

- кількість відпрацьованих годин обладнання

3.6.7 Програмне забезпечення

Програмне забезпечення системи забезпечує реалізацію функцій системи, задане функціонування технічних засобів і передбачення її розвитку. Програмне забезпечення системи включає три складові:

- системне програмне забезпечення (ПЗ) системи;
- інструментальне програмне забезпечення (ПЗ) системи;
- спеціальне програмне забезпечення (ПЗ) системи.

До складу системного програмного забезпечення входять операційні системи, для підтримки роботи інструментального та спеціалізованого програмного забезпечення.

Системне програмне забезпечення включає операційну систему *Microsoft Windows 10 Pro*, призначену для підтримки роботи інструментального програмного забезпечення та спеціального програмного забезпечення.

До складу інструментального програмного забезпечення входять інструментальні програмні пакети, для розробки спеціального ПЗ контролерів і панелі оператора.

В якості такого програмного забезпечення застосований *GX IEC Developer 7.04*

- для прикладного ПЗ контролера управління та *CitectSCADA2018*
- для прикладного ПЗ операторського і диспетчерського рівнів.

3.6.8 Забезпечення збереження важливих даних при аваріях

В рамках системи передбачена можливість організації резервного копіювання даних системи, засобами системного та базового програмного забезпечення. Копіювання даних може здійснюватися, як використанням мережі передачі даних, так і безпосередньо, шляхом підключення до АРМ-технолога зовнішніх носіїв інформації. Збереження даних при аваріях, дуже важливо, оскільки без їх наявності будуть втрачені звіти про роботу обладнання (мотогодини), необхідні для проведення технічного обслуговування системи в

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТППНТПНОНМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

цілому. Резервне копіювання також необхідно, для швидкого відновлення роботи системи, у разі критичної аварії.

3.7 Конструктивна побудова контролерного рівня

Все обладнання контролерного рівня встановлено в конструктиви шаф та пультів. Склад та кількість шаф та пультів визначається на етапі проектування. Як основний виробник шаф і пультів використовується лінійка обладнання компанії *Rittal*. Конструктивне виконання шаф контролерів передбачає поділ на секцію керуючої електроніки контролера та секцію підключень до процесу, що об'єднує гальванічні (релейні) розв'язки, клемні з'єднувачі, кабельні розведення та автоматичні вимикачі. Контролерна секція має пристрій контролю та підтримки мікроклімату (термостат та вентилятор), а також наявність усередині шафного світильника.

Секція підключень містить релейні модулі із вбудованими світлодіодними індикаторами наявності напруги на котушці для діагностики сигналів. Для спрощення обслуговування, кожне реле має бути легкознімним. Релейні керуючі виходи мають бути укомплектовані плавкими запобіжниками. Введення кабелів у шафу повинно здійснюватися через спеціальні муфти герметичного введення або спеціалізовані розсувні підлоги.

Двері шаф ущільнені, щоб уникнути попадання пилу. Ступінь захисту шаф має рівень не менше ніж *IP54*. Для живлення пасивних датчиків у шафах контролерів, використовуються групові джерела живлення та необхідна напруга із запобіжниками у клемних з'єднувачах, з метою забезпечення можливості індивідуального відключення датчика чи групи датчиків. Технічне обслуговування проводиться у момент планових зупинок. Зупинки плануються відповідно до вимог обладнання та відповідної мікропроцесорної техніки.

3.7.1 Функції та завдання які виконує ПЛК

На відміну від найпростіших контролерів, функціонал яких визначається їх фізичним підключенням, функції програмованих логічних контролерів (ПЛК) визначаються програмою. Дані ПЛК також підключаються до зовнішніх систем

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТППНТПНОНМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

за допомогою кабелів, але вміст їх пам'яті програми можна змінювати у будь-який час, адаптуючи програми до різних завдань управління. Програмовані логічні контролери забезпечують введення даних, їх обробку та виведення результатів. Цей процес складається з трьох етапів:

- етап введення;
- етап обробки;
- етап виведення.

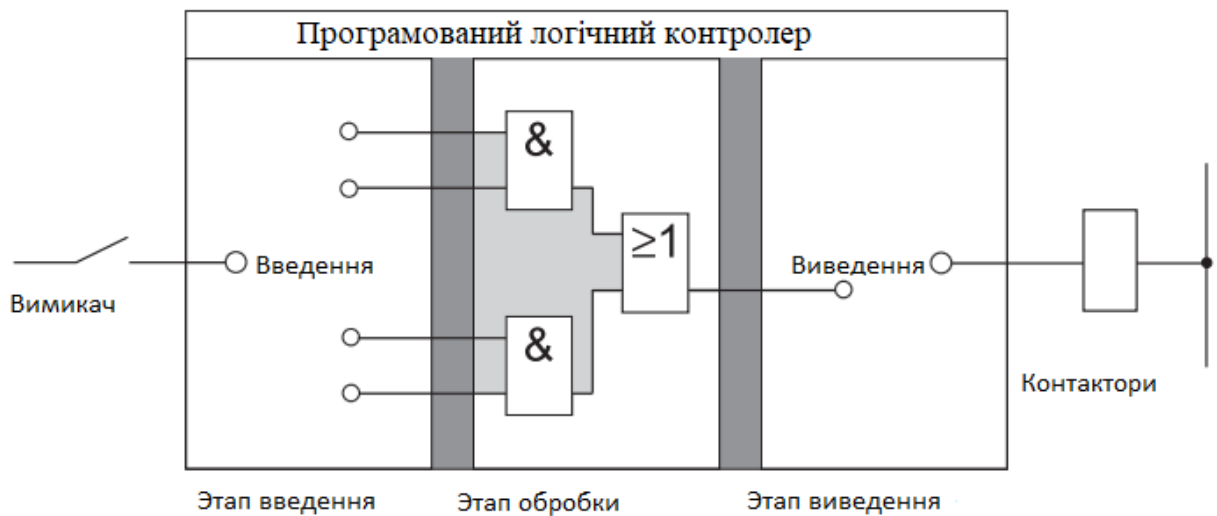


Рисунок 3.7 - Схема етапів

Етап введення

На етапі введення керуючі сигнали з перемикачів, кнопок та датчиків передаються на етап обробки. Сигнали з даних компонентів формуються в процесі управління, та передаються на входи логічних станів. З етапу введення вони передаються на етап обробки попередньо обробленому форматі.

Етап обробки

На етапі обробки відбувається обробка перед оброблених сигналів з етапу введення та їх комбінування за допомогою логічних операцій та інших функцій. Пам'ять програми етапу обробки повністю програмується. Послідовність обробки можна змінювати в будь-який час шляхом модифікації або заміни програми, що зберігається у пам'яті.

Етап виведення

Результати обробки програмою вхідних сигналів передаються на етап виведення, де вони здійснюють функції управління підключеними елементами, що перемикаються, такими як контактори, сигнальні лампи, електромагнітні клапани.

3.7.2 Обробка програми ПЛК

ПЛК виконує свої завдання шляхом виконання програми, яка зазвичай розробляється поза контролером, потім передається на його пам'ять програми.. Програма ПЛК складається з послідовності команд, що управляють функціями контролера. ПЛК виконує дані керуючі команди послідовно, одну за інший. Вся послідовність програми циклічна, тобто вона повторюється в безперервному циклі. Тривалість одного повтору програми називається часом чи періодом програмного циклу.

3.8 Аналіз проблеми та методи її вирішення

3.8.1 Головні недоліки системи

При проектуванні системи завжди враховуються фінанси, закладені під неї. Виходячи із сум закладених під систему, вибирається обладнання яке буде використовуватися в проєкті. Тобто є жорстке обмеження можливостей щодо вибору обладнання, що не завжди дозволяє вибрати екземпляр, який найкраще підходив би до системи. Виходячи із сум виділених під проєкт, для системи АСУТП РЗФ було обрано контролер компанії *Mitsubishi Electric* серії *System Q*.

Контролер *System Q* є потужним модульним ПЛК з мультипроцесорною технологією. Модульність означає можливість підбору окремої, оптимальної Зміни системи для конкретного застосування. Основними компонентами ПЛК є базове шасі, модуль живлення та принаймні один модуль центрального процесора (ЦП). ЦП виконує команди програми ПЛК. Залежно від застосування на базове шасі можна встановлювати інші модулі, наприклад модулі

введення/виводу та спеціальні функціональні модулі. Живлення встановлених модулів забезпечується модулем живлення.

Даний контролер має термін експлуатації 10 років, після чого потрібна повна заміна його комплектуючих. Через обмеженість фінансів, був обраний контролер даної серії, оскільки його вартість значно нижча порівняно з контролерами серії вище. Серія контролерів *System Q* ще під час його закупівлі, вже була застарілою і незабаром випуск контролерів серії *System Q* був припинений. Через це виникла проблема заміни комплектуючих після закінчення терміну експлуатації. Період 10 років - це бажаний період експлуатації, встановлений компанією виробником, насправді контролери можуть працювати 20 років і більше. Але у разі виходу з ладу якогось компонента, його заміна вже буде неможлива.

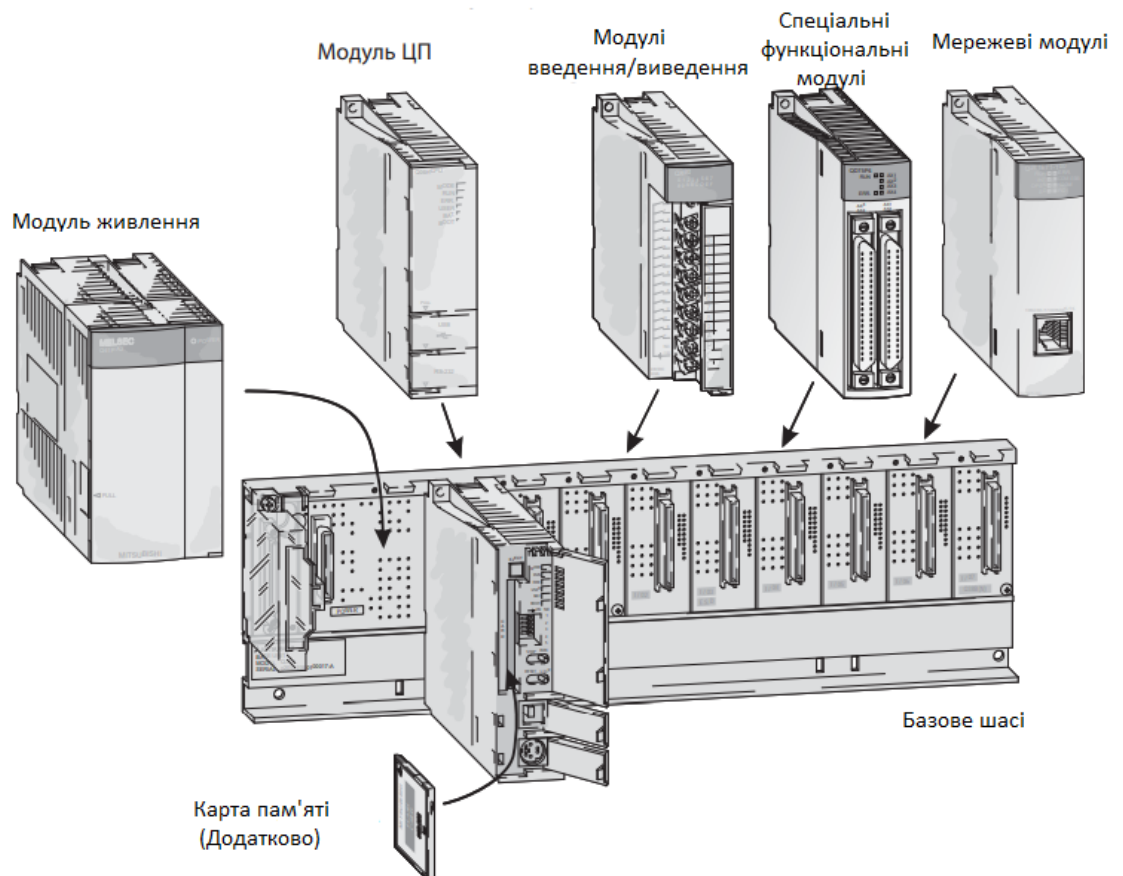


Рисунок 3.8 - Компоненти контролера

Одною з найважливіших вимог до системи АСУТП є її надійність. У разі відмови компонентів системи АСУТП, зупиняється весь технологічний процес, через що йде простій обладнання, який тягне за собою фінансові витрати і

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТППНТПНОНМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

змінення планів виробництва. Важливим критерієм для обладнання є його програмні можливості. Прогрес технологій не зупиняється, розробники систем АСУТП та програмного забезпечення, використовують сучасні стандарти та протоколи, що впроваджуються розробниками контролерів та SCADA систем, наприклад такі як: OPC UA та E-F@ctory. Ці технології є досить корисними, але не підтримуються старими поколіннями контролерів.

3.8.2 Рішення проблеми

У зв'язку з закінченням випуску контролерів серії *system Q*, і терміном експлуатації, що закінчується, заміна контролера необхідна. Новітні системи АСУТП, потребують максимальної потужності та можливостей як самого ПЛК, так і його програмного забезпечення. Тому вибір ПЛК паде лише на флагманські серії. Провідними компаніями в розробці обладнання автоматизації є *Siemens* та *Mitsubishi Electric*. Це одні з найкращих компаній у сфері автоматизації, до того ж обладнання та послуги яких, досить доступні для нашого ринку, порівняно з іншими компаніями. Зробити вибір, та провести аналіз спираючись на такі фактори як: Можливість об'єднання теперішніх та майбутніх систем, термін служби, апаратні та програмні можливості, можливості модулів ПЛК, час аналізу помилок, підтримка інтерфейсів зв'язку, швидкість заміни комплектуючих що вийшли з ладу – виявилось досить не простим завданням, так як оба контролери мають свої сильні та слабкі сторони. Вибір складався з наступних флагманів ПЛК:

MELSEC iQ-R(Mitsubishi Electric) та SIMATIC S7-1500(Siemens)

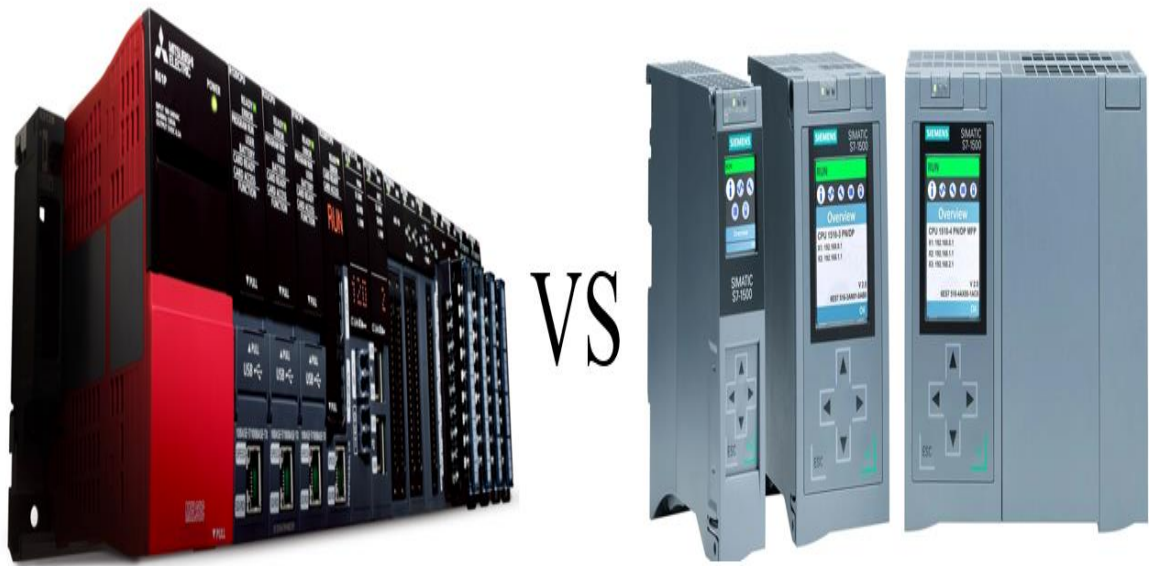


Рисунок 3.9 - *MELSEC iQ-R VS SIMATIC S7-1500*

3.8.3 Переваги та можливості контролера серії *MELSEC IQ-R*

Висока продуктивність та прискорена передача даних

Порівняно з найпродуктивнішими процесорами ПЛК *System Q* час, що витрачається ПЛК серії *IQ-R* на обробку однієї базової інструкції, було зменшено майже вдвічі і становить лише 0,98 нс. Частота роботи системної шини була збільшена більш ніж у 40 разів, що гарантує високошвидкісну передачу даних при вирішенні найскладніших завдань.

Розширені функції діагностики для виключення несправностей та збоїв у роботі

У контролерах *iQ-R*, як і в інших ПЛК *Mitsubishi Electric*, доступні розширені функції діагностики як апаратної частини контролера, так і комунікаційних мереж. Цей інструмент не тільки дозволяє швидко локалізувати проблемну ділянку, а й пропонує можливі шляхи усунення збою. Це особливо важливо у великих проектах зі складною архітектурою. Причини виникнення збою можна відстежити за трендами та логами подій, записаними на карту пам'яті *SD*, яку процесорні модулі підтримують за замовчуванням. Таким чином,

у новій серії контролерів *iQ-R* налагоджений інструмент пошуку несправності, аналіз її виникнення та запобігання.

Класична модульна структура

Контролер *iQ-R* має класичну модульну конструкцію. В її основі, як і у контролерів *System Q*, лежить базова плата, на якій розташовуються модулі з різним функціональним призначенням - джерела живлення, процесори, комунікаційні модулі, модулі вводу/виводу сигналів різних типів, а також ряд вузькоспеціалізованих модулів. Тобто не знадобиться додаткове навчання вже наявних фахівців, оскільки по конструкції модулів та методі їх заміни контролери ідентичні.

Високий рівень захисту від зовнішніх та внутрішніх кібератак

Використання картки *SRAM* пам'яті, яка встановлюється у спеціальний відсік центрального процесора, не тільки розширює області пам'яті ЦПУ, але й дозволяє прив'язати до карти дані проекту. Такий підхід виключає вилучення або внесення будь-яких змін до ПЛК або його налаштування без коду доступу, а також заміну самого процесорного блоку або карти пам'яті. Додаткові функції, такі як фільтрація *IP*-адрес та парольний захист доступу як до проекту повністю, так і до окремих його файлів, дозволяє відчутно підвищити стійкість системи до внутрішніх і зовнішніх кібератак.

Промислова платформа *E-F@ctory*

E-F@ctory – технологічна концепція «розумного виробництва», яка передбачає переплетення рішень для автоматизації виробничих процесів та інформаційних технологій, можливість практичного використання результатів обробки великих масивів даних.

Підтримка технології *OPC UA*

OPC UA - це набір програмних технологій, які надають єдиний інтерфейс для керування різними пристроями та обміну даними. Метою створення *OPC* було надати інженерам універсальний інтерфейс для управління різними пристроями. Реалізувавши підтримку *OPC*-клієнта, розробники *SCADA* систем позбулися необхідності підтримувати сотні драйверів для різних пристроїв, а

виробники обладнання, додавши *OPC*-сервер, здобули впевненість у тому, що їх продукт може застосовуватись користувачами будь-яких *SCADA* систем. *OPC* Можливість підключити цей контролер до сервера *OPC* дає багато перспектив, оскільки це дозволить об'єднати обладнання від різних вендорів. Що, у свою чергу, скоротить витрати на проміжне обладнання, яке необхідно для обміну даними між контролерами або *SCADA* системами. До того ж, виключаючи проміжні пристрої із системи, ми підвищуємо надійність.

3.8.4 Можливості серверного модулю *OPC UA* контролера серії *IQ-R*

Серверний модуль *MELSEC iQ-R OPC UA* інтегрує сервер *OPC UA* безпосередньо в систему керування обладнанням як надійну альтернативу комп'ютерній конфігурації. *OPC Unified Architecture (OPC UA)* — це незалежний від платформи стандарт зв'язку, розроблений фондом *OPC*, який пропонує надійний і безпечний обмін даними між системами виробничого та ІТ-рівня.

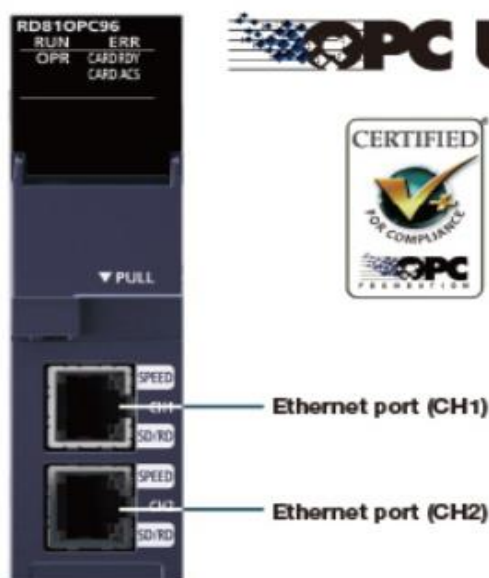


Рисунок 3.10 - Серверний модуль *OPC UA*

Вбудований сервер *OPC UA* підвищує надійність системи та знижує витрати підприємства

Серверний модуль *OPC UA* підвищує надійність, усуваючи вимоги до комп'ютерного сервера, який може бути вразливим до високих ризиків безпеки, таких як комп'ютерні віруси. Потрібне менше обслуговування апаратного забезпечення, що знижує загальну вартість системи, оскільки промислові

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТПНТПНОНМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

системи керування мають довший термін служби в порівнянні з комп'ютерами. Ефективне керування даними тегів забезпечується з використанням формату структури даних та зберігання імен тегів у обладнанні. Реалізація ІТ-системи покращується, просто вибираючи збережений тег.

Таблиця 3.1

Специфікації програмного забезпечення серверного модуля *OPC UA*

Пункт		Значення
Основні експлуатаційні характеристики		
Спосіб підключення		<i>Ethernet IPv4</i>
Одночасно підключене програмне забезпечення для налаштування		1
Характеристики введення/виводу пам'яті пристрою		
Макс. кількість тегів		10000
Пристрій доступу	Макс. номер	8
	Тип	• <i>RCPU</i> • <i>QCPU</i> (режим Q) • <i>LCPU</i>
Період збору даних	Макс. кількість визначень	8
	Цикл налаштування	200 мс...24 год
Підключені клієнти <i>OPC UA</i>		
Макс. кількість підключень		15
Підключається порт <i>Ethernet</i>		<i>CN1</i>
Функція		
Оновлення прошивки		●

Зменшення загального часу розробки за допомогою простого у використанні програмного забезпечення

Використовуючи спеціальний інструмент конфігурації *MX OPC UA Module Configuration-R*, інтуїтивно зрозумілі функції, такі як налаштування на основі майстра, можуть значно скоротити час розробки, уможливити легку реєстрацію даних тегів шляхом імпорту даних мітки проекту *GX Works3* і спростити обслуговування серверного модуля.

Надійна безпека із захистом несанкціонованого доступу до даних

Функції безпеки *OPC UA*, такі як сертифікат, шифрування та підпис, можуть бути встановлені на основі системних вимог. Безпека підвищується завдяки наявності двох портів *Ethernet*, що дає змогу розділити мережі ІТ та цехових мереж.

3.8.5 Можливості модулю записуючого пристрою та камери контролера серії *MELSEC iQ-R*

Модулі записуючого пристрою та камери є спеціальними модулями реєстрації для системного запису, які збирають усі дані за скануванням контролера до та після події помилки разом із міткою часу. Крім того, камера запису може записувати зображення з мережевих камер у режимі реального часу.



Рисунок 3.11 – Модулі записуючого пристрою та камери

Таблиця 3.2

Специфікації програмного забезпечення серверного модуля *OPC UA*

Пункт	Модуль <i>RD81RC96</i>	Модуль <i>RD81RC96-CA</i>
Кількість налаштувань	До 4	
Зберегти пункт призначення	Карта пам'яті <i>SD</i> , файловий сервер	
Метод запису	Тільки тригер збереження файлу, тригер запуску запису + тригер збереження файлу	
Тригер збереження файлу	Пристрій керуючого ЦП, час, що минув після завершення збору даних (макс. 16 на налаштування запису)	

Пункт		Модуль <i>RD81RC96</i>	Модуль <i>RD81RC96-CA</i>
Тригер запуску запису		Період накопичення підйому/спаду (1 на кожную настройку запису)	
Мета запису		Пристрій/мітка, історія подій	Пристрій/мітка, історія подій, зображення камери
Метод відбору проб		Кожне сканування, специфікація часу, інструкція тригера, час циклу безпеки	
Кількість підключаються модулів		Один модуль запису на кожен центральний процесор управління	Чотири модулі запису камери на центральний процесор управління ^{*2}
Відповідні камери	Тип камери	—	Мережева камера, сумісна з <i>ONVIF</i> ® <i>Profile S</i>
	Кількість камер	—	Макс. 4 на модуль ^{*3}

Збір всіх даних пристрою

Модулі серії *MELSEC iQ-R* (підтримка системного запису) збирають всі дані пристрою за кожне сканування контролера до та після події помилки (разом із міткою часу). Причину помилки можна швидко визначити, оскільки індивідуальні налаштування для запису певних пристроїв і міток не потрібні. Підтримується збір даних захисних пристроїв.

Мінімальний вплив на час сканування

Серія модулів системного запису призначена для реєстрації всіх даних пристрою та етикеток до та після спрацьовування. Вплив на час сканування ЦП мінімальний, оскільки навантаження на виконання розділено. Це може бути ідеальним для забезпечення детермінізму в системі управління. Вплив на час сканування ЦП додатково мінімізується за рахунок фільтрації пристроїв і міток. Цілі збору можна швидко вибрати, звузивши коло за допомогою кількох умов фільтрування.

3.8.6 Можливості інтерфейсного модулю *Ethernet* контролера серії *MELSEC iQ-R*

Модуль *Ethernet* серії *MELSEC iQ-R* оснащений двома портами, які можна використовувати як загальний модуль *Ethernet*, *CC-Link* або модуль керування мережею. Конструкція модуля включає в себе зручний для читання дисплей і матричну світлодіодну лампу, що забезпечує швидкий спосіб оцінки стану мережі за допомогою модуля.

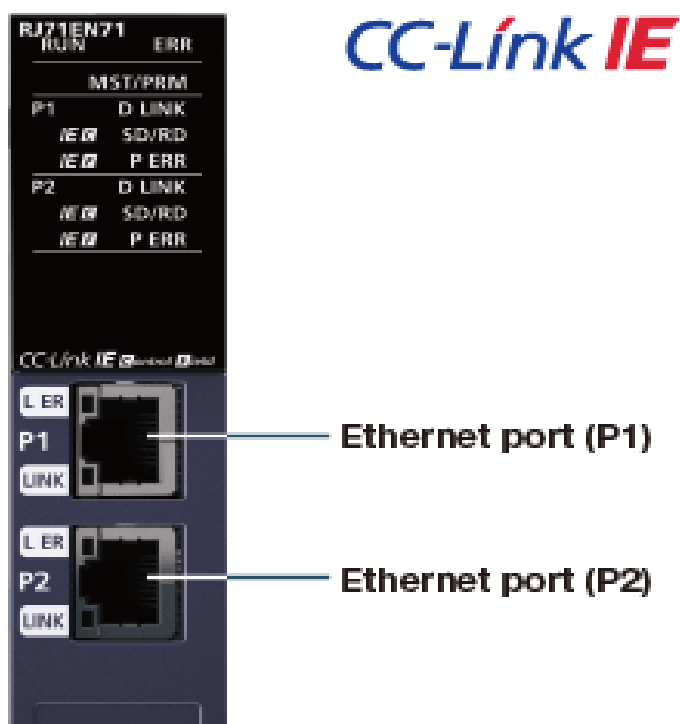


Рисунок 3.12 – Модуль *Ethernet*

Подвійні гігабітні порти *Ethernet*

Кількість під'єднаних портів на модулі *Ethernet* подвоїлася, а кількість з'єднань на канал збільшилася. Збільшуючи кількість портів, модуль можна ефективно використовувати як шлюз, одночасно підключаючи загальну мережу *Ethernet* до одного порту та використовуючи другий порт для мережі *CC-Link IE Field* або *Control*. Крім того, кількість підключень на канал було збільшено з 64 до 128, подвоївши пропускну здатність для ще більшої кількості пристроїв, які можна підключати.

Специфікації модуля інтерфейсу *Ethernet*

Пункт	Значення
Макс. розмір кадру (байт)	1518/9022 (коли використовуються великі рамки)
Версія <i>IP</i>	Сумісний з <i>IPv4</i>
Пам'ять для зберігання/приймання даних	
Кількість одночасно відкритих з'єднань	128
Фіксований буфер	5 тис. слів x 16 (можна використовувати лише <i>P1</i>)
Розеткові комунікації	5K слів x 48 (коли використовується тільки <i>P1</i>), 5K слів x 112 (коли використовується тільки <i>P1/P2</i>)
Буфер довільного доступу	6 тисяч слів x 1
Проста функція зв'язку з процесором	1K слова x 512 (коли використовується тільки <i>P1</i>), 1K слова x 1024 (коли використовується тільки <i>P1/P2</i>)
Функція зв'язку <i>MODBUS</i> ® / <i>TCP</i>	Підпорядкована функція
Специфікації польового/контрольного кабелю <i>CC-Link IE</i>	
Кабель зв'язку	Кабель <i>Ethernet</i> (категорія 5e або вище, подвійний екранований/ <i>STP</i>)
Функція	

3.8.7 Нові функції та особливості ЦП контролера серії *MELSEC iQ-R*

Перелік основних особливостей контролера серії *MELSEC iQ-R*:

- Висока масштабованість з ємністю програми від 10K до 1200K кроків
- Покращена архітектура багатопроцесорного контролера
- Вбудовані гігабітні мережеві порти ЦП
- Внутрішня БД для простого керування рецептами партії
- Безпека, вбудована в апаратну касету *SRAM*

- Можливий різний контроль руху (положення, швидкість, крутний момент, розширена синхронізація тощо)
- Міжнародний стандарт безпеки ЦП (*ISO 13849-1 PL e, IEC 61508 SIL 3*)
- Високошвидкісний *PID*-контроль, заміна модуля в режимі онлайн (гаряча заміна), підтримує високонадійний резервований системний процесор.
- Програмування на *C/C++* ідеально підходить для систем на базі ПК/мікроконтролера

Покращена продуктивність

Покращена продуктивність контролера, що призвело до збільшення потужності обробки та здатності обробляти більші обсяги даних. Архітектура з кількома процесорами була додатково вдосконалена, що дозволило пришвидшити обмін даними через об'єднувальну плату. Швидкість обробки основних інструкцій також була в десять разів покращена, що допомагає скоротити час виробничого циклу. Можуть бути реалізовані високошвидкісні та великі системи управління процесами, які підтримують до 500 петель.

Тонко збалансований контроль

Балансування різноманітних потреб у керуванні може бути здійснено ефективно за допомогою багатопроцесорної функції серії *MELSEC iQ-R*. До 192 сервоосями можна керувати шляхом включення трьох окремих процесорів руху на базовому блоці, із запасним слотом ЦП, необхідним для керування загальними аспектами системи.

3.8.8 Можливості цифрових модулів вводу/виводу контролера серії *MELSEC iQ-R*

Цифрові модулі вводу/виводу є органами чуття системи автоматизації та забезпечують інтерфейс різних процесів до контролера. До системи керування можна легко підключити такі пристрої, як перемикачі, індикаторні лампи та датчики. Висока щільність клемних з'єднань (до 64 точок) забезпечує економію простору в шафі керування, що ще більше знижує витрати на установку. Крім того, функції вхідних переривань і діагностика стану вихідного реле є

додатковими функціями, вбудованими в цей інтелектуальний, але маленький компактний модуль.

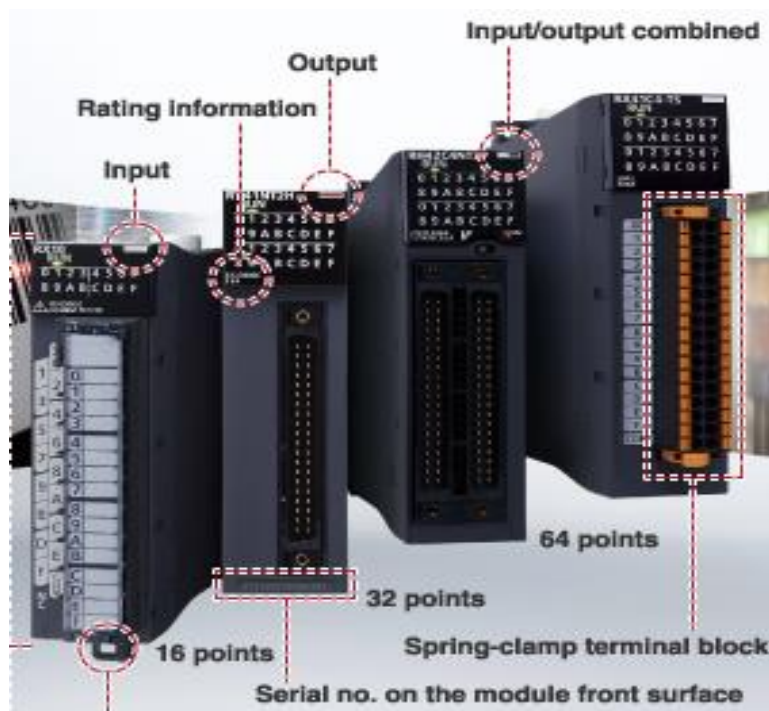


Рисунок 3.12 – Модулі вводу/виводу

Особливості та покращення модулів вводу/виводу контролера серії **MELSEC iQ-R**

- Номінальні параметри входу/виходу надруковані спереду, що зменшує неправильне підключення
- Простий у використанні гачок кабельної стяжки для охайної проводки
- Існуючі 16-точкові клемні колодки можна використовувати багаторазово, що виключає повторне підключення
- Клемна колодка з пружинним затиском зменшує витрати на проводку та технічне обслуговування
- Просте підтвердження серійним номером продукту. надрукований на лицьовій стороні
- Поперемінний перемикач використовується для відображення між 32-точковими світлодіодними сигналами
- Сигнали терміналів чітко позначені та кольорові

- Чітко видно до 32 світлодіодних сигналів

Чітко і легко читається

Білі та червоні етикетки чітко відрізняють вхідні та вихідні модулі один від одного, що ще більше покращує усвідомлення безпеки. Світлодіодні сигнальні дисплеї також позначені чітко видимими та легко читаними номерами сигналів входу/виводу, надрукованими на обкладинці. Клеми підключення 16-точкових модулів позначені назвами сигналів, що ще більше зменшує можливість помилок підключення. Одночасно можна відображати до 32 світлодіодних сигналів, а тумблер дає змогу перемикає перший і другий сигнали для 64-точкових модулів високої щільності. Вхідні та вихідні оцінки також чітко надруковані на лицьовій стороні, а серійний номер унизу, що дозволяє легко підтвердити модель та версію продукту.

Просте підключення та введення-виведення високої щільності

Модулі введення-виводу доступні в широкому діапазоні щільності (16-, 32- та 64-точкові) залежно від вимог введення-виводу та мінімального використання місця в шафі керування. Модулі з гвинтовою клемною колодкою, 40-контактним роз'ємом або клемною колодкою з пружинним затиском доступні для високощільної проводки вводу/виводу. Клемна колодка з пружинним затиском не потребує жодних гвинтів, що усуває необхідність затягування гвинтів або використання спеціального інструменту, що зменшує кількість проводів та обслуговування.

3.8.9 Можливості цифрових модулю вимірювання енергії контролера серії *MELSEC iQ-R*

Модуль вимірювання енергії може обробляти виміряні дані з циклом оновлення 10 мс і ідеально підходить для енергозбереження, моніторингу об'єктів та контролю якості на виробничому майданчику. Підвищення продуктивності як обладнання, так і виробничої лінії можна досягти за рахунок синхронізації моніторингу спожитої енергії та управління питомим споживанням енергії з програмою контролю.

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТППНТПНОНМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

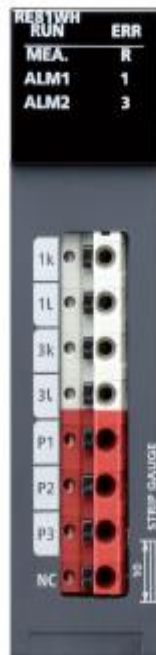


Рисунок 3.13 – Модуль вимірювання енергії

Швидший цикл оновлення вимірювання даних (10 мс)

Використовуючи лише один модуль, для окремого виробничого обладнання можна виміряти інформацію, таку як електрична енергія (споживання), струм, напруга, електрична потужність, коефіцієнт потужності, частота, гармонічний струм та гармонічна напруга. Завдяки постійному контролю струму двигунів та інших пристроїв можна уникнути зупинок лінії та простоїв; тим самим скорочуючи проблеми з часом доставки через зупинки виробництва, а також працю та витрати на технічне обслуговування. Крім того, виявивши ненормальну напругу або струм у виробничому обладнанні та вилучивши вироби, виготовлені під час аномалій, можна запобігти доставці дефектної продукції.

Модульна конструкція, що реалізує компактні розміри з мінімальною кількістю проводів

Модуль вимірювання енергії вимагає мінімального простору та проводки, його можна встановити безпосередньо у вільний слот базового блоку *MELSEC iQ-R*, що дозволяє додавати функції вимірювання без зміни компонування на панелі керування. Розділені датчики струму також можна легко приєднати до

попередньо встановлених кабелів живлення. Інженерія покращена, оскільки немає необхідності створювати окрему комунікаційну програму для взаємодії з програмованим контролером.

Таблиця 3.4

Технічні характеристики модуля вимірювання енергії

Пункт	Значення
Кількість вимірюваних ланцюгів	1
Ланцюг напруги	Однофазний 2-провідний, однофазний 3-провідний, трифазний 3-провідний
Однофазний 2-провідний, трифазний 3-провідний	110, 220 В змінного струму загальний
Однофазний 3-х провідний	110 (1-2 лінії, 2-3 лінії), 220 В змінного струму (1-3 лінії)
Специфікації вимірювань	
Цикл оновлення даних (мс)	10...10000 (можна встановлювати з кроком 10 мс)
Предмети вимірювання	Струм, потреба в струмі, напруга, електроенергія, потреба в електроенергії, реактивна потужність, повна потужність, гармонічний струм, гармонічна напруга, частота, коефіцієнт потужності, електрична енергія, реактивна енергія

3.8.10 Висновок стосовно контролера серії MELSEC IQ-R

Контролер *MELSEC IQ-R* компанії *Mitsubishi Electric* має досить цікаві привілеї які стосуються його модулів: Модуль вимірювання енергії – дозволить автоматчикам РЗФ вимірювати дуже детальну інформацію, стосовну стану, яка час від часу все-ж таки є необхідною для скорочення часу усунення аварій. Також контролер має підтримку *OPC UA*, що є важливим для масштабування та об'єднання існуючих систем. Контролер має

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТПНТПНОНМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

універсальним протоколом *CC-Link*, який є непоганим протоколом з точки зору швидкості та надійності, але це протокол властивий лише контролерам *Mitsubishi Electric* тому не підтримує обмін між ПЛК інших компаній – на даний момент. Досить цікавими є модулі записуючого пристрою та камери, такі модулі унікальні, тим що вони об'єднують у собі одразу 2 функції, функція збору та аналізу – завдяки даним які вони збирають та аналізу, причина помилки швидко визначається, оскільки індивідуальні налаштування для запису певних пристроїв і міток не потрібні. Крім того, камера запису може записувати зображення з мережевих камер у режимі реального часу – що дає можливість впровадження систем із штучним інтелектом.

3.9 Контролер *SIMATIC S7-1500*

3.9.1 Переваги та можливості контролера *SIMATIC S7-1500*

Вражаючі функціональні можливості

Контролери *SIMATIC S7-1500* вражають своєю потужністю, яка забезпечує максимальну продуктивність для обладнання середнього та вищого класу з жорсткими вимогами до продуктивності, зв'язку, гнучкості та технологічних функцій. Використовуючи *SIMATIC S7-1500* зі швидкою внутрішньою шиною, чудовими характеристиками *PROFINET*, мінімальним часом відгуку та часом обробки команд до 1 нс, ви отримаєте найвищу продуктивність та найвищу якість продукції в рамках технології вашого виробництва.



Рисунок 3.14 – Інтерфейс *PROFINET*

Інтерфейс *PROFINET* з детермінованими часовими характеристиками забезпечує відтворюваність та точність у мікросекундному часовому інтервалі. Головна перевага *PROFINET* перед *CC link* – повна відкритість протоколу. Відкритість стандарту *PROFINET* дозволяє використовувати його як основу єдиної мережі автоматизації промислового обладнання підприємства, в якій можна підключати стандартні пристрої *Ethernet*. Немає значення, які компоненти є складовими вашого рішення з автоматизації – за допомогою *PROFINET* можна створювати конфігурації без прив'язки до типу контролера та інших вузлів.

Швидке виявлення та усунення несправностей

Єдина концепція відображення діагностичної інформації, реалізована в *SIMATIC S7-1500*, дозволяє відображати повідомлення про помилки в *TIA Portal* у системах інтерфейсу людина – машина, на веб-сервері та на дисплеї центрального процесора одноманітно, у вигляді простого тексту. Конфігураційні та діагностичні канали звітів інтегровані в систему у зручній для користувача формі. Функція трасування підтримується на усіх процесорах.

Це дозволяє виконувати точну діагностику програм користувача і програм управління переміщенням, а також оптимізувати роботу приводів. У разі виникнення несправності відповідний канал може бути швидко ідентифікований і точно визначений. Це скорочує час простою та збільшує технічну готовність обладнання. Відмінно від *MELSEC IQ-R*, *S7-1500* має вбудований дисплей, який одразу відображає помилку з її описом. *S7-1500* не потребує додаткового підключення ноутбуку або планшету для з'ясування причини помилки, що підвищує ефективність реагування у разі аварій.

Надійний захист

Концепція забезпечення безпеки даних контролерів *SIMATIC S7-1500* допомагає запобігти копіюванню обладнання та забезпечити високий рівень його доступності.

Для запобігання копіювання програм окремі програмні блоки можуть бути прив'язані до номера картки пам'яті *SIMATIC Memory Card*. Контролер здатний

виявляти змінені технічні дані або випадки передачі від несанкціонованого джерела. Захист доступу запобігає несанкціонованим змінам установо



Рисунок 3.15 – Інформаційна безпека

Концепція забезпечення безпеки *SIMATIC S7-1500* є надійним захистом копіювання програми, але в неї є суттєво великий недолік. Для запобігання копіювання програм окремі програмні блоки можуть бути прив'язані до номера картки пам'яті *SIMATIC Memory Card*. Запуск такої програми можливий лише з цієї картки пам'яті. У разі виходу з ладу картки пам'яті буде необхідно втручання програміста для налаштування нової картки або зняття блокування, що зазнає втрати часу. *MELSEC IQ-R* має можливість встановлення апаратного ключа безпеки у ЦП, без якого модуль ЦП не запуститься. Дані у цьому ключі зберігаються у зашифрованому вигляді та не можуть бути скопійовані сторонніми. Більше того, можна задати довірені IP-адреси, що спричинить відмова у доступі з несанкціонованих пристроїв та знизить ризик злому або зміни програми ПЛК несанкціонованим персоналом. Функція апаратного ключа безпеки *MELSEC IQ-R* більш ефективна, вона дозволяє швидко замінити картку

пам'яті без втручання програмісту в разі блокування ЦП, здійснюючи заміну карти пам'яті в короткий час.

Оптимально підготовлений до всіх технологічних завдань

Контролери *SIMATIC S7-1500* чудово підготовлені до виконання технологічних завдань. Функції управління переміщенням, збирання та виведення сигналів, ПІД-регулювання підтримуються всіма типами центральних процесорів і можуть широко використовуватися в контролерах з технологічними центральними процесорами. Контролери також оснащені компактними ПІД-регуляторами для безперервних або дискретних процесів та забезпечують простий введення в експлуатацію та оптимальну якість регулювання. *SIMATIC S7-1500* мають вже вбудовані в центральний процесор функції управління переміщенням та ПІД-регулювання, на відміну від *MELSEC IQ-R*, які вимагають установки додаткових модулів для виконання даних функцій.

3.9.2 Можливості технологічних модулів *SIMATIC S7-1500*

Технологічні модулі *S7-1500* дозволяють адаптувати контролер до вирішення завдань управління переміщенням, а також задач автоматизації процесів зважування матеріалів. З їх допомогою виконується:

- для завдань керування переміщенням:
 - підключення до контролера імпульсних та синхронно-послідовних датчиків позиціонування,
 - Вирішення завдань швидкісного рахунку,
 - Вирішення завдань позиціонування,
 - вирішення завдань введення та виведення сигналів із запасом по частоті дискретизації;
- для задач автоматизації процесів зважування матеріалів:
 - підключення вагових осередків різних типів,
 - підключення додаткової апаратури через вбудовані канали введення та виведення дискретних сигналів,
 - вирішення задач високоточного зважування статичних вантажів.

3.9.3 Можливості Ваговимірювальних модулів *SIMATIC S7-1500 SIWAREX WP521 і WP522*

Модулі *WP521 ST* та *WP522 ST* призначені для побудови систем зважування або вимірювання зусиль, що забезпечують високу точність вимірів. Вони знаходять застосування:

- В автоматизованих системах зважування відповідно до вимог.
- У системах контролю заповнення силосів та бункерів.
- для автоматизації вагових платформ.
- Для вимірювання ваги у небезпечних зонах



Рисунок 3.16 – Ваговимірювальних модулів *SIWAREX WP521 і WP522*

Готові функціональні блоки забезпечують можливість отримання доступу до всіх параметрів ваговимірювальної системи. Обслуговування та експлуатація системи може виконуватися через центральний процесор, прилади або системи *HMI* без додаткових витрат на програмування. Ваговимірювальних модулів із застосуванням *HMI* мають великий потенціал у розробці нових систем АСУТП на РЗФ. *MELSEC IQ-R* мають подібні модулі, через складність взаємодії з

ваговимірювальними пристроями та їх загальним можливостям, уступають модулям ПЛК *SIMATIC S7-1500*.

3.9.4 Можливості сигнальних модулів S7-1500

Сигнальні модулі дозволяють адаптувати апаратуру контролера до вимог вирішуваних завдань. Вони і призначені для введення та виведення дискретних та аналогових включають до свого складу:

- 16 та 32-канальні модулі введення дискретних сигналів *SM 521*;
- 8, 1- та 32-канальні модулі виведення дискретних сигналів *SM 522*;
- модуль *SM 523* з 16 каналами введення та 16 каналами виведення дискретних сигналів;



Рисунок 3.17 – Сигнальні модулі

Усі сигнальні модулі забезпечують підтримку функцій оновлення вбудованого програмного забезпечення. Залежно від версії програмного забезпечення, та складу підтримуваних функцій. Сигнальні модулі *S7-1500* мають удвічі менше каналів ніж модулі *MELSEC IQ-R*. Максимальна кількість каналів у модулі *S7-1500* – 32 канали, у *MELSEC IQ-R* максимальна кількість каналів на модуль складає 64 канали. Кількість каналів на модулі впливає на його компактність і зручність монтажу. Також модулі *MELSEC IQ-R* мають індикацію

каналів, що дозволяє виявляти ділянки системи, що перестали функціонувати. S7-1500 не застосовують індикацію каналів, так як дисплей ПЛК дозволяє одразу переглянути поточний стан каналів.

3.9.5 Можливості комунікаційних модулів

Програмовані контролери S7-1500 мають потужні комунікаційними здібностями. Вони здатні обслуговувати системи розподіленого введення-виводу на основі промислових мереж *PROFINET* та *PROFIBUS*, виконувати обмін даними через *WAN* та *LAN*, надавати доступ до виробничих даних через інтернет та інтранет. Підключення до різних видів мереж виконується через вбудовані інтерфейси центральних процесорів, а також через комунікаційні модулі наступних типів:

- CP 1543-1 комунікаційний процесор для підключення S7-1500 до гігабітної мережі *Ethernet* та підтримки захищеного обміну даними;
- CM 1542-1 комунікаційний модуль для підключення S7-1500 до мережі *PROFINET* у режимі контролера вводу-виводу;
- CM 1542-5 комунікаційний модуль для підключення S7-1500 до мережі *PROFIBUS* з виконанням функцій ведучого або веденого мережевого пристрою
- CM PtP RS232 комунікаційні модулі для обміну даними через послідовний інтерфейс RS 232 та RS422/485



Рисунок 3.18 - Комунікаційні модулі

Комунікаційний процесор CP 1543-1 призначений для підключення ПЛК S7-1500 до мережі *Industrial Ethernet*. Він дозволяє виконувати захищений обмін даними через мережу, використовуючи для цього механізми

повної інспекції пакетів даних *SPI (Stateful Packet Inspection)* вбудованого міжмережевого екрану (*firewall*), а також шифрування даних із використанням протоколів *FTPS* та *SNMPV3*. З його допомогою програмований контролер *S7-1500* може бути захищений від несанкціонованого доступу з мережі *Ethernet*. Забезпечується підтримка безпечного віддаленого доступу до контролера через локальну мережу та обміну даними між пристроями або сегментами мережі, захищеного від несанкціонованої модифікації даних або промислового шпигунства. Додатково комунікаційний процесор *CP 1543-1* дозволяє інтегрувати *S7-1500* в мережу *IPv6*. Один комунікаційний процесор здатний забезпечити захист доступу до даних одного контролера *S7-1500* або контролера та підключеної до нього через інші промислові мережі апаратури.

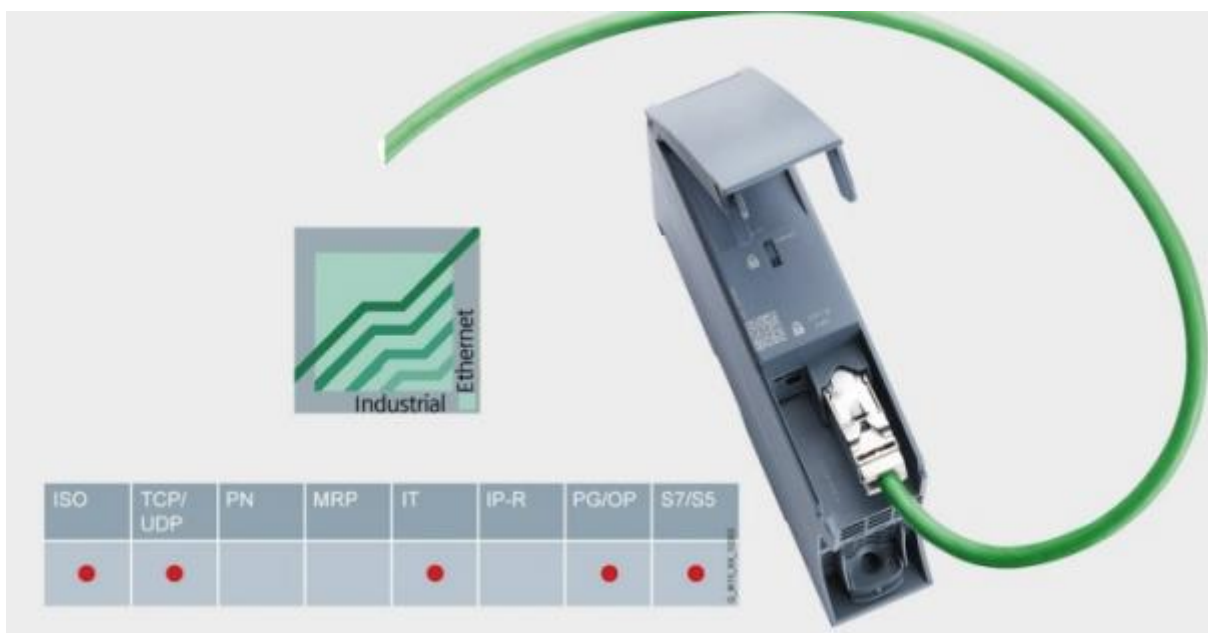


Рисунок 3.19 - Комунікаційні модулі

Комунікаційні модулі *S7-1500* мають велику перевагу перед *MELSEC IQ-R*. *CP 1543-1* дозволяє нам інтегрувати *S7-1500* в мережу *IPv6*, що є безперечно необхідною функцією для майбутнього нашої системи АСУТП, так як вже зараз є проблема з обмеженістю кількості *ip*-адрес *IPv4*. Технологія *IPv6* вирішить проблему обмеженості і нестачі *ip*-адрес промислової мережі в найближчому майбутньому. Система безпеки розроблена *SIEMENS* для промислової мережі ПЛК *S7-1500* майже гарантує повну безпеку мережі, завдяки протоколам та

механізмам які компанія додатково впровадила у модулі комунікації: *SPI*, *firewall*, шифрування даних.

3.9.6 Підсумок

Безперечно *SIMATIC S7-1500* та *MELSEC IQ-R* є лідерами ПЛК у сфері автоматизації. Протоколи у зв'язку з апаратними можливостями та сучасними технологіями, вдало виконують поставлені на ПЛК завдання. *MELSEC IQ-R* має компактні сигнальні модулі, кількість каналів яких в двічі більша ніж у

S7-1500. Функція апаратного ключа безпеки *MELSEC IQ-R* більш ефективна технологія безпеки крадіжки програми, вона дозволяє швидко замінити картку пам'яті без втручання програмісту в разі блокування ЦП, здійснюючи заміну карти пам'яті в короткий час. Корисними також є модулі вимірювання енергії, які ідеально підходять для енергозбереження, моніторингу об'єктів та контролю якості на виробничому майданчику. *MELSEC IQ-R* – це вдала серія нового покоління ПЛК *Mitsubishi Electric*, але через свою слабкість безпеки у промисловій мережі, складність налагодження взаємодії модулів між пристроями польового рівня, та не можливість інтегрувати мережу *IPv6* – все ж таки, уступає контролеру *SIEMENS SIMATIC S7-1500*.

SIMATIC S7-1500 майже гарантує повну безпеку мережі, завдяки протоколам розробленими компанією *SIEMENS*. Завдяки комунікаційним модулям з технологією *IPv6*, ми вирішимо проблему обмеженості і нестачі *ip*-адрес у промисловій мережі. *SIMATIC S7-1500* мають вже вбудовані в центральний процесор функції управління переміщенням та ПІД-регулювання, на відміну від *MELSEC IQ-R*, які вимагають установки додаткових модулів для виконання даних функцій. Відмінно від *MELSEC IQ-R*, *S7-1500* має вбудований дисплей, який одразу відображає помилку з її описом. *S7-1500* не потребує додаткового підключення ноутбуку або планшету для з'ясування причини помилки, що підвищує ефективність реагування у разі аварій. Технологічні модулі зможуть вдало виконувати поставлені на нього завдання у: керуванні механізмами системи, керуванням переміщенням, проведення швидкісного

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТППНТПНОНМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

рахунку, вирішення завдань позиціонування, контролю заповнення бункерів РЗФ, підключення вагових осередків різних типів, вирішення задач високоточного зважування статичних вантажів. S7-1500 – це саме те, що потрібно для вдосконалення системи АСУТП РЗФ.

ВИСНОВКИ

В першому розділі було розглянуто структуру АСУП, завдання а також рівні АСУТП. Особливу увагу приділено побудові АСУТП та розбору завдань, які виконує система. Розглянуті стадії РЗФ та основні процеси, які автоматизуються системою АСУТП.

Другий розділ розкриває питання дослідження можливостей збільшення вміста заліза (якості) концентрату. Методологію, методику, результати досліджень та їх аналіз.

У третьому розділі виконано створення та впровадження системи АСУТП рудозбагачувальної фабрики та побудова прогнозуючого нейрокерування технологічного процесу збагачення на основі нейроемулятору matlab neural network. Що дозволило покращити плавність протікання технологічного процесу, робити прогнозування показників продукції, на основі поточних даних технологічного процесу.

					КНУ.РМ.123.23.05.СТВСАРФТПІНТПІНОНМН			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Грінюк				ВИСНОВОК		Літера	Аркуш
Перевірив	Купін							Аркушів
Н.контроль	Кузнецов						КІ-22М	
Затвердив	Купін							

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Макеєв Андрій Сергійович: «Аналіз АСУ ТП насосної станції у рамках..процесу..управління..ризиками..ІБ».
[Електронний..ресурс] Режим..доступу: [www/ URL:
https://moluch.ru/conf/tech/archive/165/10191/](http://www.moluch.ru/conf/tech/archive/165/10191/) - 19.01.2022 р. – Рисунок
2. [Електронний..ресурс] Режим..доступу: [www/ URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Автоматизована_система_керування](http://www.uk.wikipedia.org/wiki/Автоматизована_система_керування) - 23.01.2022 р. – Визначення.
3. А. О. Бобух: «Автоматизовані системи керування технологічними процесами» — Харків: ХНАМГ, 2006 Навч. посібник.
[Електронний..ресурс] Режим..доступу: [www/ URL:
http://eprints.kname.edu.ua/9106/1/%D0%90%D0%A1%D0%9A_%D0%A2%D0%9F.pdf](http://www.eprints.kname.edu.ua/9106/1/%D0%90%D0%A1%D0%9A_%D0%A2%D0%9F.pdf) - Визначення
4. [Електронний..ресурс] Режим..доступу: [www/ URL:
http://cz.nuczu.edu.ua/images/topmenu/kafedry/kafedra-orhanizatsii-ta-tekhnichnoho-zabezpechennia-avariino-riatuvalnykh-robot/1738/ASU_TP_HV_Kurs_lekc..pdf](http://www.cz.nuczu.edu.ua/images/topmenu/kafedry/kafedra-orhanizatsii-ta-tekhnichnoho-zabezpechennia-avariino-riatuvalnykh-robot/1738/ASU_TP_HV_Kurs_lekc..pdf) - Рисунок
5. [Електронний..ресурс] Режим..доступу: [www/ URL:..
http://www.esspb.ru/Documents/Q_beginners.pdf](http://www.esspb.ru/Documents/Q_beginners.pdf) - інструкція до контролера Mitsubishi system Q
6. [Електронний..ресурс] Режим..доступу: [www/ URL:..
https://www.consys.ru/oborudovanie/programmiruemyie-kontrolleryi/l-seriya/](https://www.consys.ru/oborudovanie/programmiruemyie-kontrolleryi/l-seriya/) - рисунок та конфігурація модельного ряду контролера
7. [Електронний..ресурс] Режим..доступу: [www/ URL:..
https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/prosto-o-standartakh-opc-da-i-opc-ua/](https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/prosto-o-standartakh-opc-da-i-opc-ua/) - визначення OPC UA.
8. [Електронний..ресурс] Режим..доступу: [www/ URL:..
https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:1ea2e6fb0cdb44225cf15f9822c093f62c72162f/s7-1500-2017-rus.pdf?ste_sid=f7d1bf1bc38af047c37c6628eaf7fff1](https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:1ea2e6fb0cdb44225cf15f9822c093f62c72162f/s7-1500-2017-rus.pdf?ste_sid=f7d1bf1bc38af047c37c6628eaf7fff1) - інструкція до контролера SIMATIC S7-1500
9. [Електронний..ресурс] Режим..доступу: [www/ URL:..
https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html](https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html) - загальні відомості до контролера SIMATIC S7-1500
10. А.І. Купін, А.О. Сенько, Б.С. Мисько: «Ідентифікація та автоматизоване керування в умовах процесів збагачувальної технології на основі методів обчислювального інтелекту».

					КНУ.РМ.123.23.05.СВД			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			
Розробив	Грінюк							
Перевірив	Петров							
Н.контроль	Кузнецов							
Затвердив	Купін				КІ-22М			

11. Папушин Ю.Л., Смирнов В.О., Білецький В.С.: «ДОСЛІДЖЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН НА ЗБАГАЧУВАНІСТЬ».
12. А.І. Купін, В.М. Назаренко, Н.В.Смирнова, С.А. Хочменко: «Комплексна система управління підприємством»
13. А.І. Купін «Алгоритм узгодженого керування стадіями збагачення магнетитових кварцитів»
14. А.І. Купін «Інтелектуальне керування процесом магнітної сепарації»