

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

ННІ/факультет Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра Електричної інженерії та автоматизації
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерні технології та робототехніка»
Форма навчання Заочна

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

Скрипника Георгія Васильовича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему: Автоматизація металургійного виробництва. Розробка системи контролю працездатності мікропроцесорних модулів у складі засобів захисту механізмів мостових кранів під час приймально-здавальних випробувань.

(повна назва теми)

за матеріалами з ПАТ
«ПівдГЗК»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник доцент, д.філ. Соломенко А.Г.
(наук. ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 15.01. 2026 р. № 6

Завідувач кафедри

(підпис)

доцент, к.п.н.

Наук. ступінь, вчене звання

Є.О. Модло

Ініціали, прізвище

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Електричної інженерії та автоматизації

Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерні технології та робототехніка»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

«_____» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Скрипнику Георгію

_____ Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема випускної кваліфікаційної роботи Автоматизація металургійного виробництва. Розробка системи контролю працездатності мікропроцесорних модулів у складі засобів захисту механізмів мостових кранів під час приймально-здавальних випробувань.

керівник випускної роботи Соломенко Анастасія Геннадіївна, доцент, д.філ.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «20» жовтня 2025 року
№ 727-ст

2. Строк подання студентом випускної кваліфікаційної роботи
12.01.2026

3. Вихідні дані до випускної кваліфікаційної роботи: Об'єкт автоматизації: мікропроцесорні модулі засобів захисту механізмів мостових кранів (ПЗМ-ГК та ПЗМ-ПК) на складі коксу ПАТ «ПівдГЗК». Технічні параметри: Напруга живлення - 380 В, 50 Гц; Кількість вхідних сигналів – 66 (33 аналогових, 33 дискретних); Кількість вихідних сигналів - 13 (11 дискретних, 2 RS-485); Точність обліку електроенергії – $\leq 5\%$; Температурний діапазон експлуатації - від -25 до $+75$ °С. Вимоги: Автоматизоване тестування всіх функцій захисту (перевантаження, втрата фази, заклинювання, руйнування передачі, реверс у режимі противключення, зіткнення); Локалізація несправності до рівня функціонального вузла (БГР, ВК, логічний контролер); Можливість імітації аварійних режимів та нормальної роботи; Відповідність до методики випробувань та вимог безпеки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити Аналітична частина: Аналіз технічних даних ПЗМ-ГК та ПЗМ-ПК. Опис алгоритмів роботи пристроїв захисту. Характеристика елементної бази

(БГР, ВК, логічний контролер, пульт, GSM-модем). Перелік та параметри вхідних-вихідних сигналів. Основна частина: Аналіз сучасних методів приймально-здавальних випробувань. Розробка структури системи контролю працездатності. Конструкція шафи-імітатора та принципи імітації сигналів. Розрахунок частоти знімання сигналів. Вибір технічних засобів (контролер, модулі). Алгоритми контролю працездатності (на прикладі далекоміра). Економічне обґрунтування (річний ефект, термін окупності). Питання з охорони праці, пожежної безпеки та екології.

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

ВРМ.174.727-ст.01.E1.1 – Структурні схеми ПЗМ-ГК та ПЗМ-ПК;
ВРМ.174.727-ст.01.E0.1 – Часові діаграми режимів роботи привода та реверсу;
ВРМ.174.727-ст.01.E0.2 – Загальна характеристика вхідних-вихідних сигналів шафи;
ВРМ.174.727-ст.01.E5 – Схема зовнішнього підключення шафи моста;
ВРМ.174.727-ст.01.E1.2 – Спрощена структурна схема системи контролю працездатності та блок-схема імітації фазних струмів;
ВРМ.174.727-ст.01.E1.2 – Блок-схема алгоритму контролю працездатності далекоміра;
ВРМ.174.727-ст.01.ТЕП – Техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів випускної кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Соломенко А.Г.	20.10.2025	20.10.2025
Основна частина	Соломенко А.Г.	20.10.2025	20.10.2025

7. Дата видачі завдання 20.10.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної роботи	Строк виконання етапів випускної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	28.11.2025	
2.	Основна частина	25.12.2025	
3.	Оформлення пояснювальної записки	29.12.2025	
4.	Виконання графічної частини	05.01.2026	
5.	Подання роботи до кафедри	12.01.2026	
6.	Захист роботи в ЕК	21.01.2026	

Студент _____

(підпис)

Скрипник Г.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник випускної кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Соломенко А.Г.

(прізвище та ініціали)

№ ряд ка	Фор мат	Позначення			Назва	Кіл. листів	№ екз.	Прим.
1	A3	BPM.174.727-см.01.E1.1			Структурні схеми ПЗМ-	1		
2					ГК та ПЗМ-ПК			
3	A3	BPM.174.727-см.01.E0.1			Часові діаграми режимів	1		
4					роботи привода та			
5					реверсу			
6	A3	BPM.174.727-см.01.E0.2			Загальна характеристика	1		
7					вхідних-вихідних			
8					сигналів шафи			
9	A3	BPM.174.727-см.01.E5			Схема зовнішнього	1		
10					підключення шафи			
11					моста			
12	A3	BPM.174.727-см.01.E1.2			Спрощена структурна	1		
13					схема системи			
14					контролю працездатності			
15					та блок-схема			
16					імітації фазних			
17					струмів			
18	A3	BPM.174.727-см.01.E1.3			Блок-схема алгоритму	1		
19					контролю			
20					працездатності			
21					далекоміра			
22	A3	BPM.174.727-см.01.ТЕП			Техніко-економічні	1		
23					показники			
24	A4	BPM.174.727-см.01.ПЗ			Пояснювальна записка	80		
					BPM.141.727-см.01.ВР			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Скрипник Г. В.			Автоматизація металургійного виробництва. Розробка системи контролю працездатності мікропроцесорних модулів у складі засобів захисту механізмів мостових кранів під час приймально-здавальних випробувань. Відомість роботи	Літера	Аркуш	Аркушів
Пров.		Соломенко А.Г.					4	1
						ННТІ ДУЕТ Каф.ЕІА гр. ЗАВ-24м		
Н.контр.		Соломенко А.Г.						
Затв.		Модло Є.О.						

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної роботи магістра: 80 с., 16 рис., 17 табл., 33 джерела.

Об'єкт роботи - пристрій захисту й обліку роботи механізмів кранів розробки ТОВ «Криворіжелектромонтаж».

Ціль роботи - розробка ефективного пристрою контролю працездатності виробів, що забезпечує підвищення ступеня їхньої готовності та достовірності результатів приймально-здавальних випробувань.

Методи досліджень - аналіз існуючих способів і засобів діагностування виробів на мікропроцесорній елементній базі при виконанні приймально-здавальних випробувань.

У роботі проведено аналіз пристроїв захисту й обліку роботи механізмів пратцен-крана й грейферного крана. Встановлено, що їхній принцип дії, елементна база й внутрішня структура є аналогічною.

Представлено структурні схеми пристроїв, деталізовано перелік вхідних-вихідних сигналів та їхні основні характеристики. Визначено багатоплановість функцій пристрою, а саме: алгоритми його роботи забезпечують виявлення 15 видів порушень режимів роботи приводів, а також точний облік часу роботи крана та витрати електроенергії.

Виконано критичний аналіз існуючих засобів контролю працездатності пристроїв при приймально-здавальних випробуваннях. На основі аналізу існуючих проблем запропоновано та обґрунтовано нову структуру системи контролю.

Реалізація цієї системи дозволяє скоротити час на проведення приймально-здавальних випробувань і суттєво підвищити їхню достовірність, забезпечуючи високий ступінь готовності кінцевого виробу до експлуатації.

Ключові слова: алгоритм, вимір струмів і напруг, мікропроцесор, придатний-непридатний, прийомо-здавальні випробування, реакція виробу на тестову послідовність, тестова послідовність.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Аналіз технічних даних засобів, що підлягають приймально-здавальним випробуванням.....	10
1.2 Алгоритми роботи ПЗМ-ГК і ПЗМ - ПК	20
1.3 Елементна база	27
1.4 Перелік вхідних - вихідних сигналів випробовуваних пристроїв	29
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	34
2.1 Аналіз сучасних методів і засобів прийому - здавальних випробувань мікропроцесорних виробів	34
2.2 Розробка структури системи контролю працездатності	39
2.3 Розробка шафи тестування.....	44
2.4 Розрахунок частоти знімання сигналів	48
2.4.1 Частота при контролі руху двох кранів на зустріч один одному.....	48
2.4.2 Частота знімання сигналів струму	48
2.5 Вибір основних технічних засобів системи	51
2.6 Алгоритм і блок - схема визначення працездатності вузлів крана захисту від зіткнень.....	56
2.7 Економічне обґрунтування впровадженої розробки	59
2.7.1 Розрахунок капіталовкладень і додаткових експлуатаційних.....	63
2.7.2 Розрахунок додаткових експлуатаційних витрат (щорічні)	64
2.7.3 Розрахунок річного економічного ефекту (щорічний приріст прибутку).....	65
2.7.4 Узагальнення впливу на собівартість продукції.....	65

2.7.5 Розрахунок терміну окупності капітальних вкладень.....	66
2.7.6 Узагальнюючі техніко-економічні показники	66
2.8 Охорона праці, пожежна безпека та екологія в умовах складу коксу...	68
2.8.1 Аналіз та оцінка небезпечних та шкідливих виробничих факторів ...	68
2.8.2 Комплекс профілактичних та захисних заходів	71
2.8.3 Організаційні заходи та засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).....	73
2.8.4 Пожежна безпека та екологічний захист	75
ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	80

ВСТУП

Одним з основних етапів виготовлення будь-яких мікроелектронних виробів в умовах виробника є етап приймально - здавальних випробувань. При приймально - здавальних випробуваннях виконується перевірка працездатності виробів з використанням спеціально розробленого іспитового встаткування. Залежно від складності, а саме, кількості вхідних - вихідних сигналів, форми їхнього подання (аналогова, цифрова, двохпозиційна) і складності алгоритму роботи виробу іспитове встаткування може бути побудоване на принципах твердої або програмувальної логіки. В останньому випадку алгоритм роботи іспитового встаткування може бути набагато складніше алгоритму роботи виробу, тому що, як правило, за результатами випробувань вказується місце несправності.

Суть алгоритму роботи іспитового встаткування полягає у виконанні наступних дій:

а) згідно алгоритму роботи на вхід випробуваного виробу посилає тестова послідовність вхідних сигналів. Кількість посилок і їхній зміст визначається спеціально розробленою програмою й методикою випробувань (ПМВ);

б) реакція виробу (його вихідні сигнали) надходить на входи іспитового встаткування, у якому приймається рішення про правильність реакції;

в) подача послідовності посилок п.а), як правило, припиняється при виявленні у виробі несправності;

г) далі дії іспитового встаткування - це видача інформації п.б) особі, що виконує випробування;

д) інформація п.б) може видаватися на сигналізацію, якщо іспитове встаткування працює на принципах твердої логіки або на дисплей комп'ютера, якщо іспитове встаткування виконано на програмувальній логіці;

е) при виявленні у виробі несправності його випробування припиняються, виконується усунення несправності й виконуються повторні випробування;

ж) результати випробувань оформляються протоколом. Якщо іспитове встаткування виконано на програмувальній логіці, то підготовка протоколу до печатки автоматична.

Відзначимо, що до розробки ПМВ й іспитових засобів відповідно до рекомендацій фахівців варто приступати вже на етапі підготовки технічного завдання й закінчувати при початку серійного виробництва виробу.

Випускна робота присвячена розробці ПМВ й іспитового встаткування для проведення прийомо - здавальних випробувань мікропроцесорних виробів захисту електроприводів мостових кранів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз технічних даних засобів, що підлягають приймально-здавальним випробуванням

Нижче наведені технічні дані мікропроцесорних пристроїв захисту приводів мостових грейферних кранів (ПЗМ -ГК) і пратцен - кранів (ПЗМ -ПК).

Технічні дані ПЗМ-ГК

Шафа керування й пульт

Видача звукової сигналізації машиністові й відключення привода при струмовому і тепловому перевантаженні із вказівкою причин, наприклад:

- втрата або асиметрія фаз;
- перевищення температури корпусів двигунів;
- заклинювання механізму;
- перевантаження.

Відключення виконується перед початком або після завершення технологічної операції шляхом розмикання контактів у колах котушок силових контакторів.

Визначення спроби виконання реверса в режимі противключення й дозвіл роботи після зниження швидкості двигуна до припустимої величини.

Визначення факту руйнування механічної передачі.

Визначення асиметрії струмів двигуна.

Визначення різниці навантажень двигунів моста в перехідних і сталих режимах руху.

Визначення факту навмисного виводу з роботи пристрою захисту, наприклад, дозвіл роботи в режимі противключення з виключеними роторними резисторами шляхом установки перемичок у схемах керування.

Визначення фактичного часу роботи крана й витрати електроенергії з погрішністю не більше 5%.

Запам'ятовування факту перелічених подій із прив'язкою до реального часу за проміжок не менш 30 днів.

Видачу поточної інформації про виконання перелічених подій по на пульт машиніста крана.

Видачу по запиті інформації про виконання подій на дисплей робочої станції. Зв'язок робочої станції із кранами бездротова. Кількість кранів, що обслуговуються, робочою станцією - не більше 30. Швидкість обміну даними 9 600 біт/сек.

Основна елементна база - один логічний мікропроцесорний контролер і шість вимірювальних.

Інформація про струм надходить із обмоток струмових реле. Інформація про факт подачі машиністом команд керування й факті включення контакторів надходить від блок – контактів.

В алгоритм роботи для ухвалення рішення закладені часо-струмові й теплові характеристики. Визначення температури корпусу двигуна виконується, за узгодженням із замовником, установкою датчиків температури.

Автоматичне визначення стану ліній зв'язку (обрив, коротке замикання) з видачею даних на пульт і дисплей робочої станції.

Конструктивно засоби представляють наступні вироби:

- шафа пульта, установлювана в кабіні машиніста;
- шафа керування;
- робоча станція;

Основна елементна база - контролер І- 8000 «АСР-DAS» і PIC контролер.

Напруга живлення – 380В, 50Гц. Потужність - не більше 75 Вт. Напруга живлення робочої станції – 220В, 50 Гц. Потужність - не більше 400 Вт.

Пристрій зберігає працездатність при короткочасних перервах у живленні тривалістю до 3 сек.

Габарити, мм не більше:

- шафа керування - 1900 x 1100 x 500;
- шафа пульта - 350 x 250 x 150

Ступінь захисту - IP51.

У частині впливу механічних факторів: прискорення навантажень не більше 2g у діапазоні частот до 100 Гц.

У технічних засобах повинно передбачатися максимально можливе застосування негорючих і не підтримуюче горіння матеріалів.

Температура навколишнього повітря для апаратури, установлюваної на крані - від мінус 25 до плюс 75 градусів.

Всі лінії зв'язку між шафою й пультом ПЗМ-ГК, шафи із крановим устаткуванням і датчиками повинні бути виконані екранованим кабелем із крученими парами перетином не менш 0,5 кв.мм.

Термін служби - не менш 8 років.

Обслуговування:

- щодня на дисплеї робочої станції перевіряти результати контролю стану ліній зв'язку;

- відновлювати лінії зв'язку у випадку їхнього механічного ушкодження;

- періодично видаляти пил із зовнішніх і внутрішніх поверхонь технічних засобів ПЗМ-ГК і виконувати підтяжку болтових з'єднань;

- замінити акумулятор у годинниках реального часу логічного контролера по нормалях на акумулятор.

Блок динамічного гальмування

Для регулювання величини струму гальмування використані тиристори на номінальний струм (I_n) самого потужного двигуна крана.

Регулювання кута керування в межах 30 - 150 ел. градусів.

Регулювання тривалості протікання струму гальмування в межах 0,5-3сек.

Амплітуда струму гальмування - не більше 1,3 діючі значення I_n .

Сигнал на гальмування видавати тільки при зникненні струму в обмотці двигуна.

Для двигунів моста після видачі сигналу на гальмування виконувати контроль наявності струму в обох двигунах. При відсутності струму в одному з них за проміжок часу в 0,1 сек стосовно моменту подачі сигналу на гальмування закривати тиристори обох двигунів і фіксувати факт аварії з видачею світлової сигналізації.

При виникненні струму $K.3.$ рівнем $\geq 2I_n$ у момент гальмування двигуна зняти сигнал керування тиристорами. Через 0,1 сек. при наявності сигналу «В» або «Н» дозволити гальмування. Якщо $K.3.$ не самоусунулося, зняти сигнал керування тиристорами, видати сигнал на світлодіод і запам'ятати факт $K.3.$ в енергонезалежну пам'ять. Скидання аварії перезавпуском контролера.

Завдання параметрів для конкретного привода з Ноутбука по протоколі MODBUS RTU

Склад устаткування блоку:

- випрямляч із чотирма регулюючими тиристорами - 2 шт.
- контролер - 1 шт.
- блок живлення 380/220В - 24 В постійного струму на 50 Вт - 1 шт.
- блок керування тиристорами - 2 шт.
- шунт - 2 шт.
- блок гальванічної розв'язки й нормалізації сигналів - 1 шт.
- двохполюсний автоматичний вимикач - 3 шт.
- електромеханічне реле із двома контактами - 2шт.

Світлодіодна індикація факту:

- роботи контролера («блимавка» із частотою 1 Гц);
- наявності напруги для реалізації динамічного гальмування;
- наявності напруги живлення на вході блоку;
- аварії .

Вхідні сигнали:

- команди напрямку руху, кількість - 4.
- «сухі» контакти блок- контактів (включений - виключений) контакторів напрямку руху, кількість - 4.

Вихідні сигнали:

- сухі контакти реле (струм 10А, напруга 220В, 50Гц) - 4.
- послідовний канал зв'язку RS- 485

Споживана потужність без обліку струму гальмування - не більше 50 Вт.

Кліматика - від мінус 25 до плюс 75 градусів.

Орієнтовні габарити, мм 1100 x 1100 x 500 (В x Ш x Г).

Підключення ліній зв'язку - підпружинні блоки затискачів під гвинт.

Технічні дані ПЗМ-ПК

Видача звукової сигналізації машиністові й відключення привода при струмовому і тепловому перевантаженні із вказівкою причин, наприклад:

- втрата або асиметрія фаз;
- перевищення температури корпусів двигунів;
- заклинювання механізму;
- перевантаження.

Відключення виконується перед початком або після завершення технологічної операції шляхом розмикання контактів у колах котушок силових контакторів.

Видача звукового сигналу за умови наближення крана до перешкоди ближче, ніж на 10 метрів (функція доступна при наявності далекомірів).

Визначення спроби виконання реверса в режимі противключення й дозвіл роботи після зниження швидкості двигуна до припустимої величини.

Визначення факту руйнування механічної передачі.

Визначення асиметрії струмів двигуна.

Визначення різниці навантажень двигунів моста в перехідних і сталих режимах руху.

Захист крана від зіткнень (функція доступна при наявності далекомірів).

Визначення факту навмисного виводу з роботи пристрою захисту, наприклад, дозвіл роботи в режимі противключення з виключеними роторними резисторами шляхом установки перемичок у схемах керування.

Визначення фактичного часу роботи крана й витрати електроенергії з погрішністю не більше 5%.

Запам'ятовування факту подій із прив'язкою до реального часу за проміжок не менш 30 днів.

Видачу поточної інформації про виконання подій на пульт машиніста крана.

Видачу по запиті інформації про виконання подій по п.0 на дисплей робочої станції. Зв'язок робочої станції із кранами бездротовий. Кількість кранів, що обслуговуються, робочою станцією - не більше 30. Швидкість обміну даними 9 600 біт/сек;

Основна елементна база:

- шафа моста: один логічний мікропроцесорний контролер і п'ять вимірювальних;
- шафа каруселі: один логічний мікропроцесорний контролер і чотири вимірювальних;

Інформація про струм надходить із обмоток срумових реле. Інформація про факт подачі машиністом команд керування з ланцюгів керування командо-контролера. Інформація про факт включення контакторів надходить від блок-контактів.

В алгоритм роботи для ухвалення рішення про видачу сигналізації закладені часо-струмові й теплові характеристики. Визначення температури корпусу двигуна виконується, за узгодженням із замовником, установкою датчиків температури;

Автоматичне визначення стану ліній зв'язку (обрив, коротке замикання) з видачею даних на пульт і дисплей робочої станції.

Основна елементна база - контролер I- 8000 «ICP-DAS» і PIC контролер.

Конструктивно засоби представляють наступні вироби:

- пульт, установлюваний у кабіні машиніста;
- шафа управління моста;
- шафа керування каруселі;
- робоча станція.

Напруга живлення – 380В, 50Гц. Потужність - не більше 75 Вт. Напруга живлення робочої станції – 220В, 50 Гц. Потужність - не більше 400 Вт.

Пристрій зберігає працездатність при короткочасних перервах у живленні тривалістю до 3 сек.

Габарити, мм не більше:

- шафа моста - 1500х1100х400;
- шафа каруселі - 1500х650х600;
- шафа пульта - 350х250х150.

Ступінь захисту - IP51.

У частині впливу механічних факторів: прискорення навантажень не більше 2g у діапазоні частот до 100 Гц.

У технічних засобах повинне передбачатися максимально можливе застосування негорючих і не підтримуюче горіння матеріалів.

Температура навколишнього повітря для апаратури, установлюваної на крані - від мінус 25 до плюс 85 градусів.

Всі лінії зв'язку між шафою й пультом ПЗМ-ПК, шафи із крановим устаткуванням і датчиками повинні бути виконані екранованим кабелем із крученими парами перетином не менш 0,5 кв.мм.

Термін служби - не менш 8 років.

Обслуговування:

- щодня на дисплеї робочої станції й дисплеї пульта перевіряти результати контролю стану ліній зв'язку.
- відновлювати лінії зв'язку у випадку їхнього механічного ушкодження.
- періодично видаляти пил із зовнішніх і внутрішніх поверхонь технічних засобів ПЗМ-ПК.

- заміняти акумулятор у годинниках реального часу логічного контролера по нормалях на акумулятор.

- періодично виконувати підтяжку болтових з'єднань пристрою.

Як видно з наведених даних, основна елементна база пристроїв - це засоби мікропроцесорної техніки.

Розглянемо структуру пристроїв, показану на рис. 1.1 і 1.2 , де видні всі їхні складові.

Призначення складових схем перелічено нижче.

БГР - блоки нормалізації й гальванічної розв'язки сигналів струму.

ВК - вимірювальний контролер для прийому сигналів струму й передачі їх для подальшої обробки в логічний контролер.

Логічний контролер - прийом і обробка сигналів струму, прийом двухпозиційних сигналів блок - контактів контакторів, визначення перегріву й перевантаження приводних двигунів і т.д.; тобто виконання всіх основних функцій ПЗМ - ГК і ПЗМ - ПК згідно технічним даним, наведених вище.

Система керування електроприводами - комплекс технічних засобів на релейно - контакторній елементній базі для відпрацьовування механізмами завдань машиніста крана.

GSM - модем для організації зв'язку засобів крана з робочою станцією,

Блок динамічного гальмування - електричне гальмування, наприклад, привода пересування моста.

Далекомір - датчик відстані, по сигналах якого логічний контролер автоматично переводить привод пересування моста в режим гальмування для виключення зіткнення крана з перешкодою (інший кран або стіна).

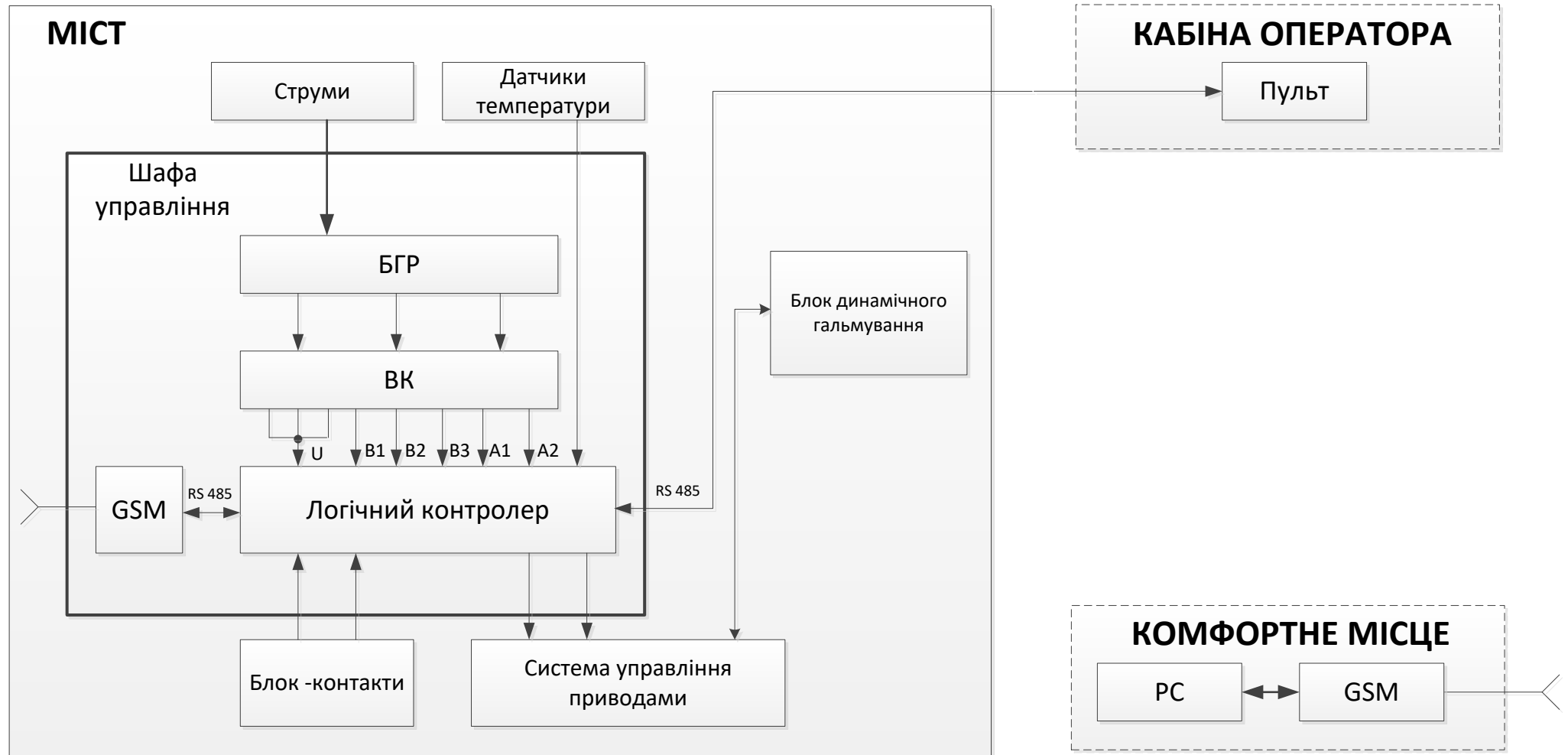


Рис. 1.1. Структурна схема ПЗМ –ГК
(розроблено автором з використанням [1-3])

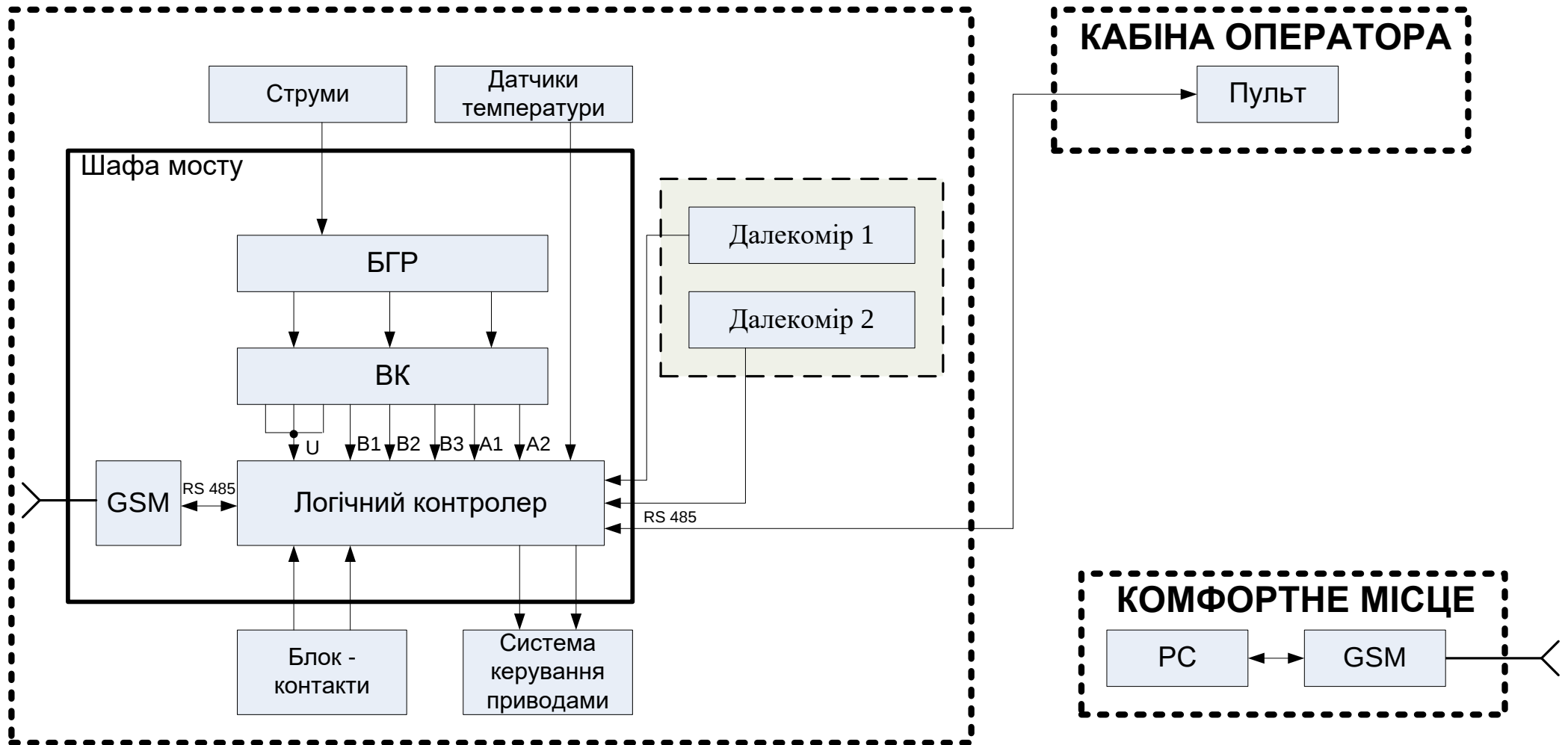


Рис. 1.2. Структурна схема ПЗМ-ПК
 (розроблено автором з використанням [1-3])

1.2 Алгоритми роботи ПЗМ-ГК і ПЗМ - ПК

Алгоритми пристрою по визначенню нормальних і аварійних режимів роботи двигунів пояснюються на рис. 1.3 - рис.1.5, де дані всі необхідні пояснення.

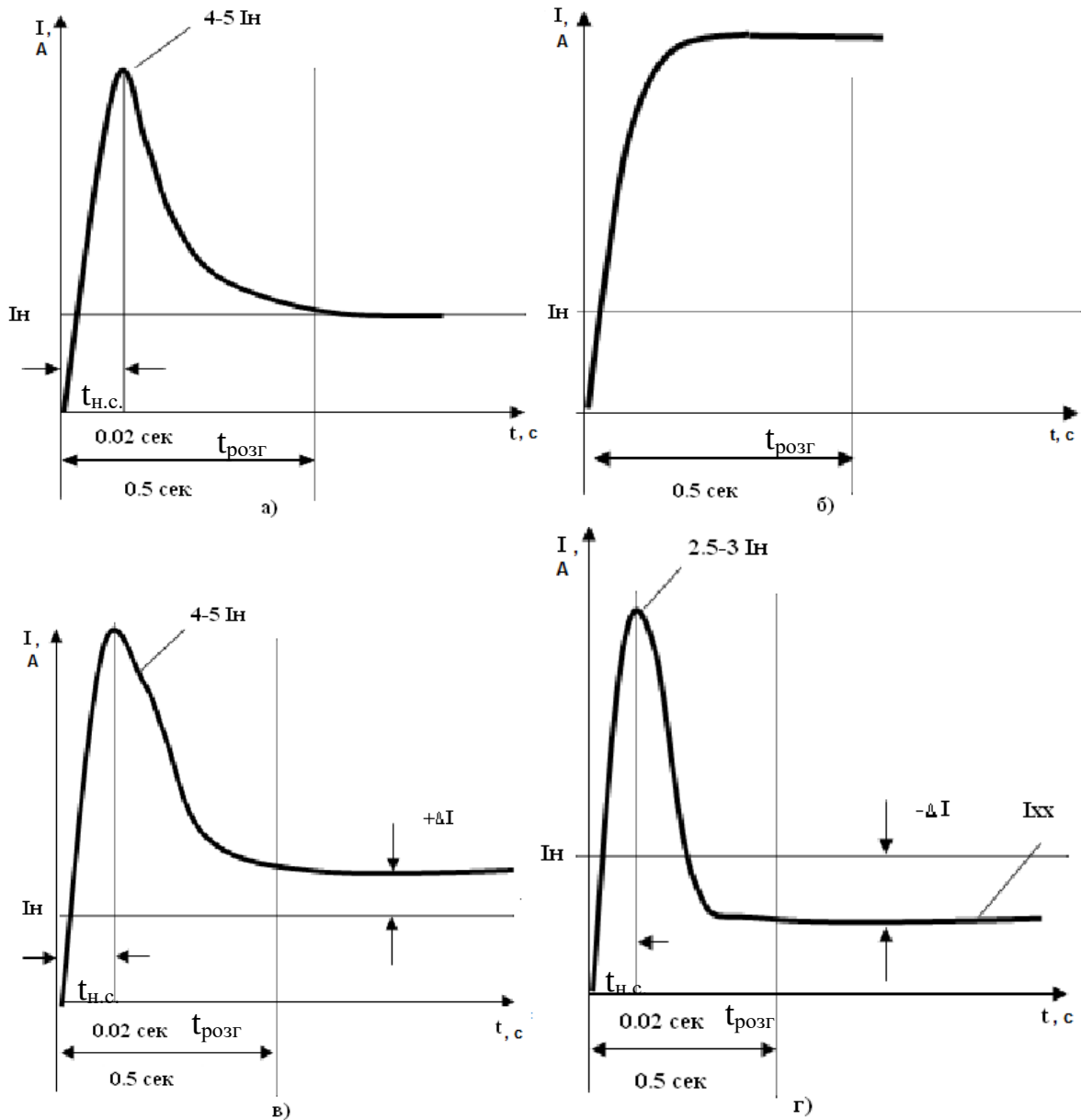


Рис. 1.3. Часові діаграми режимів роботи привода

(розроблено автором з використанням [4-7])

а) нормальна робота; б) заклинювання; в) перевантаження; г) руйнування механічної передачі; $t_{н.с.}$ - час наростання струму; $t_{розг.}$ - час розгону

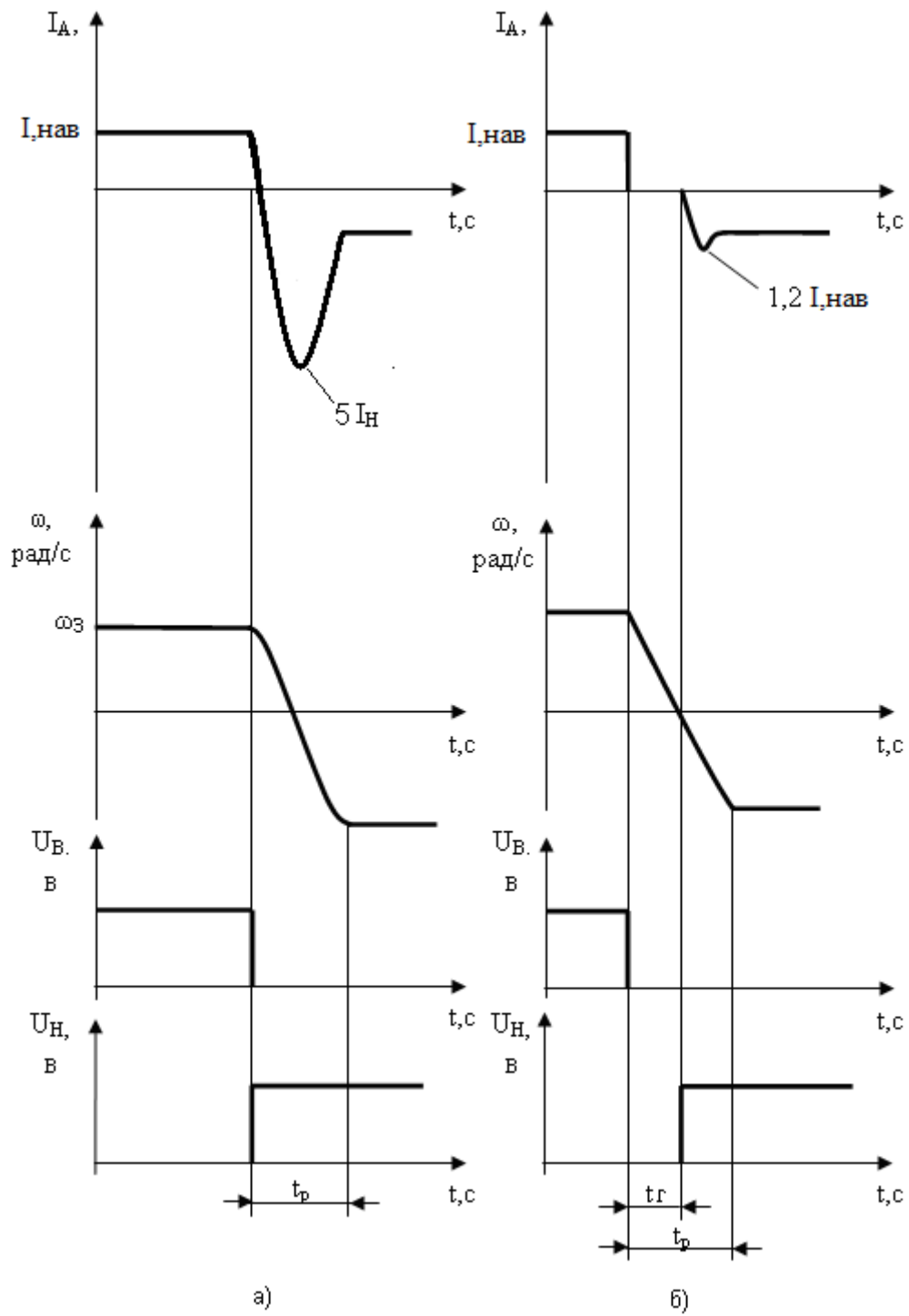


Рис. 1.4. Часові діаграми режиму реверса
(розроблено автором з використанням [4-7])

- а) з режимом проти включення;
- б) із захистом від проти включення;

Умови прийняття рішень при виникненні порушень у роботі двигунів і обліку роботи механізмів [8]:

а) сигнал про перевантаження (див. рис.1.3в), коли всі фазні струми перевищують номінальний, видається, якщо:

$$I_{\text{дв}}/I_{\text{н}} \geq K,$$

де $I_{\text{дв}}$ – фактичний струм навантаження;

$I_{\text{н}}$ – номінальний струм;

K – константа із час-струмової характеристики (див. рис. 1.5), тобто це час, протягом якого виконується співвідношення $I_{\text{дв}}/I_{\text{н}}$.

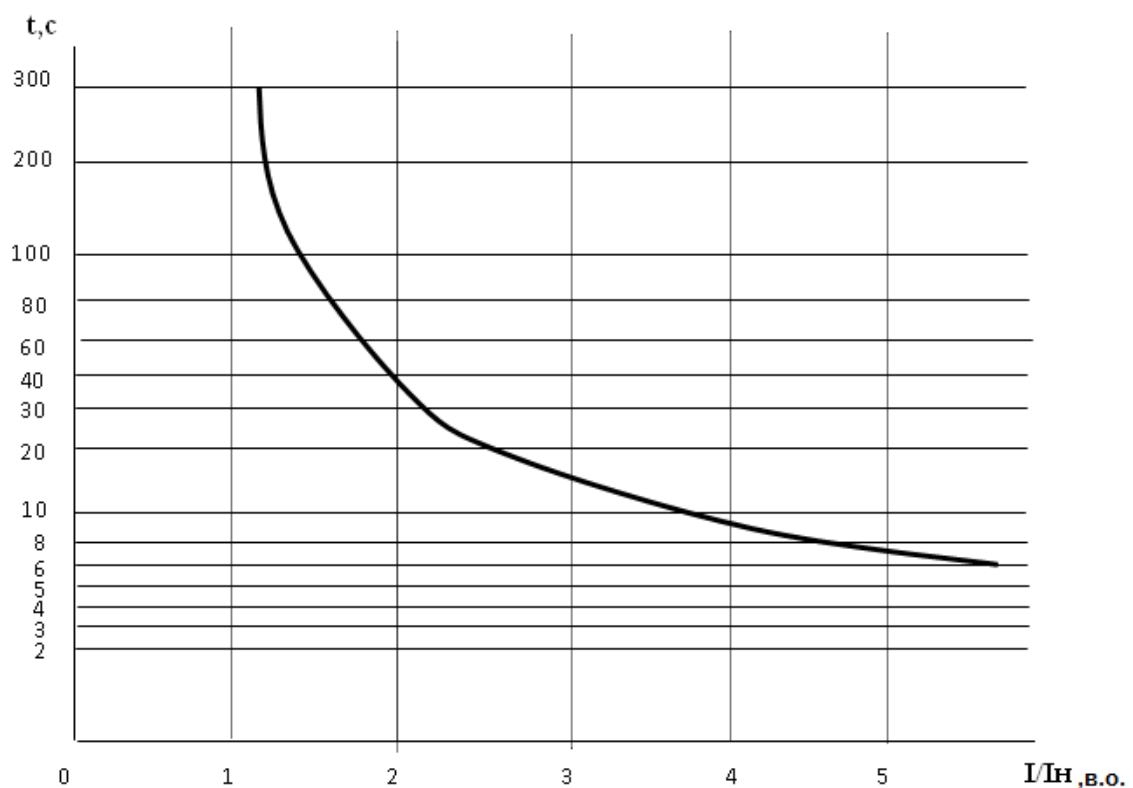


Рис. 1.5. Часо-струмова характеристика відключення двигуна [9]

б) сигнал про «заклинювання» (див. рис.1.3 б) видається, якщо:

$$I_{\text{дв}} \geq 1.5 \cdot I_{\text{н}} \text{ за } t - t_1 > 0,7 \text{ трозг},$$

де $I_{\text{дв}}$ – фактичний струм двигуна за час трозг;

t - показання годин;

t_1 – момент приходу сигналу із блок- контакту пускача;

$t_{розг}$ - розрахунковий час пуску двигуна.

в) сигнал про втрату однієї з фаз живлячої напруги видається, якщо:

$$(I_A \neq 0, I_B \neq 0, I_C = 0) \vee (I_A \neq 0, I_B = 0, I_C \neq 0) \vee (I_A = 0, I_B \neq 0, I_C \neq 0)$$

за $t = t - t_1 > t_{зі}$,

де I_i – фазні струми двигуна;

$\vee$ - функція «або»;

t - показання годин;

t_1 – момент приходу сигналу із блок- контакту пускача;

$t_{зі}$ - заданий час виміру.

г) сигнал про наявність асиметрії фазних струмів видається, якщо:

$$(|I_A - I_B| > K) \vee (|I_A - I_C| > K) \vee (|I_B - I_C| > K),$$

де I_i – фазні струми двигуна;

$\vee$ - функція «або»;

K - константа.

д) сигнал заборони на виконання реверса в режимі противключення ($U_{зв}$) видається у випадку появи команди «Уперед» при пересування привода в напрямку «Назад» на номінальній швидкості:

$$U_{зв} = 1,$$

якщо: $I \geq 0,7 I_n$ і $t_{пв} - t_{сн} \leq t_{зі}$,

де I – обмірюване значення струму;

I_n - номінальний струм двигуна;

$t_{сн}$ - момент часу зняття команди «Назад»;

$t_{пв}$ - момент часу появи команди «Уперед»;

$t_{зі}$ - тут і далі заданий інтервал часу, кількісно не рівний один одному

є) сигнал заборони на виконання реверса в режимі противключення ($U_{зв}$) знімається у випадку появи команди «Уперед» при пересування привода в напрямку «Назад» на номінальній швидкості:

$$U_{зв} = 0,$$

$$\text{якщо: } U_{зв} = 1, B_{кі} = 1 \text{ і } t - t_{пв} \geq t_{зі}$$

де $B_{кі}$ – сигнал про факт включення i -й секції резисторів у роторі (номер секції визначає величину $t_{зі}$),

t - показання годин.

ж) сигнал заборони на виконання реверса в режимі противключення ($U_{зн}$) видається у випадку появи команди «Назад» при переміщенні привода в напрямку «Уперед» на номінальній швидкості:

$$U_{зн} = 1,$$

$$\text{якщо: } I \geq 0,7 I_n \text{ і } t_{пн} - t_{св} \leq t_{зі},$$

де: I – обмірюване значення струму

I_n - номінальний струм двигуна;

$t_{св}$ - момент часу зняття команди «Уперед»;

$t_{пн}$ - момент часу появи команди «Назад».

з) сигнал заборони на виконання реверса в режимі противключення ($U_{зн}$) знімається у випадку появи команди «Назад» на при пересування привода в напрямку «Уперед» на номінальній швидкості:

$$U_{зн} = 0,$$

$$\text{якщо: } U_{зн} = 1, B_{кі} = 1 \text{ і } t - t_{пн} \geq t_{зі}$$

Часові діаграми, що пояснюють режим захисту від противключення, показані на рис. 1.4, де U_v , U_n - сигнали завдання напрямку руху відповідно «Уперед» і «Назад», I - струм двигуна, ω - швидкість двигуна, а $I_{нав}$ - струм навантаження, ω_z - задана швидкість, t_p - тривалість реверса.

і) сигнал відключення при руйнуванні механічної передачі видається:

$$U_{rp} = 1,$$

якщо $I_{дв} \leq I_{xx}$ і при $(t - t_{п}) \geq K$,

де I_{xx} - максимальне значення струму холостого ходу;

t - показання годин;

$t_{п}$ - момент часу подачі команди на рух;

K - константа.

к) сигнал про порушення ліній зв'язку джерела аналогового сигналу із входом контролера видається:

$$U_{лса} = 1,$$

якщо $U_c \leq Z$, $U_v(U_n) = 1$ і $(t - t_{п}) \geq K$,

де Z – константа (напруга на вході АЦП, обумовлене шумами останнього);

$U_v(U_n)$ - сигнали завдання напрямку руху відповідно «Уперед» і «Назад»;

t - показання годин;

$t_{п}$ - момент часу подачі команди на рух;

K - константа.

л) сигнал про порушення ліній зв'язку джерел дискретних сигналів із входами контролера видається:

$$U_{лсд} = 1,$$

якщо $U_v(U_n) = 0$ і $I_{дв} \geq K$,

де $I_{дв}$ – струм двигуна;

K - константа.

м) сигнал про перевищення різниці навантажень двигунів моста видається:

$$U_{прн} = 1,$$

якщо $(|I_{дв1} - I_{дв2}| \geq 0,3 I_n) V(|I_{дв1} - I_{дв3}| \geq 0,3 I_n) V(|I_{дв1} - I_{дв4}| \geq 0,3 I_n) V$

$(|I_{дв2} - I_{дв3}| \geq 0,3 I_n) V(|I_{дв2} - I_{дв4}| \geq 0,3 I_n) V(|I_{дв3} - I_{дв4}| \geq 0,3 I_n)$

де $I_{двi}$ – струм i -го двигуна;

$0,3I_n$ – різниця струмів щодо номінального;

Сигнал про виконання умови п. м) видається з урахуванням знака й величини різниці в амперах.

н) сигнал про перевищення різниці часів появи навантаження на двигунах моста видається:

$$U_{\text{прв}} = 1,$$

$$\text{якщо } (t_1 - t_2 \geq K)V(t_1 - t_3 \geq K)V(t_1 - t_4)V(t_2 - t_3 \geq K)V(t_2 - t_4 \geq K)V(t_3 - t_4 \geq K),$$

де t_i – момент часу появи струму i -го двигуна;

K - константа.

Сигнал про виконання умови п. н) видається з урахуванням знака й величини різниці в частках секунди.

о) сигнал про тепловий перегрів двигуна за показниками датчиків температури корпусу видається:

$$U_{\text{двті}} = 1,$$

$$\text{якщо } U_{\text{дті}} \geq K,$$

де $U_{\text{дті}}$ – показання i -го датчика температури;

K - константа.

п) сигнал про відключення вихідних кіл пристрою видається:

$$U_{\text{вв}} = 1,$$

$$\text{якщо } U_z = 1, U_v(U_n) = 1 \text{ і } I_{\text{дв}} \geq K,,$$

де U_z - сигнал заборони, видаваний пристроєм, при виконанні умов алгоритмів по п. а) – п. о);

$U_v(U_n)$ - команда на рух «Уперед» («Назад») на входах контролера;

$I_{\text{дв}}$ - струм двигуна;

K - константа.

р) технологічний облік витрати електроенергії ($E_{\text{кр}}$) механізмами крана виконується по вираженню:

$$E_{\text{кр}} = [(\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \sum_{t=0}^n I_{\text{м}}) \cdot T] - E_{\text{сн}} ;$$

де U - фазна напруга, рівне 220В,

$\cos\varphi$ - коефіцієнт потужності, прийнятий рівним 0,85,

I_m – миттєве значення фазного струму двигуна, отриманого через інтервал часу, рівний 20 мсек.,

T - час роботи крана за годину, зміну й т.д.,

n - кількість миттєвих значень струму за час роботи крана.

$E_{сн}$ - споживання електроенергії засобами власних потреб (освітлення, кондиціонер та ін.) у кВт-годинах.

с) облік часу роботи крана, T_K :

$$T_{\Pi} = \sum_{t=0}^T (T_{q2} - T_{q1}) \quad \text{при } I_{дi} = 0;$$

$$T_K = T_{3M} - T_{\Pi},$$

де T_{Π} – час простою крана (на початку зміни $T_{\Pi} = 0$),

T – тривалість періоду обліку (година, зміна, доба),

T_{q1} – показання годин у момент появи струму хоча б одного механізму крана,

T_{dq2} – показання годин у момент зникнення струму у всіх механізмах крана,

$I_{дi}$ – струм двигуна кожного з механізмів крана,

T_{3M} – тривалість зміни, година.

1.3 Елементна база

Розглянемо склад елементної бази пристроїв на предмет їхнього тестування.

Як видно з рис.1.1 і рис.1.2, у пристроях використані наступні вироби:

- блоки БГР;
- вимірювальні контролери ВК;
- логічний контролер;
- пульт оператора;

- робоча станція РС.

Основні технічні дані вищенаведених виробів з погляду тестування й перевірки працездатності наступні.

БГР – чотирьохканальний перетворювач сигналів, пропорційних падінню напруг на обмотках струмових реле в системах керування двигунами:

- напруга входу $\pm 45\text{мВ}$;
- напруга виходу 5В ;
- при відсутності вхідного сигналу напруга на виході блоку $2,5\text{ В}$;
- вхідний опір каналу 51 кОм ;
- вихідний опір долі Ома .

ВК - вимірювальний контролер містить:

- 4-х канальний 10 -ти розрядний АЦП із напругою вхідного сигналу до 5В ;
- вхідний опір каналу $2,4\text{ кОм}$;
- 8-мі канальний порт для прийому двохпозиційних сигналів рівнем 24 В постійного струму;
- вхідний опір каналу $2,4\text{ кОм}$;
- 6 -ти канальний порт для видачі сигналів типу ВК рівнем 24В с припустимим струмом $0,2\text{ А}$;
- послідовний порт RS- 485.

Логічний контролер містить:

- 16 - ти канальний 14 -ти розрядний АЦП із рівнем вхідного сигналу $\pm 10\text{В}$;
- 32 -х канальний порт для прийому сигналів типу сухий контакт;
- 16 - ти канальний порт для видачі сигналів типу ВК рівнем 24В с припустимим струмом $0,1\text{ А}$;
- 2 послідовних порти RS- 485.

Пульти оператора містить:

- 4-х рядковий літеро - цифровий індикатор на 24 знака в кожному рядку;
- звуковий зумер;

- сенсорні кнопки;
- зв'язок із зовнішнім пристроєм по RS- 485.

Далекомір лазерний датчик відстані; вихід датчика ЦАП з вихідним сигналом 0- 10В постійного струму, обернено пропорційний відстані між предметом і краном.

Блок динамічного гальмування містить наступні вузли:

- силові тиристори;
- світлодіодний індикатор;
- вимірювальний контролер;
- БГР.

1.4 Перелік вхідних - вихідних сигналів випробовуваних пристроїв

У табл. 1.1 представлено перелік, кількість і характеристики вхідних - вихідних сигналів ПЗМ -ПК , що обслуговує 8 двигунів. Грейферний кран має 5 приводних двигунів. Тому з погляду розробки засобів перевірки працездатності й наводяться дані тільки по пратцен - крану.

Таблиця 1.1

Перелік вхідних - вихідних сигналів

Карусель					
Механізм	Сигнали	Кіл-ть, шт	Параметри сигналу	Звідки виходить	Куди надходить
Головний підйом	Вхідні сигнали				
	Струм фаз	3 x 1	Змінний струм; напруга, В, 5	Обмотки струмових реле	БГР шафи
	Температура корпусу двигуна	1 x 1	Постійний струм, 4-20 мА	Перетворювач сигналів терморезистора	Модуль АЦП логічного контролера
	Команда руху	6	Сухий контакт	Контакти реле, включених паралельно	Модуль введення-виведення логічного контролера
	Послідовний інтерфейс RS-485	1	Швидкість 19200 бод	Радіомодем кабіни оператора	СОМ-Порт логічного контролера
	Вихідні сигнали				
	Заборона включення привода	2	Сухий контакт	Модуль введення-виведення логічного контролера	Модуль системи керування приводом
	Послідовний інтерфейс RS-485	1	Швидкість 19200 бод	СОМ логічного контролера	Радіомодем кабіни оператора
Вхідні сигнали					
	Струм фаз	3 x 1	Змінний струм	Обмотки струмових реле	БГР шафи
	Температура корпусу двигуна	1 x 1	Постійний струм, 4-20 мА	Перетворювач сигналів терморезистора	Модуль АЦП логічного контролера
	Команда руху	6	Сухий контакт	Контакти реле	Модуль введення-виведення логічного контролера
	Вихідні сигнали				
	Заборона включення привода	2	Сухий контакт	Модуль введення-виведення логічного контролера	Модуль системи керування приводом

Привод опрокида	Вхідні сигнали				Продовження табл.1.1
	Струм фаз	3 x 1	Змінний струм	Обмотки струмових реле	БГР шафи
	Температура корпусу двигуна	1 x 1	Постійний струм, 4-20 мА	Перетворювач сигналів терморезистора	Модуль АЦП логічного контролера
	Команда руху	1	Сухий контакт	Контакти реле, включених паралельно	Модуль введення-виведення логічного контролера
	Вихідні сигнали				
	Заборона включення привода	2	Сухий контакт	Модуль введення-виведення логічного контролера	Модуль системи керування приводом
Привод пересування візка	Вхідні сигнали				
	Струм фаз	3 x 1	Змінний струм	Обмотки струмових реле	БГР шафи
	Команда руху	6	Сухий контакт	Контакти реле, включених паралельно	Модуль введення-виведення логічного контролера
	Вихідні сигнали				
	Заборона включення привода	2	Сухий контакт	Модуль введення-виведення логічного контролера	Модуль системи керування приводом
Вантажний електромагніт	Вхідні сигнали				
	Струм обмоток	1 x 2	Постійний струм	Шунти	БГР шафи
	Команда руху	1	Сухий контакт	Контакти реле, включених паралельно	Модуль введення-виведення логічного контролера
	Вихідні сигнали				
	Заборона включення привода	1	Сухий контакт	Модуль введення-виведення логічного контролера	Модуль системи керування приводом

Продовження табл.1.1

Міст					
Механізм	Сигнали	Кіл-ть, шт	Параметри сигналу	Звідки виходить	Куди надходить
Привод пересування моста	Вхідні сигнали				
	Струм фаз	3 x 4	Змінний струм	Обмотки струмових реле	БГР шафи
	Температура корпусів двигунів	1 x 4	Постійний струм, 4-20 мА	Перетворювач сигналів терморезистора	Модуль АЦП логічного контролера
	Команда руху	6	Сухий контакт	Контакти реле, включених паралельно	Модуль введення-виведення логічного контролера
	Далекомір	2	Постійний струм, 4-20 мА		Модуль АЦП логічного контролера
	Датчики положення	3	ОК 0-3В; 0,1А		Модуль введення-виведення логічного контролера
	Радіоканал	1	Швидкість 9600 бод	Робоча станція, логічний контролер каруселі	СОМ- порт логічного контролера
	Вихідні сигнали				
	Заборона включення привода	2	Сухий контакт	Перетворювач сигналів терморезистора	Модуль системи керування приводом
	Радіоканал	1	Швидкість 9600 бод	СОМ-Порт логічного контролера	Робоча станція, логічний контролер каруселі

Примітка:

Усього вхідних сигналів - 66, у тому числі: аналогових - 33, дискретних - 33, RS -485 - 2.

Усього вихідних сигналів - 13, у тому числі: дискретних - 11, RS -485 - 2.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз сучасних методів і засобів прийому - здавальних випробувань мікропроцесорних виробів

Сучасний стан засобів контролю для електротехнічних виробів характеризується істотною розрізненістю: на практиці застосовують численні вузькоспеціалізовані апаратні комплекси, експлуатаційні та ремонтні пульти, кожен із яких створюється під конкретний виріб. Автоматизовані засоби контролю (АЗК) зазвичай розробляються як завершені спеціалізовані апаратні рішення, а їхнє проектування ведеться, насамперед, від апаратної бази. Програмне забезпечення для реалізації контролю жорстко залежить від цієї апаратури, що робить його також вузькоспеціалізованим.

Така технологія проектування, орієнтована на «рух» від апаратних засобів до програмних, не враховує ключового аспекту: функції АЗК реалізуються синергією апаратних та програмних компонентів, тобто система по своїй суті є апаратно-програмним комплексом. Крім того, відсутня уніфікація методів і засобів контролю на різних етапах життєвого циклу виробів, що створює значні складнощі під час їх експлуатації та ремонту.

Подібний підхід призводить до високих витрат на створення АЗК, зростання їх собівартості, а також часто не дозволяє забезпечити сучасні технічні характеристики. У результаті виробництво та експлуатація електротехнічних виробів не завжди оснащені дієвими засобами контролю.

Для вирішення цих проблем необхідно змінити парадигму проектування, розглядаючи АЗК саме як цілісну апаратно-програмну систему. Це дозволить підвищити технічні характеристики засобів контролю, скоротити терміни та вартість їх розробки. Ключовими напрямками для досягнення цього є розробка нових принципів модульної побудови АЗК, створення на їх основі уніфікованої базової апаратної платформи та синтез конкретних систем шляхом її програмно-апаратної конфігурації.

Процес розробки АЗК (рис. 2.1) включає кілька послідовних етапів.

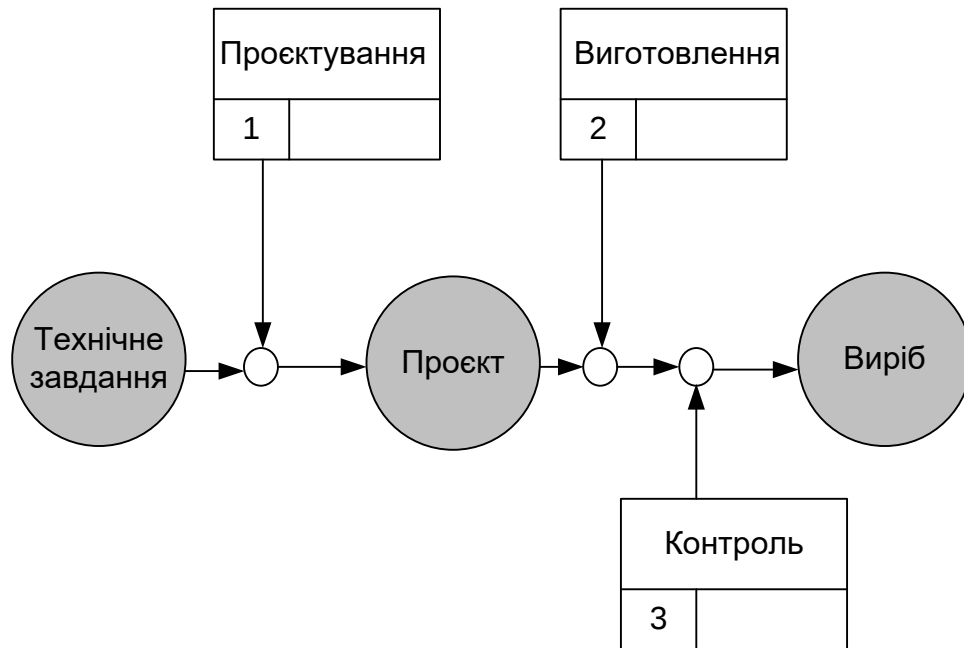


Рис. 2.1.Розробка автоматизованої системи контролю
(розроблено автором)

Початковим етапом є формування технічного завдання, яке слугує вихідним описом системи. Воно містить:

- найменування, мету та область застосування системи.
- підстави для її створення.
- вичерпні вимоги до технічних характеристик.
- економічні показники (кошторис витрат, джерела фінансування).
- умови та очікувану серійність виробництва.
- порядок проведення випробувань та введення в експлуатацію.
- заплановані строки проектування.

Крім того, технічне завдання може деталізувати додаткові умови експлуатації, характеристики пристроїв тощо.

Наступний етап – безпосереднє проектування (поз. 1 на рис. 2.1), яке здійснюється з використанням засобів автоматизованого проектування. Результатом цього етапу є повний комплект конструкторської та технологічної документації, достатньої для виготовлення системи в заданих умовах. Ця документація є кінцевим описом об'єкта та продуктом складного процесу, що

включає дослідницькі, розрахункові та конструкторські роботи з перетворення вихідних вимог у готовий проект.

Після цього відбувається виготовлення АЗК (поз. 2) та проведення контролю якості (поз. 3) за методикою випробувань, передбаченою для виробничого процесу.

Приклад вискоєфективного контролю: метод периферійного сканування. Яскравим прикладом сучасного засобу контролю є метод тестування друкованих плат з встановленими компонентами – метод периферійного сканування. Його суть полягає у використанні голчастих пробників, що підключаються до вхідних та вихідних контактів мікросхем. Ці пробники з'єднані зі скануючим осередком, який формує тестові послідовності сигналів. Аналізуючи реакцію мікросхеми, система діагностує її стан (справна/несправна) та локалізує дефект, наприклад:

- обрив провідника на платі;
- наявність незапланованого замикання (короту) між доріжками;
- відхилення від норми тимчасових або функціональних параметрів (наприклад, недостатня частота перетворення АЦП).

Ефективність таких систем ілюструється, зокрема, тестером XStation HS. Для плати з приблизно 200 компонентами середній час тестування становить лише 20–30 секунд. За цей час забезпечується практично 100% покриття та виконуються такі перевірки:

- виявлення обривів та коротких замикань.
- контроль якості пайки (надлишок або недостача припою).
- визначення відсутності або перекосу компонента.
- контроль пайки мікросхем у складних корпусах (QFP, SOP, BGA, CSP тощо).

Застосування подібних автоматизованих рентгенівських систем інспекції (AXI) на лініях провідних виробників електроніки дозволяє досягати надзвичайно високої якості продукції – рівень дефектності становить всього 5–8 одиниць на мільйон випущених виробів (ppm).

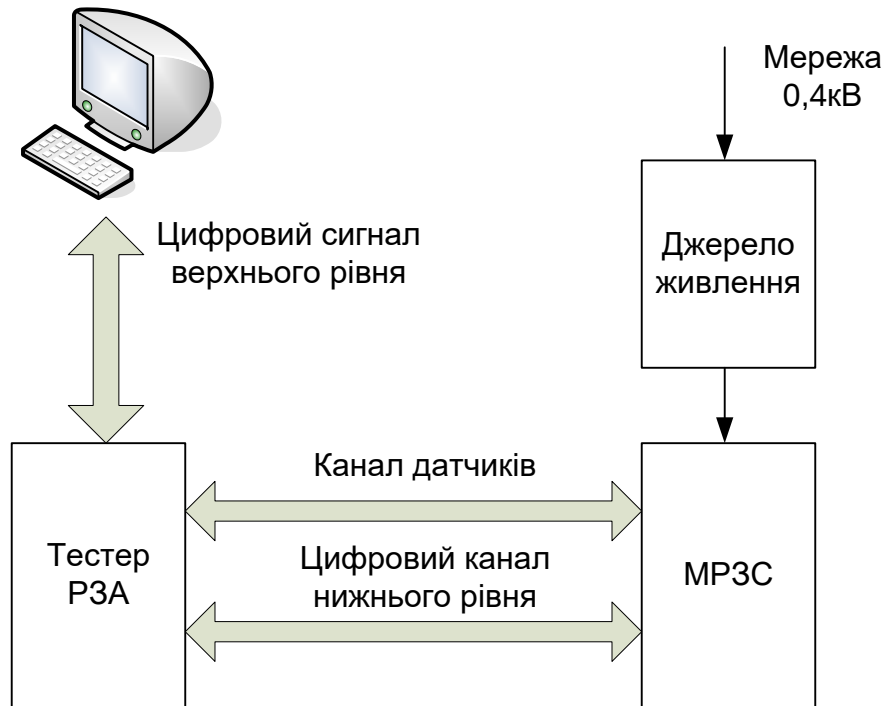


Рис. 2.2. Структурна схема АЗК
(розроблено автором)

Особливості тестера з рухливими пробниками S40 PILOT [10]

Тестер з рухливими пробниками має кілька тестових головок із приводами по осях X, Y і Z. Тестові головки (звичайно чотири) переміщуються над випробовуваною платою з великою швидкістю. У цей час електричні зонди ("рухливі пробники"), розташовані на кожній головці, вступають у контакт із перехідними отворами й контактними виводами кожного пристрою, розташованого на платі. У такий спосіб забезпечується послідовний доступ до контрольних крапок тестуємого виробу.

Технічні характеристики тестера:

- швидкодія тестера - 70000 компонентів/с;
- крок між контактними площадками - до 0,4 мм;
- мінімальний розмір контактної площадки складає 0,18 x 0,18 мм;
- робоча область: 400 x 600 мм (610 x 610 мм для моделі LX);
- максимальна висота компонентів 70 мм (з боку рухливих пробників).



Рис. 2.3. Загальний вид тестера S40 Pilot [10]

Відзначимо, що крім чотирьох рухливих пробників, що здійснюють тестування з верхньої сторони плати, тестер має вісім фіксованих пробників, що забезпечують контакт із контрольними точками.

Аналіз вище наведеної інформації показує, що для розробки засобів контролю й діагностики несправностей для рішення завдань проекту з опису відомих методів і засобів можна використовувати тільки підхід. Причина - відомі рішення орієнтовані на серійне виробництво й вимагають фінансування на їхню реалізацію обсягом у сотні тисяч доларів.

Тому подальші розділи основної частини випускної роботи присвячені розробці спеціалізованих методів і засобів контролю працездатності за принципом «придатний - непридатний» з рівнем локалізації несправності до функціонального вузла, наприклад, блок гальванічної розв'язки, вимірник відстані.

2.2 Розробка структури системи контролю працездатності

В аналітичній частині показано, що об'єкт розробки включає наступні вироби:

Пратцен – кран:

- шафа моста;
- шафа каруселі;
- пульт оператора;
- робоча станція.

Грейферний кран

- шафа керування;
- блок динамічного гальмування;
- пульт оператора;
- робоча станція.

Пульт оператора та робоча станція є стандартними й розробка засобів контролю працездатності для них у справжній роботі не передбачена.

Принцип роботи й характеристики вхідних - вихідних сигналів для виробів пратцен - крана й грейферного крана аналогічні. Розробка методів і засобів контролю працездатності для всіх згаданих виробів надто об'ємне завдання. Тому обмежимося створенням засобів контролю тільки для шафи моста пратцен - крана.

На рис. 2.4 представлена схема підключення вхідних сигналів для моста.

Загальна характеристика вхідних - вихідних сигналів шафи представлена в табл.2.1

Таблиця 2.1

Загальна характеристика вхідних - вихідних сигналів шафи

№	Найменування	К-ть	Параметр	Значення	Тривалість, сек	Примітка
1	Фазний струм	12	Напруга частота 50 Гц, В	0 -10	0,5 - 90	Обмотка струмового реле, ХТ1
2	Фазний струм	1	Те ж, мВ	0 - 100	Те ж	Шунт, ХТ1
3	Температура корпусів двигунів	4	Напруга постійного струму, В	0-10	Безперервно	Датчики температури, ХТ2
4	Далекомір	2	Те ж	Те ж	Те ж	ХТ3
5	Стан (включений - відключений) контактора	10	Замикаючий сухий контакт, В	«1» від 15 до 24В «0» від 0 до 7В	0,5 - 90	ХТ 5, ХТ6
6	Відключення привода	1	Розмикаючий сухий контакт, В	«1» від 50 до 200 В «0» від 0 до 25 В	Постійнно	
7	Сигнал від щупів	4	1 Напруга частота 50 Гц, В 2 Напруга постійного струму, В	0 -10 0 -10	Час виміру	
8	Послідовний канал RS- 485	1	Швидкість, Кбод	115		GSM -модем

Як видно з даних табл.2.1, шафа моста приймає й обробляє:

- 19 аналогових сигналів, що надходять від обмоток струмових реле, шунта, датчиків температури корпусів і далекомірів;
- 10 двохпозиційних сигналів типу сухий контакт, що надходять від блок-контактів контакторів і інформуючи шафу про факт включення - відключення привода й про напрямок руху механізм;
- 1 двохпозиційний сигнал на відключення механізму.

Як керуючий сигнал для відключення привода пересування моста використовується розмикаючий сухий контакт, що забороняє роботу привода при, наприклад, перегріві, можливості зіткнення з перешкодою, наприклад, інший кран та ін.

Для передачі даних (струми, температури, події) у робочу станцію й дистанційної зміни деяких програмних уставок у контролері шафи використовується послідовний канал зв'язку.

Для створення системи контролю працездатності варто розробити й забезпечити наступне:

- а) технічні засоби для імітації вхідних сигналів по вимогах алгоритмів п. 1.2 з кількістю й технічними характеристиками по вимогах табл.2.1, а також прийому реакції шафи на вхідні впливи;
- б) алгоритми, що дозволяють імітувати нормальний режим роботи привода пересування й режим зі збоями й відмовами;
- в) алгоритми, що дозволяють розпізнавати в послідовності сигналів п.б) збої й відмови за принципом «придатний - непридатний»;
- г) для полегшення пошуку несправності (локалізація несправності) засобу по п. 1 повинні мати щупи, що дозволяють їх крапкове ручне підключення в контрольні крапки шафи;
- д) мається на увазі, що рівень локалізація несправності - це функціонально закінчений вузол, наприклад, блок гальванічної розв'язки, вимірювальний контролер.

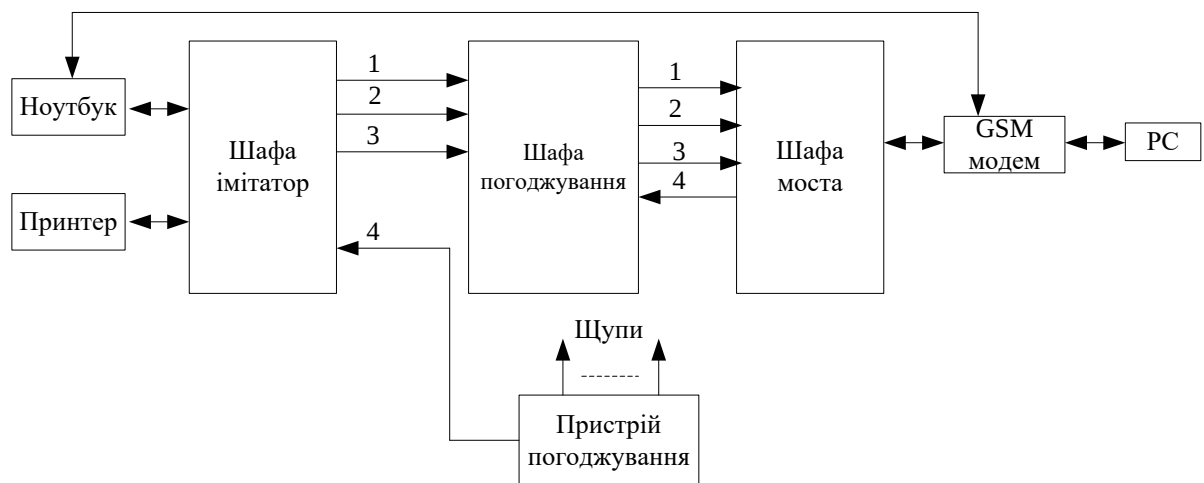
На рис. 2.5 представлена спрощена структурна схема контролю працездатності шафи моста, де представлена розшифровка умовних позначок.

Призначення Ноутбука - прийом результатів аналізу тестування каналу зв'язку «контролер управління шафи - GSM модем - робоча станція»

Призначення пристрою узгодження - узгодження вихідних сигналів щупів із входами АЦП контролера шафи тестування, коефіцієнт передачі сигналів пристрою узгодження дорівнює одиниці.

Призначення шафи узгодження - ручне завдання рівнів імітаційних сигналів змінного струму.

Розглянемо технічні засоби, необхідні для установки в шафу тестування.



- 1 - аналогові сигнали змінної напруги;
- 2 - аналогові сигнали постійної напруги;
- 3 - двохпозиційні сигнали типу сухий контакт;
- 4- аналогові сигнали;
- 5- робоча станція.

Рис. 2.5. Спрощена структурна схема системи контролю працездатності
(розроблено автором)

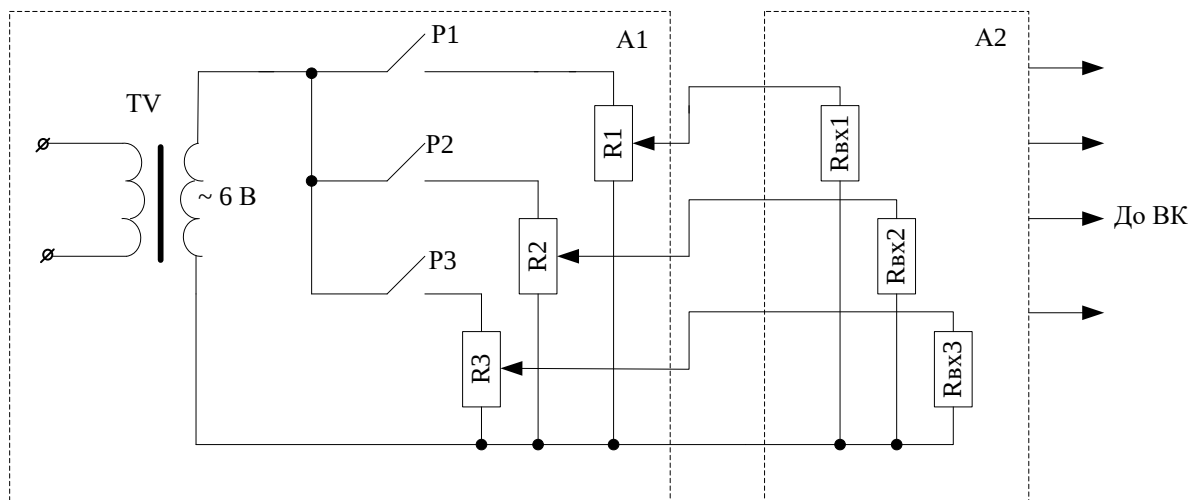
2.3 Розробка шафи тестування

Усе нижче розглянуті рисунки в справжньому розділі є вузлами шафи узгодження рис.2.5.

На рис. 2.6 представлена схема вузла подачі тестових сигналів, що імітують поведінку фазних струмів при різних режимах роботи двигуна. Там же дана розшифровка умовних позначок.

Вузол дозволяє видавати наступні комбінації сигналів за рахунок установки підстроювальними резисторами R1 заданих рівнів і їхньої послідовності.

Як приклад нижче представлено три логічних умови тестових послідовностей для автоматичного визначення реакції шафи моста.



A1 – вузол виробітку тестових сигналів у шафі – імітаторі;

A2 – блок гальванічних розв'язок у шафі моста;

P1, P2, P3 – контакти реле у модулі виводу дискретних сигналів контролера керування шафи – імітатора;

Rvx – входні резистори блоку гальванічної розв'язки у шафі мосту;

IA, IB і IC – вихідні сигнали блоку гальванічних розв'язок (Фазний струм).

Рис. 2.6. Блок – схема імітації фазних струмів двигуна

(розроблено автором)

Нормальний режим роботи одного двигуна

$HP = 1$, якщо

$$(IA + IB) / 2 \leq (IA - IB) \times 2 \times 100 / (IA - IB) \leq 5\% \quad (2.1)$$

$$(IA + IC) / 2 \leq (IA - IC) \times 2 \times 100 / (IA - IC) \leq 5\%$$

де I_i - фазний струм на виході блоку гальванічних розв'язок.

З (2.1) слідує, що для імітації нормального режиму роботи треба на виході шафи імітатора по всім чотирьох двигунах пересування видати по всіх фазах одну й туж напругу в межах $\pm 0, \dots, 10$ В (див. рис. 2.5).

Заклинювання

$Zak = 1$, якщо

$$(IA + IB + IC) / 3 > 1,5 I_n \text{ за } t - t_{п} > 0,7 t_{розг} \quad (2.2)$$

де I_i - фазний струм на виході блоку гальванічних розв'язок,

I_n - номінальний струм двигуна,

$t_{п}$ - момент подачі контролером шафи команди на замикання контактів реле P1, P2 і P3 (імітація команди на рух привода (Уперед або Назад),

t - показання годин контролера шафи імітатора (поточний час),

$t_{розг}$ - час розгону до сталої швидкості.

З (2.2) слідує, що для імітації заклинювання треба послідовно в часі видавати на вихід шафи імітатора на всі три фази одного двигуна напруги в межах $8, \dots, 10$ В (див.рис.2.5)

Сигнал про втрату струму в одній з фаз живильний двигун напруги (обрив фази) видається, якщо:

$O_f = 1$, якщо

$(I_A \neq 0, I_B \neq 0, I_C = 0) \vee (I_A \neq 0, I_B = 0, I_C \neq 0) \vee (I_A = 0, I_B \neq 0, I_C \neq 0)$

за $t = t - t_n > t_{zi}$, (2.3)

де I_i – фазні струми двигуна;

V - функція «або»;

t - показання годин;

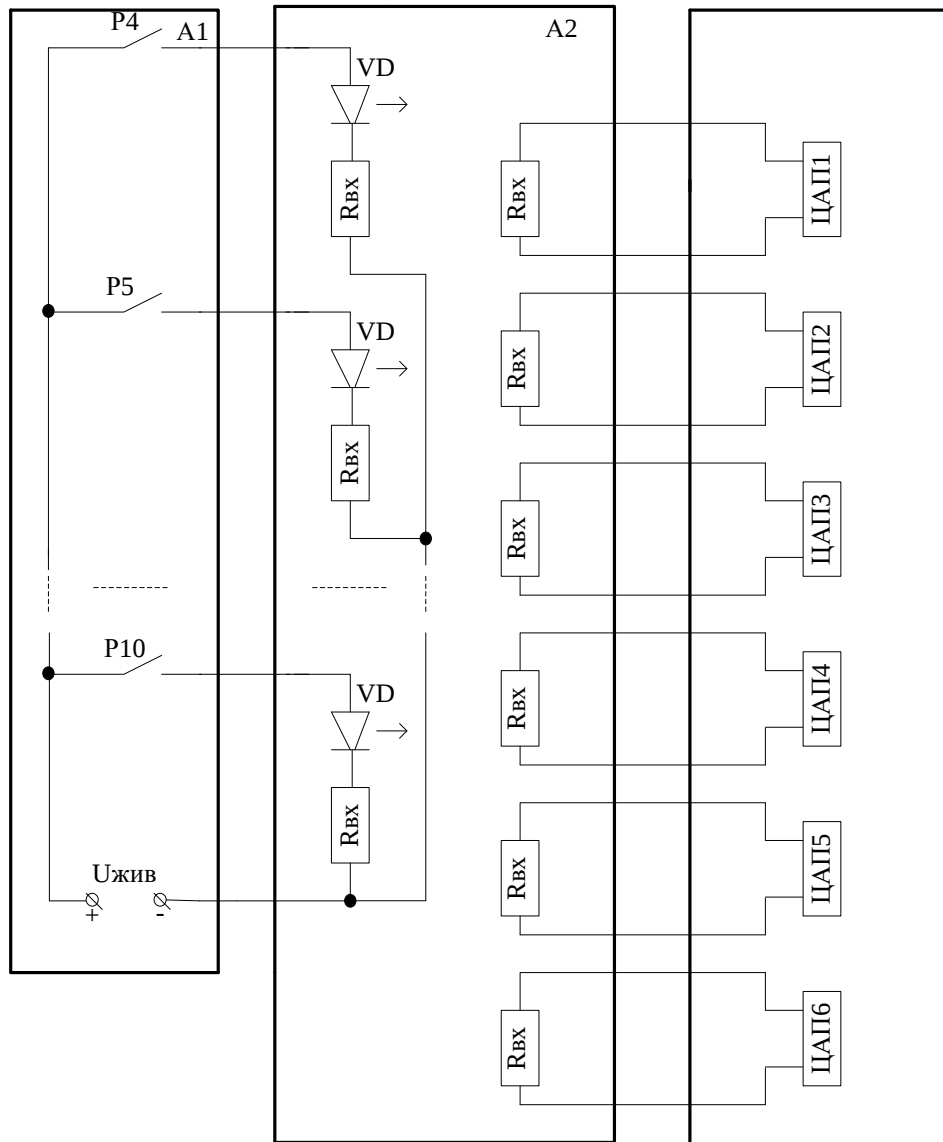
t_n - момент подачі контролером шафи команди на замикання контактів реле P1, P2 і P3 (імітація команди на рух привода Вперед або Назад),

t_{zi} - заданий час виміру імітації сигналів.

З (2.3) слідує, що для імітації обриву однієї з фаз одного із двигунів треба послідовно в часі три рази видавати на вихід шафи імітатора на дві фази напруги в межах 2,..., 10В , а на третю нуль. Причому, напруги по цих фазах, не повинні відрізнятися більш, ніж на 10%. Порівняння логічних умов по (2.1) - (2.3) з логічними умовами п.1.2 показує їхню ідентичність, за винятком того, що в змінні п.1.2 зазначені фактично отримані значення, а в справжньому розділі - імітуємі. Тому, з метою недопущення повторень в описі, подальший розгляд логіки тестування припинимо.

На рис. 2.7 зображений вузол імітації подачі сигналів типу сухий контакт (команда й факт спрацьовування й відпускання контактів контактора) і аналогових сигналів постійного струму від датчиків температури корпусів двигунів і далекомірів. Там же дана розшифровка умовних позначок.

Робота вузла зрозуміла з розгляду рис.2.7.



A1 – шафа імітатор

A2 – шафа мосту

P4,...,P10 – реле імітації команди і факту спрацьовування контактора

VD – випромінюючий діод оптопари

Rвх - обмежуючий резистор

ЦАП1,..., ЦАП4 - цифроаналоговий перетворювач імітації сигналів датчиків температури корпусів

ЦАП5, ЦАП6 -цифроаналоговий перетворювач імітації сигналів дальномірів

Рис. 2.7. Схема імітації подання команд руху, сигналів датчиків температури і дальномірів
(розроблено автором)

2.4 Розрахунок частоти знімання сигналів

2.4.1 Частота при контролі руху двох кранів на зустріч один одному

Виходячи із принципу роботи шафи моста й завдань контролю працездатності, необхідно виконати аналіз швидкості зміни двох параметрів - температури корпусу двигуна й швидкості зміни показання далекоміра. Відомо, що процес зміни температури корпусу двигуна, процес інерційний з постійною часу в кілька секунд. Тому частоту знімання сигналів знайдемо із сумарної максимальної швидкості кранів (3,2 м/сек), що рухаються назустріч один одному. Звичайно, мається на увазі, що шафа моста забезпечить автоматичний захист від зіткнень. Тоді період знімання сигналів ($\Delta\tau$) визначиться вираженням:

$$\Delta\tau = 3,2 \times 0,02 / 2 = 0,03 \text{ сек} \quad (2.4)$$

де 0,02 - погрішність виміру швидкості.

2.4.2 Частота знімання сигналів струму

Тракт вимірювання фазного струму включає наступні складові – обмотка струмового реле, блок гальванічної розв'язки та АЦП контролера. Представимо сумарну похибку тракту (δ) наступним виразом:

$$\delta = \delta_{тр} + \delta_{бгр} + \delta_{ацп} + \delta_{м}, \quad (2.5)$$

де $\delta_{м}$ – методична похибка, зумовлена частотою знімання сигналів струму.

Відомо, що формула для вимірювання змінного струму має вигляд:

$$i = I_a \sin \omega t \quad (2.6)$$

У нашому випадку похибка δ_m в (2.6) визначається періодом знімання сигналів струму.

З (2.6) випливає, що величина струму залежить від параметра t , іншими словами від кута синуса. Аналіз таблиці синусів показує, що найбільш швидке наростання струму знаходиться поблизу осі x .

Домовимося, що модуль абсолютної різниці двох поряд виміряних значень струму $i_2 - i_1$ не повинен перевищувати 2%. Нехай I_a визначається, наприклад, різницею показань у точках 10 та 11 градусів (табл. 2.2). Час між точками двох сусідніх градусів становить $5000 / 90 = 56$ мкс.

З (2.6) та даних табл. 2.2 за умови, що $I_a = 100$ А, випливає, що вимірне значення струмів при 10 та 11 градусах становить відповідно 17,4 А і 19 А. Модуль різниці дорівнює 1,6 А. Зауважимо, що швидкодія АЦП контролера становить 20 мкс, і домовимося, що за цей час вимірюваний струм змінюється за лінійним законом.

Тоді

$$\delta_m = 1,6 \times 20 / 56 = 0,57 \text{ А} \quad (2.7)$$

З (2.7) випливає, що в розглядуваному випадку наведена відносна похибка становить величину:

$$\delta_{m\text{пр}} = 0,57 \times 100/100 = 0,57\%.$$

Задана величина похибки 2%, і, отже, період знімання сигналу струму повинен становити 200 мкс (майже чотири градуси табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Таблиця значень синусів

Кут	sin	Кут	sin	Кут	sin	Кут	sin
1°	0.017452	46°	0.71934	91°	0.999848	136°	0.694658
2°	0.034899	47°	0.731354	92°	0.999391	137°	0.681998
3°	0.052336	48°	0.743145	93°	0.99863	138°	0.669131
4°	0.069756	49°	0.75471	94°	0.997564	139°	0.656059
5°	0.087156	50°	0.766044	95°	0.996195	140°	0.642788
6°	0.104528	51°	0.777146	96°	0.994522	141°	0.62932
7°	0.121869	52°	0.788011	97°	0.992546	142°	0.615661
8°	0.139173	53°	0.798636	98°	0.990268	143°	0.601815
9°	0.156434	54°	0.809017	99°	0.987688	144°	0.587785
10°	0.173648	55°	0.819152	100°	0.984808	145°	0.573576
11°	0.190809	56°	0.829038	101°	0.981627	146°	0.559193
12°	0.207912	57°	0.838671	102°	0.978148	147°	0.544639
13°	0.224951	58°	0.848048	103°	0.97437	148°	0.529919
14°	0.241922	59°	0.857167	104°	0.970296	149°	0.515038
15°	0.258819	60°	0.866025	105°	0.965926	150°	0.5
16°	0.275637	61°	0.87462	106°	0.961262	151°	0.48481
17°	0.292372	62°	0.882948	107°	0.956305	152°	0.469472
18°	0.309017	63°	0.891007	108°	0.951057	153°	0.45399
19°	0.325568	64°	0.898794	109°	0.945519	154°	0.438371
20°	0.34202	65°	0.906308	110°	0.939693	155°	0.422618
21°	0.358368	66°	0.913545	111°	0.93358	156°	0.406737
22°	0.374607	67°	0.920505	112°	0.927184	157°	0.390731
23°	0.390731	68°	0.927184	113°	0.920505	158°	0.374607
24°	0.406737	69°	0.93358	114°	0.913545	159°	0.358368
25°	0.422618	70°	0.939693	115°	0.906308	160°	0.34202
26°	0.438371	71°	0.945519	116°	0.898794	161°	0.325568
27°	0.45399	72°	0.951057	117°	0.891007	162°	0.309017
28°	0.469472	73°	0.956305	118°	0.882948	163°	0.292372
29°	0.48481	74°	0.961262	119°	0.87462	164°	0.275637
30°	0.5	75°	0.965926	120°	0.866025	165°	0.258819
31°	0.515038	76°	0.970296	121°	0.857167	166°	0.241922
32°	0.529919	77°	0.97437	122°	0.848048	167°	0.224951
33°	0.544639	78°	0.978148	123°	0.838671	168°	0.207912
34°	0.559193	79°	0.981627	124°	0.829038	169°	0.190809
35°	0.573576	80°	0.984808	125°	0.819152	170°	0.173648
36°	0.587785	81°	0.987688	126°	0.809017	171°	0.156434
37°	0.601815	82°	0.990268	127°	0.798636	172°	0.139173
38°	0.615661	83°	0.992546	128°	0.788011	173°	0.121869
39°	0.62932	84°	0.994522	129°	0.777146	174°	0.104528
40°	0.642788	85°	0.996195	130°	0.766044	175°	0.087156
41°	0.656059	86°	0.997564	131°	0.75471	176°	0.069756
42°	0.669131	87°	0.99863	132°	0.743145	177°	0.052336
43°	0.681998	88°	0.999391	133°	0.731354	178°	0.034899
44°	0.694658	89°	0.999848	134°	0.71934	179°	0.017452

45°	0.707107	90°	1	135°	0.707107	180°	0
-----	----------	-----	---	------	----------	------	---

2.5 Вибір основних технічних засобів системи

Аналіз даних п.2.3 показує, що шафа імітатор повинна містити контролер керування з модулями виводу аналогових і двохпозиційних сигналів. Кількість і характеристики сигналів представлені в табл. 2.1, тобто контролер повинен містити наступні модулі введення - виводу, щоб забезпечити видачу:

- шести аналогових сигналів постійного струму рівнем 0 -20мА;
- двадцяти трьох аналогових сигналів змінного струму 50 Гц рівнем ± 10 В;
- прийом 4-х аналогових сигналів (від щупів) постійного струму рівнем до ± 10 В.

Таким чином, контролер керування шафі імітаторі повинен містити модулі АЦП, ЦАП і виводу двохпозиційних сигналів.

Виходячи з результатів аналізу застосування контролерів відомих виробників за критерієм «ціна - якість» виберемо наступні засоби фірми ICP DAS [11].

Контролер типу I-8441, технічні дані якого представлені в табл.2.3, а загальний вид на рис.2.8 [12].



Рис.2.8. WP-8441-EN програмуємий модульний контролер на базі ОС Windows_CE_5.0 з 4 слотами розширення [12]

Таблиця 2.3

Основні технічні данні WP-8441-EN програмуємого модульного контролера на базі ОС Windows_CE_5.0 з 4 слотами розширення

Найменування параметру	Од. виміру	Параметр
1	2	3
Системне ПЗ		
Операційна система	-	Windows CE 5.0
Підтримка технології .Net Compact Framework	-	2.0
Убудовані програмні сервіси	-	FTP-server Web-server Embedded SQL-server
Базова середовище розробки	-	EVC++4.0 Visual Studio.Net 2003/2005/2008
Характеристики процесорного модуля		
Процесор		PXA270
Частота процесора	МГц	520
Розрядність процесора	біт	32
Оперативна пам'ять	МБ	128
Убудована Flash- пам'ять	МБ	96
Вільний простір убудованої Flash-пам'яті	МБ	31
Додаткова Flash- пам'ять microSD	ГБ	1
Максимальний розмір додаткової Flash- пам'яті	ГБ	8
Енергонезалежне ОЗП Штатне	КБ	512
Пам'ять EEPROM	КБ	16
Годинник реального часу		є
Унікальний апаратний номер (64 біт)		є
Сторожовий таймер		є
VGA-інтерфейс		800x600
Комунікаційні інтерфейси		
Порт Ethernet 10/100 Мбіт/с		2
Послідовні порти		USB1.1 - 1 RS-232 - 2 RS-232/485 - 1 RS-485 - 1
Додаткові опційні порти		RS-232 RS-485/422

		CAN FRnet
--	--	--------------

Продовження табл.2.3

1	2	3
Слоти розширення		
Кількість слотів		4
Підтримуючі модулі вводу-виводу		I-8000W I-87000W
Механічні характеристики		
Габарити, мм		231 x132 x111
Засіб монтажу		На DIN-рейку На стіну
Навколишнє середовище		
Робоча температура	°C	від -25 до +75
Температура збереження	°C	від -30 до +85
Відносна вологість	%	від 5 до 90
Електроживлення		
Діапазон вхідної напруги	В	від +10 до +30
Ізоляція по живленню	кВ	1
Вхід резервного живлення		є
Сигнальне реле аварії живлення		є

Модуль АЦП типу I-87017W для прийому 4-х сигналів від щупів, технічні дані якого представлені в табл.2.4, а загальний вид на рис.2.9.

Процесор	МВВДС	МВВДС	ЦАП	АЦП
----------	-------	-------	-----	-----

МВВДС- модуль вивода 16-ти дискретних сигналів типу сухий контакт

ЦАП - цифроаналоговий перетворювач, 8 виходів 0-20мА

АЦП – аналогово - цифровий перетворювач на 16 входів $\pm 10V$

Рис. 2.9. Склад модулів контролера шафи імітатора сигналів

(розроблено автором)

Таблиця 2.4

Технічні характеристики модуля АЦП I-87017W [13]

Найменування параметру	Од. виміру	Параметр
Характеристики модуля		
Тип шини		Послідовна
Кількість каналів введення		8
Розрядність АЦП		16 біт
Вхід по струму		
Діапазони струмового входу	мА	±20 (потрібен зовн. резистор 125 Ом)
Діапазони вводу по напрузі	В	±10, ±5, ±1.25, ±625 мВ
Частота вибірки (Sampling Rate)	Гц	10 (стандарт), 80 (швидкий режим)
Вхідний опір	МОм	> 2
Точність	%	±0.1%
Захист від перенапруги	В	±35
Гальванічна ізоляція	В	3000 VDC

Два модулі виводу - дискретних сигналів типу I - 8037, технічні дані якого представлені в табл.2.5, а загальний вид на рис.2.10 [14].

Таблиця 2.5

Основні технічні данні I-8037W 16-канального модуля дискретного виводу з ізоляцією

Найменування параметру	Од. виміру	Параметр
Специфікація		
Тип шини	-	Паралельна
Дискретне виведення		
Кількість каналів дискретного виводу	-	16
Тип виходу	-	ВК
Характеристика вихідного реле	-	
Струм навантаження, комутує мий при =30В	мА	100
Напруга ізоляції	В	3750
Живлення		
Напруга живлення	В	+5

Споживана потужність	А	0,4
Температурний діапазон	°C	від – 25 до +75



Рис. 2.10 - I-8037W 16-канальний модуль дискретного виводу з ізоляцією[14]

Модуль ЦАП типу I - 87028CW [15] , технічні дані якого представлені в табл.2.6, а загальний вид на рис.2.11.

Таблиця 2.6

Технічні характеристики модуля ЦАП типу I – 87028CW [15]

Найменування параметру	Од. виміру	Параметр
1	2	3
Характеристики модуля		
Тип шини	-	Паралельна
Кількість каналів	од	8 диф.
Вимірюючий сигнал	-	напруга струм
Розрядність АЦП	біт	14
Максимальна частота виборки	кГц	100
Вимірювання напруги		
Діапазони по напрузі	В	+/- 10 +/- 5 +/- 2,5

		+/- 1,25	
--	--	----------	--

Продовження табл.2.6

1	2	3
Вхідний опір по напрузі	кОм кОм МОм	20 200 20(вибирається джампером)
Вимірювання струму	-	-
Діапазони по струму	мА	+/- 20
Вхідний опір по струму. Зовнішній шунт	Ом	125
Похибка	%	$\pm 0,1$
Смуга пропускання	кГц	100
Гальванічна розв'язка	В	3000
Захист від перенапруги	В	+35
Споживаєма потужність	Вт	2
Робоча температура	°С	від – 25 до +75

Розташування модулів у контролері надано на рис.2.9, де дані необхідні пояснення.

2.6 Алгоритм і блок - схема визначення працездатності вузлів крана захисту від зіткнень

Як приклад розглянемо алгоритм імітації відстані до нерухливого стоячого крана і рухаючого. Для рішення цього завдання в шафі моста обробляються сигнали двох далекомірів, установлених з різних сторін моста.

Характеристики далекоміра:

- напруга 10 В на відстані 10м;
- зменшення напруги з du/dt , пропорційно швидкості зміни відстані до нерухомо вартного сусіднього крана.

Швидкісні характеристики крана:

- прискорення 0,5 м/сек²;
- максимальна швидкість 1,6 м/сек;

- шлях гальмування при зазначеній швидкості 2,25 м.

Отже, максимальне du/dt дорівнює 0,8 В/сек. Задавшись величиною шляху гальмування в 3 м, одержимо, що сигнал на аварійну сигналізацію й на гальмування із шафи моста повинен видаватися при досягненні сигналу рівнем в 3 В.

Якщо розглянути випадок зустрічного руху двох кранів, то максимальне du/dt у цьому випадку дорівнює 1,6 В/сек і шлях гальмування повинен бути 6 м.

На рис. 2.11 представлена блок-схема алгоритму, що імітує сигнал далекоміра про відстань до сусіднього крана, де прийняті наступні умовні позначки:

λ - ознака, формована при першому вході в програму,

T - поточний час (показання годин),

α - осередок для запам'ятовування моменту часу першого входу в програму,

β - осередок для зберігання величини поточного значення величини напруги на вході шафи моста, видаваного із заданим du/dt ,

Δ - осередок для запам'ятовування факту правильної реакції шафи моста на тестовий вплив,

Z - осередок для запам'ятовування факту неправильної реакції шафи моста на тестовий вплив.

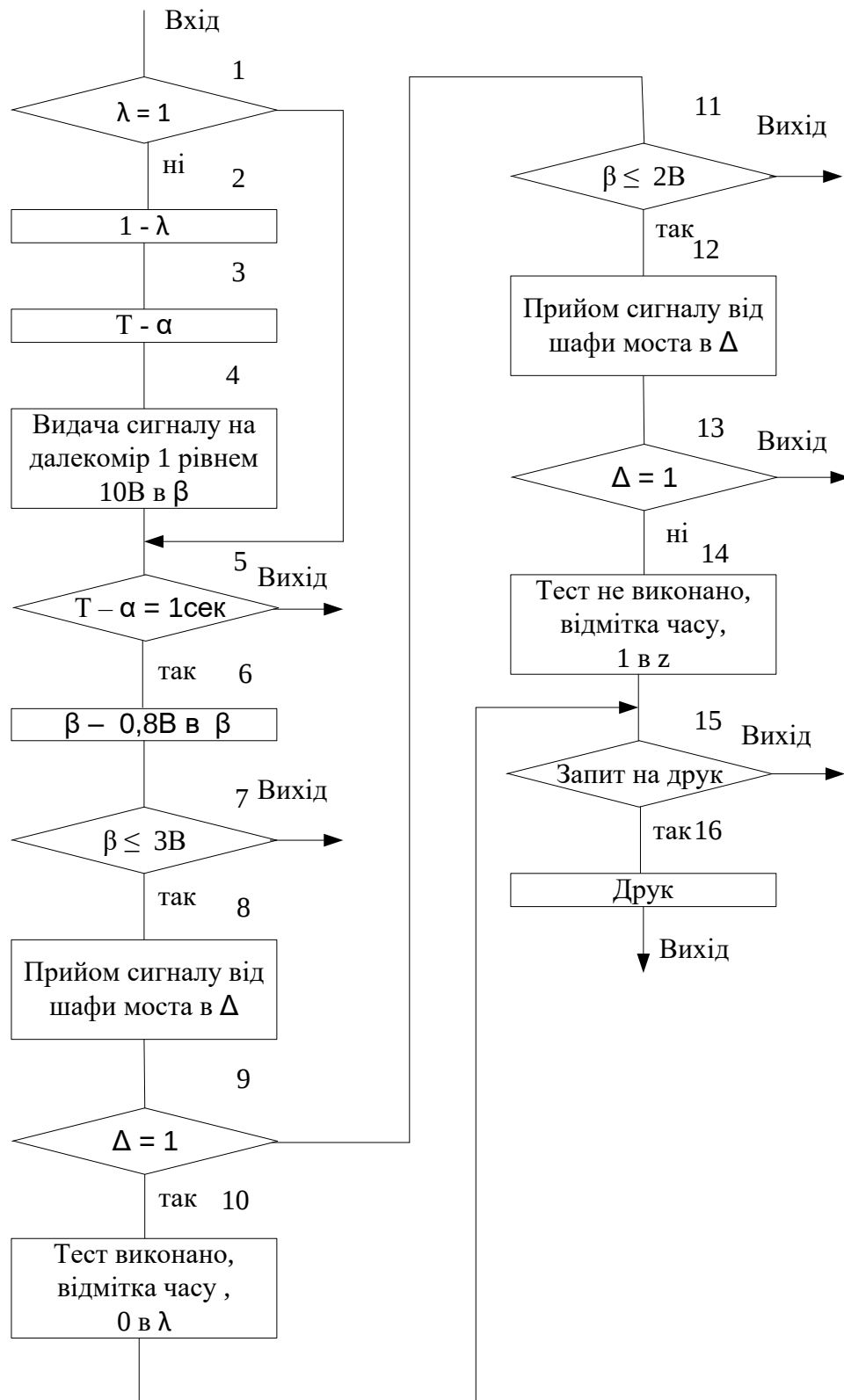


Рис. 2.11. Блок – схема алгоритму контролю працездатності далекоміра 1
(розроблено автором)

Призначення операторів блок - схеми:

Оп 1 - перевірка умови першого входу в програму;

Оп 2 - занесення ознаки про факт першого входу в програму;

Оп 3 - оцінка часу об виконання умови Оп 1;

Оп 4 - видача первісного тестового сигналу рівнем 10 В;

Оп 5 - витримка часу в 1 сек.;

Оп6, Оп 7 - організація поступового зменшення величини тестового сигналу з du/dt , рівним 0,8 В/сек;

Оп 8, Оп 9 і Оп 10 - визначення й запам'ятовування факту й моменту часу правильної реакції шафи моста на тестовий вплив;

Оп 11, Оп 12, Оп13 і Оп14- визначення й запам'ятовування факту й моменту часу неправильної реакції шафи моста на тестовий вплив.

Блок - схема алгоритму тестування далекоміра 2 аналогічна розглянутій.
Блок - схема алгоритму для кранів, що рухаються на зустріч один одному аналогічна блок - схемі рис.2.11 з тією різницею, що в Оп 6 величина уставки не 0,8, а 1,6 В/сек.

2.7 Економічне обґрунтування впровадженої розробки

Тема випускної кваліфікаційної роботи магістра – «Розробка системи контролю працездатності мікропроцесорних модулів зі складу засобів захисту механізмів мостових кранів при приймально-здавальних випробуваннях» – спрямована на вирішення актуальної прикладної задачі підвищення експлуатаційної надійності підйомно-транспортного обладнання на промисловому підприємстві. Об'єктом дослідження є умови експлуатації складу коксу ПАТ «ПівдГЗК», де для прийому сировини задіяно три мостових грейферних крана вантажопідйомністю 10 т. Ємність складу при фронті вивантаження залізничних вагонів (100 м) становить близько 21 000 т, що

робить безперебійну роботу кранів критичним фактором стабільності агрегаційного виробництва.

На сьогодні контроль працездатності мікропроцесорних модулів засобів захисту кранів здійснюється за допомогою універсального лабораторного обладнання в умовах ручного режиму. Такий підхід супроводжується тривалими простою виробництва, високою трудомісткістю налагоджувальних робіт і суттєвою залежністю від кваліфікації обслуговуючого персоналу. У зв'язку з цим виникає науково-технічна необхідність у розробці спеціалізованої системи діагностики, яка б забезпечувала автоматизоване, повне та достовірне тестування всіх функціональних вузлів модулів у відповідності до їхньої структури та алгоритмів роботи.

Проведений у теоретичній частині аналіз показав, що засоби захисту механізмів мостових кранів ґрунтуються на однотипній мікропроцесорній елементній базі, а їхня принципова дія заснована на порівнянні вимірних струмів приводів із заданими допустимими значеннями. При цьому сигнальні інтерфейси включають як аналогові, так і дискретні канали, що вимагає від іспитової системи гнучкої архітектури та комплексної перевірки усіх режимів роботи. Розроблена в рамках магістерської роботи система дозволяє не лише верифікувати працездатність модулів, а й локалізувати несправності, що істотно підвищує ефективність технічного обслуговування.

Економічна частина випускної кваліфікаційної роботи має на меті обґрунтувати доцільність інвестицій у реалізацію запропонованого інженерного рішення. Оцінка ефективності здійснюється на основі таких ключових показників, як річний економічний ефект та термін окупності капіталовкладень. Розрахунки виконано з урахуванням актуальних цін на сировину, енергоносії, промислове обладнання та трудові ресурси, що діють у гірничо-металургійному секторі України станом на грудень 2025 року.

Таблиця 2.7

Витрати на виробництво агломерату [16-18]

№	Параметр	Одиниця виміру	Кількість на 1 т	Ціна, грн	Сума на 1 т, грн
1. Прямі матеріальні витрати					3 865,00
1.1	Концентрат залізорудний	кг	740,0	4,10	3 034,00
1.2	Аглоруда	кг	196,0	1,80	352,80
1.3	Вапняк	кг	256,0	0,70	179,20
1.4	Коксовий дріб'язок	кг	35,0	8,50	297,50
1.5	Інші матеріали	—	—	—	1,50
2. Енергетичні витрати					325,00
2.1	Електроенергія	кВт·год	26,78	8,50	227,63
2.2	Природний газ	м³	3,75	20,00	75,00
2.3	Вода технічна	м³	1,10	20,20	22,22
3. Оплата праці з відрахуваннями	грн/т	—	—	—	120,00
4. Інші виробничі витрати	грн/т	—	—	—	45,00
Виробнича собівартість (C_1)		грн/т			4 355,00

Для обґрунтування економічної ефективності запропонованого технічного рішення використано фактичні параметри роботи аглоцеху ПАТ «ПівдГЗК», табл. 2.8. Дані включають режим роботи обладнання, обсяги виробництва, витрати на енергоносії та трудові ресурси, а також ринкові ціни на продукцію. Основні показники наведено нижче.

Таблиця 2.8

Техніко-економічні показники роботи аглоцеху [16-18]

№	Найменування показника	Одиниця виміру	Позначення	Значення
1	Календарний час роботи цеху	годин	Тк	8 760
2	Простої на ремонтах, у т.ч. ППР	годин	Тр	144
3	Фактичний час роботи крана	годин	ТФ	5 694
4	Річний обсяг виробництва аглошихти	т	V1	4 652 000
5	Середня вартість втрат виробництва через простої на налагодження крану	грн/год	Ввтрат	12 000
6	Вартість однієї години роботи налагоджувальника	грн/год/чол	Вн	250
7	Середній час налагодження в зміну	годин	Тн	1,5
8	Кількість змін на рік із налагоджувальними роботами	одиниць	n	60
9	Собівартість аглошихти	грн/т	С1	4 355,00
10	Ціна реалізації аглошихти	грн/т	Ц	6 200,00

Економічна доцільність ухваленого рішення про впровадження системи контролю працездатності мікропроцесорних модулів підтверджується низкою кількісних показників, обґрунтованих на основі реальних даних експлуатації обладнання. Завдяки автоматизації процесу діагностики досягається не лише зниження простоїв, а й підвищення точності визначення несправностей, що зменшує ризик повторних відмов. Ключові ефекти від впровадження наведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Показники, що спричиняють економічну доцільність рішення

№	Назва показника	Зміни (абсолютні)	Зміни (%)	Джерело підтвердження
1	Зниження втрат виробництва через скорочення простоїв кранів на налагодження, грн/рік	-337 500	30%	Економіст аглоцеху ПАТ «ПівдГЗК»
2	Скорочення трудовитрат на налагоджувальні роботи, людино-години/рік	-54	30%	Графік ТО- 2025, техвідділ

2.7.1 Розрахунок капіталовкладень і додаткових експлуатаційних витрат

Для аналізу економічної ефективності впроваджуваної системи складемо кошторис капітальних витрат (дивися табл. 2.10).

Таблиця 2.10

Кошторис капітальних витрат (ΔК) [19]

№	Найменування	Кількість, шт.	Ціна за од., грн	Загальна сума, грн
1	Плати дискретного введення/виводу (I-8037W)	2	8 500	17 000
2	Плата ЦАП (I-87028CW)	1	9 200	9 200
3	Промисловий контролер (WP-8441-EN)	1	38 000	38 000
4	Плата АЦП (I-87017W)	1	11 500	11 500
5	Шафа, щупи, узгоджувачі	1	25 000	25 000
6	Робоча станція (промисловий ноутбук + принтер)	1	32 000	32 000
Разом вартість обладнання				132 700
7	Монтаж та пусконаладження (15% від вартості обладнання)	—	—	19 905
8	Програмне забезпечення (власна розробка)	—	—	15 000
9	Проектні роботи (розробка документації)	—	—	72 000

РАЗОМ капітальних витрат (ΔК)	239 605
--------------------------------------	----------------

2.7.2 Розрахунок додаткових експлуатаційних витрат (щорічні)

Щорічні додаткові витрати (ΔСекс) пов'язані з експлуатацією нової системи. Амортизації підлягає тільки вартість обладнання (132 700 грн).

1. Амортизаційні відрахування (А). Норма амортизації для електронно-обчислювальної техніки (3-тя група) – 20% річних.

$$A = 132\,700 \cdot 0,20 = 26\,540 \text{ грн/рік} \quad (2.8)$$

2. Витрати на поточний ремонт та обслуговування (Впр). Приймаємо 6% від вартості обладнання.

$$Впр = 132\,700 \cdot 0,06 = 7\,962 \text{ грн/рік} \quad (2.9)$$

Загальна сума додаткових щорічних витрат:

$$\Delta\text{Секс} = A + Впр = 26\,540 + 7\,962 = 34\,502 \text{ грн/рік} \quad (2.10)$$

Таблиця 2.11

Додаткові щорічні експлуатаційні витрати

Найменування витрат	Ум. позн.	Сума, грн/рік
Амортизаційні відрахування	А	26 540
Витрати на обслуговування та ремонт	Впр	7 962
РАЗОМ додаткових щорічних витрат	ΔСекс	34 502

2.7.3 Розрахунок річного економічного ефекту (щорічний приріст прибутку)

Впровадження системи дозволить скоротити час простою кранів на налагодження на 30%.

1. Зниження витрат на простої та роботу персоналу (ΔB):

Розраховуємо річну економію за формулою, що враховує скорочення витрат часу ($t_n \cdot n$) на вартість простою ($B_{\text{втрат}}$) та праці налагоджувальників ($B_n \cdot 2$).

$$\begin{aligned} \Delta B &= t_n \cdot n \cdot (B_{\text{втрат}} + 2 \cdot B_n) \cdot K_{\text{ек}} = \\ &= 1.5 \cdot 60 \cdot (12\,000 + 2 \cdot 250) \cdot 0.30 = 337\,500 \text{ грн/рік} \end{aligned} \quad (2.10)$$

2. Річний економічний ефект (E): Визначаємо як різницю між отриманою економією та додатковими витратами.

$$E = \Delta B - \Delta C_{\text{екс}} = 337\,500 - 34\,502 = 302\,998 \text{ грн/рік} \quad (2.11)$$

2.7.4 Узагальнення впливу на собівартість продукції

Розрахуємо, як впровадження вплине на собівартість 1 тонни аглошихти.

1. Зниження собівартості на одиницю продукції ($\Delta C'$):

$$\Delta C' = E/V = 302\,998 / 4\,652\,000 \approx 0.065 \text{ грн/т} \quad (2.12)$$

2. Проектна собівартість 1 т аглошихти ($C_{\text{п}}$):

$$C_{\text{п}} = C_1 - \Delta C' = 4\,355,00 - 0,065 = 4\,354,935 \text{ грн/т} \quad (2.13)$$

Таблиця 2.12

Загальний вплив на статті витрат

Найменування	Позначення	Зміна витрат, грн.	На одиницю продукції, грн. /т.
Амортизаційні відрахування	А	+26 540	+0,0057
Витрати на обслуговування та ремонт	Впр	+7 962	+0,0017
Економія (скорочення простоїв та зарплатні)	Е	-337 500	-0,0724
Чистий економічний ефект (зниження витрат)	Еч	-302 998	-0,0650

2.7.5 Розрахунок терміну окупності капітальних вкладень

Термін окупності (Ток) показує, за який час інвестиції повернуться за рахунок отриманого ефекту.

$$T_{ок} = \Delta K / E = 239\,605 / 302\,998 \approx 0.79 \text{ року}$$

Капітальні вкладення окупляться приблизно за 9,5 місяців ($0.79 \cdot 12$), що є відмінним показником для промислових інвестиційних проєктів.

2.7.6 Узагальнюючі техніко-економічні показники

Кінцеві результати розрахунків представлені в табл. 2.13.

Таблиця 2.13

Порівняльні техніко-економічні показники

№	Показник	Одиниця виміру	Базовий варіант	Проектний варіант	Відхилення (+, -)
1	Річний обсяг виробництва	т	4 652 000	4 652 000	0
2	Собівартість 1 т продукції	грн/т	4 355,000	4 354,935	-0,065
3	Річна собівартість всього обсягу	тис. грн	20 252 746	20 252 443	-303
4	Річний прибуток (за умови незмінної ціни)	тис. грн	8 589 654	8 589 957	+303
5	Річний економічний ефект (Е)	тис. грн	—	303,0	—
6	Термін окупності (Ток)	місяці	—	≈ 9,5	—

Впровадження розробленої системи контролю працездатності мікропроцесорних модулів є економічно доцільним та ефективним. Основний економічний результат досягається за рахунок скорочення часу простою дороговартісного обладнання (кранів) на 30%.

- річний економічний ефект становить 302 998 гривень.
- термін окупності капітальних вкладень – менше 10 місяців, що свідчить про високу ефективність інвестицій.
- впровадження системи призводить до зниження собівартості виробництва аглошихти та відповідного збільшення річного прибутку підприємства.

Отримані розрахунки переконливо доводять доцільність фінансування та практичної реалізації даного рішення на ПАТ «ПівдГЗК».

2.8 Охорона праці, пожежна безпека та екологія в умовах складу коксу

2.8.1 Аналіз та оцінка небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Експлуатація складу коксу, як об'єкта з інтенсивним використанням підйомно-транспортного обладнання та відкритим зберіганням сипкого матеріалу, пов'язана з дією комплексу специфічних факторів виробничого середовища. Проведений аналіз ґрунтується на оцінці умов праці на типовому об'єкті – складі коксу аглофабрики, де функціонують три мостові грейферні крани для розвантаження вагонів та переміщення матеріалу.

Мета аналізу: виявити та кваліфікувати фактори, що створюють загрозу здоров'ю працівників та порушують чинні державні норми, з метою подальшого обґрунтування комплексу протиепідеміологічних заходів.

Результати оцінки зведені в табл. 2.14. Як видно з даних таблиці, ключові фактори ризику пов'язані з високою запиленістю повітря, рівнями шуму та вібрації, що перевищують допустимі, і несприятливим мікрокліматом у теплий період року [20, 21, 24, 25].

Таблиця 2.14

Аналіз шкідливих та небезпечних факторів на складі коксу

Фактор	Одиниця виміру	Нормативне значення	Фактична/очікувана величина на робочому місці	Наслідки та ступінь ризику
1	2	3	4	5
Концентрація пилу коксу в повітрі робочої зони	мг/м ³	6,0 [20]	7,0 – 9,0	Перевищення ГДК. Підвищує ризик розвитку захворювань органів дихання, кон'юнктивітів, алергій. Створює умови для вибухонебезпечної концентрації.

Продовження табл. 2.14

1	2	3	4	5
Еквівалентний рівень шуму	дБА	80 дБА [24]	82 – 90 (біля вібраторів, приводів)	Постійне перевищення ГДР. Призводить до професійної туговухості, підвищеної стомлюваності, зниження концентрації уваги.
Рівень вібрації загальної (в кабіні крана)	дБ	92 дБ (октава 31.5 Гц) [25]	95 – 100	Перевищення нормативів. Сприяє виникненню вібраційної хвороби, патологій суглобів, порушень з боку нервової та серцево-судинної систем.
Параметри мікроклімату (літній період, закриті пости):				
– температура повітря	°C	17 – 24 [21]	27 – 32	Значне перевищення. Викликає термічний стрес, зниження працездатності, прискорене стомлення.
– відносна вологість	%	40 – 60 [21]	61 – 70	Незначне відхилення в сторону підвищеної вологості.

Продовження табл. 2.14

1	2	3	4	5
Фізичні небезпечні фактори:				
– рухомі частини механізмів	—	—	Наявні	Високий ризик травматизму. Захоплення, затискання, ушкодження при обслуговуванні кранів, конвеєрів.
– електробезпека	—	Відповідно до [27, 29]	Наявні	Високий ризик. Поразка електричним струмом через пошкоджену ізоляцію, контакт зі струмоведучими частинами під напругою.
– робота на висоті	—	Відповідно до [22]	Наявні	Ризик падіння з висоти під час монтажних чи ремонтних робіт на конструкціях крана.

2.8.2 Комплекс профілактичних та захисних заходів

Для мінімізації виявлених ризиків та приведення умов праці у відповідність до законодавчих вимог [22] запропоновано систему заходів, що базуються на принципі ієрархії контролю небезпек: усунення небезпеки в джерелі, інженерно-технічні засоби, адміністративний контроль та засоби індивідуального захисту.

1. Заходи щодо зниження запиленості:

- Технічні рішення: герметизація місць перевантаження матеріалу шляхом установки ущільнених кожухів на перевантажувальні воронки та збільшення глибини (висоти) завантажувальних лотків.

- Вентиляція та аспірація:

- а) Обладнання джерел пилоутворення місцевими відсмоктувальними укриттями, підключеними до центральної аспіраційної системи.

- б) Встановлення вискоелективних рукавних фільтрів (типу ФРКІ) для очищення задимленого повітря. Проектна ефективність очищення – не менше 99.5%.

- в) Організація загальнообмінної припливно-витяжної вентиляції у закритих приміщеннях поста керування для забезпечення кратності повітрообміну відповідно до [28].

- Плановане упорскування води: для припилення пилу на відкритих майданчиках та дорогах влітку.

2. Заходи щодо захисту від шуму та вібрації:

- Модернізація обладнання: заміна стандартних амортизаторів на грохотах та вібраційних лотках на пневмобалони (наприклад, типу Н-50), що дозволяє знизити рівень шуму на 5-7 дБА.

- Акустична та віброізоляція кабін кранів:

- а) виконання повної облицювання кабін комбінованими звуко- та вібропоглинаючими панелями (наприклад, на основі мінеральної вати та фольгованого «ІЗОЛОНУ»);

- б) встановлення сучасних віконних блоків із розсувними алюмінієвими рамами, склопакетами та багаторівневими ущільнювачами;

- в) оснащення крісла оператора гідравлічним амортизатором, регульованою спинкою та підлокітниками для створення ергономічного робочого положення та зменшення впливу вібрації;

- г) очікуваний результат: комплексне впровадження цих заходів дозволить знизити рівень шуму в кабіні оператора крана до 65-70 дБА, що відповідає нормативним вимогам [24].

3. Забезпечення електробезпеки:

а) засоби колективного захисту: Всі струмовідні частини (тролеї, шини, розподільчі шафи) надійно огорожуються. Виконується захисне заземлення всіх металевих корпусів електрообладнання відповідно до вимог [29].

б) розрахунок захисного заземлення: Для умов цеху (грунт – глина з розрахунковим питомим опором $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$) виконано розрахунок контуру заземлення.

Вихідні дані: Напруга установки до 1000 В, розрахунковий струм замикання $I_z = 260 \text{ А}$ (обмежений плавкою вставкою).

Необхідний опір заземлення: Відповідно до ПУЕ для установок до 1000 В у мережах з ізолюваною нейтраллю $R_z \leq 4 \text{ Ом}$. Приймаємо $R_{z.\text{норм}} = 4 \text{ Ом}$.

Конструкція: Прийнято контур із вертикальних електродів (сталеві труби $d=0.12 \text{ м}$, $L=3 \text{ м}$) і сполучної смуги (сталева смуга $40 \times 4 \text{ мм}$).

Розрахунковий опір одиночного вертикального електрода: $R_v \approx 34 \text{ Ом}$.

Необхідна кількість електродів: $n = R_v / (R_{z.\text{норм}} \cdot \eta_v) \approx 34 / (4 \cdot 0,52) \approx 16,3$, приймаємо 17 шт., де $\eta_v=0,52$ – коефіцієнт використання.

Опір сполучної смуги: $R_{\text{сп}} \approx 4,8 \text{ Ом}$.

Загальний опір штучного заземлювача: $R_{z.\text{розр}} \approx 0,95 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$.

Розрахований контур із 17 вертикальних електродів забезпечує опір заземлення 0,95 Ом, що суттєво нижче нормативного значення 4 Ом та відповідає вимогам [29].

2.8.3 Організаційні заходи та засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Незважаючи на інженерні заходи, залишається необхідність використання ЗІЗ. Їхня безкоштовна видача працівникам організується згідно з чинними типовими нормами [30]. Основний перелік ЗІЗ для електромонтера-налагоджувача системи контролю наведено в табл. 2.15.

Таблиця 2.15

Норми видачі засобів індивідуального захисту

Найменування ЗІЗ	Призначення	Норма видачі	Примітки
Костюм з бавовняної тканини з покриттям	Захист тіла від механічних впливів, пилу	1 на рік	
Черевики шкіряні з металевим підноском	Захист ніг від ударів, проколів	1 пара на рік	
Рукавиці комбіновані	Захист рук	12 пар на рік (1 на місяць)	
Окуляри захисні герметичні	Захист очей від пилу	до зносу	
Респіратор протипиловий	Захист органів дихання	1 на зміну	Для робіт у зоні підвищеної запиленості
Каска захисна	Захист голови	до зносу	
Навушники протишумові	Захист органів слуху	до зносу	Для роботи у зонах з рівнем шуму >80 дБА

Для працівників, які безпосередньо обслуговують електрообладнання системи, додатково передбачаються діелектричні засоби (боти, рукавички, килимки, ізольований інструмент), періодичність перевірки яких регламентується [27].

Санітарно-побутове забезпечення організовується в адміністративно-побутовому корпусі згідно з вимогами [31]: гардеробні подвійні (1 шафа/особу), душові (1 сітка/3 особи), кімнати відпочинку, прийому їжі,

медичний пункт. На території встановлюються пункти з підсоленою газованою водою.

2.8.4 Пожежна безпека та екологічний захист

Відповідно до класифікації [32], приміщення складу коксу та електрощитові віднесені до категорії Б за вибухопожежною небезпекою через наявність горючого пилу.

Заходи пожежної безпеки:

- системи виявлення та сповіщення: обладнання приміщень автоматичною пожежною сигналізацією та системою оповіщення та управління евакуацією;
- первинні засоби пожежогасіння: на об'єкті передбачено наявність вогнегасників: порошкових (ВП-5) – для загальних зон, вуглекислотних (ВВ-5) – для електроустановок; ящиків з піском, протипожежних покривал та щитів;
- блискавкозахист: установка стрижневої системи зовнішнього блискавкозахисту для захисту споруд складу.

Таблиця 2.16

Номенклатура та кількість первинних засобів пожежогасіння

Найменування засобу	Тип / Марка	Кількість, шт.	Місце встановлення
Вогнегасник порошковий	ВП-5	5	Біля виходів з приміщень, вздовж проходів
Вогнегасник вуглекислотний	ВВ-5	2	Електрощитові, приміщення з електрообладнанням
Ящик з піском (0.5 м³) з лопатою	—	3	Біля місць можливого розливу ПММ, у цеху
Пожежний щит комплектний	ЩП-А	2	На відкритих майданчиках складу
Покривало протипожежне	—	2	Пости керування

Екологічний аспект: Основним негативним впливом на навколишнє середовище є атмосферні викиди пилу. Для їх мінімізації передбачено:

- експлуатацію аспіраційної системи з високоефективними фільтрами, що забезпечує уловлювання понад 99% твердих частинок;
- зелені захисні смуги навколо периметра складу;
- планове обстеження та ремонт обладнання для запобігання аварійним викидам.

Детальний аналіз умов праці на складі коксу виявив ряд критичних відхилень від чинних санітарних норм [20, 21, 24, 25]. Запропонований комплекс інженерно-технічних, організаційних та індивідуальних заходів, що базується на вимогах законодавства України [22, 27, 29, 30, 32], дозволить суттєво знизити професійні ризики для персоналу, що обслуговує кранове обладнання та систему контролю, запобігти виробничому травматизму та мінімізувати техногенний вплив на довкілля.

ВИСНОВКИ

У представленій роботі було виконано комплексне дослідження та розроблено систему контролю працездатності для мікропроцесорних пристроїв захисту механізмів мостових кранів, що використовуються на складі коксу ПАТ «ПівдГЗК».

Проведено аналіз об'єктів дослідження – мікропроцесорних пристроїв захисту приводів грейферного (ПЗМ-ГК) та пратцен-крана (ПЗМ-ПК). Встановлено, що їхній принцип дії ґрунтується на порівнянні вимірних значень струмів приводів із допустимими межами, а елементна база та внутрішня структура є аналогічними. Це дозволило уніфікувати підхід до розробки системи контролю.

Детально описані алгоритми роботи пристроїв, що забезпечують виявлення 15 видів порушень режимів роботи приводів (від перевантаження та втрати фази до руйнування механічної передачі), а також точний облік часу роботи крана та витрати електроенергії. Сформовано повний перелік та характеристики вхідних-вихідних сигналів, що став основою для проектування тестової системи.

На основі критичного аналізу існуючих дорогих та вузькоспеціалізованих методів АЗК (автоматизованих засобів контролю) було запропоновано ефективне рішення за принципом «придатний-непридатний» з локалізацією несправності до функціонального вузла. Ядро системи складає шафа-імітатор на базі промислового контролера WP-8441-EN (ICP DAS), яка формує тестові послідовності аналогових та дискретних сигналів, імітуючи як нормальну роботу приводів, так і всі види аварійних режимів.

Обрано модулі введення-виведення (I-87017W, I-87028CW, I-8037W), що повністю покривають потребу в каналах для імітації та збору сигналів.

Розраховано критично важливі параметри системи:

- частота знімання сигналів для контролю руху кранів назустріч один одному – 0,03 сек.

- період знімання сигналів струму для забезпечення похибки вимірювання не гірше 2% – 200 мкс.

Розроблено блок-схеми алгоритмів тестування ключових функцій, зокрема системи захисту від зіткнень на основі сигналів далекомірів.

Розрахунки, виконані на основі реальних даних аглоцеху, підтверджують високу ефективність впровадження:

Річний економічний ефект від скорочення простоїв кранів та витрат на налагодження становить 302 998 гривень.

Термін окупності капітальних інвестицій обсягом 239 605 грн – менше 10 місяців.

Впровадження призводить до зниження собівартості виробництва аглошихти та збільшення річного прибутку підприємства.

Розроблено комплекс заходів з охорони праці та промислової безпеки. Для умов складу коксу запропоновано інженерно-технічні рішення щодо:

- боротьби з пилом (герметизація, аспірація);
- зниження шуму та вібрації (модернізація грохотів, акустична обробка кабін);
- електробезпеки (розрахунок контуру заземлення з опором 0.95 Ом);
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту згідно з чинним законодавством.

Уперше для підприємств гірничо-металургійного комплексу України запропоновано комплексну методологію побудови системи контролю працездатності саме для мікропроцесорних пристроїв захисту кранів, що інтегрує апаратну платформу, спеціалізоване програмне забезпечення та методику тестування на основі повного алгоритму роботи виробу.

Розроблена система дозволяє скоротити час приймально-здавальних випробувань нових та відремонтованих модулів за рахунок автоматизації процесу.

Забезпечує підвищення достовірності контролю та точну локалізацію несправностей (до блоку), що зменшує час та вартість ремонту.

Сприяє підвищенню загальної готовності та надійності кранового обладнання, зменшуючи ризик аварійних зупинок основного виробництва.

Отже, мета магістерської роботи – розробка ефективної системи контролю працездатності мікропроцесорних виробів для підвищення їхньої готовності та достовірності випробувань – досягнута. Отримані результати є завершеними і можуть бути використані ТОВ «Криворіжелектромонтаж» для організації власного стенду тестування, а ПАТ «ПівдГЗК» – для підвищення ефективності технічного обслуговування підйомно-транспортного обладнання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Білий, У. Н. Проектування систем автоматизованого контролю для проведення приемо – здавальних випробувань. Електроніка та системи управління. 2011. №2 (28). e-mail: iacs@pau.edu.ua.
2. Пристрій захисту й обліку роботи механізмів кранів (ПЗМ-ГК), Грейферний кран. Технічний проект. 33759279.11-КЕМ.ТП. 2011 р.
3. Пристрій захисту й обліку роботи механізмів кранів (МЗУ-ПК), Пратцен кран. Технічний проект. 33759279.11-КЕМ.ТП. 2011 р.
4. Ковальов, А. І., Саприкін, Д. К., Степанченко, В. М. (ПАТ «ПГЗК»), Хижняк, В. Я. (к.т.н.), Кобзар, В. І. (КФМ НМетАУ, ТОВ «АВТОМЕЛ»). Мікропроцесорний пристрій теплового захисту приводів екскаваторів.
5. Синчук, О. М., Хижняк, В. Я., & Литовченко, А. В. (2014). Система технологічного обліку електроенергії, споживаної кар'єрними екскаваторами. У Х Міжнародна конференція "Стратегія якості в промисловості та освіті" (С. 458-466).
6. Хижняк, В. Я., & Литовченко, А. В. (2015). Мікропроцесорний пристрій захисту та обліку роботи механізмів мостового крана (ПЗМК). У XI Міжнародна конференція "Стратегія якості в промисловості та освіті" (С. 410-416).
7. Романенко, В. І., Вайнер, А. Й., Гусак, Г. І., та ін. (2005). Мікропроцесорна система захисту та управління двигунами електрофільтрів обпалювальних печей. Металургійна та гірничорудна промисловість, (6), 101-105. Панченко, С. В., Блиндюк, В. С., Баженов, В. М., та ін. (2020). Релейний захист і автоматика: Навч. посібник (Ч. 1). УкрДУЗТ.
8. Савченко, А. В., Бояр, В. М., Котов, А. В. Основи технічної діагностики та надійності систем. Підручник. Київ : НТУУ «КПІ» (НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»), 2018. 320 с.

9. Черкашин, М. В., Дудник, А. О., Черкашина, Г. С. Автоматизований електропривод промислових установок. Навчальний посібник. Харків : ХНАДУ (Харківський національний автомобільно-дорожній університет), 2016. 235 с.
10. Nordson SONOSCAN. S40 Pilot – X-ray Inspection System. Офіційний сайт. URL: <https://www.nordsonsonicscan.com/products/x-ray-inspection-systems/s40-pilot/> (дата звернення: 13.12.2025)
11. ICP DAS Co., Ltd. Industrial Automation and Control Solutions. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.icpdas.com>.
12. WP-8x4x Series User Manual. High-performance Windows CE 5.0 Based PAC. ICP DAS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.icpdas.com/en/product/WP-8441>.
13. I-87017W Data Sheet. 8-channel Analog Input Module. ICP DAS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.icpdas.com/en/product/I-87017W>.
14. I-8037W Hardware User Guide. 16-channel Isolated Digital Output Module. ICP DAS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.icpdas.com/en/product/I-8037W>.
15. I-87028CW Technical Specifications. 8-channel Voltage and Current Output Module. ICP DAS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.icpdas.com/en/product/I-87028CW>.
16. НКРЕКП. Тарифи на електричну енергію для промислових споживачів. Грудень 2025.
17. Міністерство енергетики України. Ціни на природний газ для промисловості. 2025.
18. Аналітичний звіт «Ринок залізорудної сировини України», Індустріальна група Метінвест, грудень 2025.
19. ICP DAS Ukraine – Official Distributor Price List (December 2025). URL: <https://icpdas.ua>
20. ДСанПіН 0.03-4.12-96 «Державні санітарні норми щодо вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони».

21. ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
22. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ (зі змінами).
23. Державні будівельні норми України ДБН А.3.2-2:2009 «Складність та послідовність проектування. Основні положення».
24. ДСанПіН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
25. ДСанПіН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої вібрації».
26. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 р. № 5403-VI (зі змінами).
27. Правила безпеки при експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕ). Затверджені наказом Держнаглядохоронпраці України від 01.07.1997 р. № 127 (зі змінами).
28. ДБН В.2.5-13:2018 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
29. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Четверте видання (Ч. 1. Розд. 1. Загальні правила; Розд. 1.7. Заземлення та захисні заходи електробезпеки).
30. Наказ Міністерства соціальної політики України «Про затвердження Типових норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту» від 25.11.2020 р. № 1437.
31. ДБН В.2.2-5-97 «Споруди побутового призначення».
32. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».
33. С. Гушко. Вимоги з оформлення письмових робіт у державному університеті економіки і технологій. Затверджено Науково-методичною радою Державного університету економіки і технологій (протокол №2 від «08» грудня 2020р.). Навч. посібник. Кривий Ріг, 2020.-53с.

StrikePlagiarism.com

Документ прийнятий

Звіт подібності

Метадані

Назва організації		підрозділ		
STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY		STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY		
Заголовок				
174-13-2026вrm				
Автор		Науковий керівник / Експерт		
174-13-2026вrm		Молдло Є.О.		
Кількість слів	Кількість символів	Дата звіту	Дата редагування	ІД документа
12560	84365	1/13/2026	1/13/2026	333099460

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.

4.18%

4.18%

КП 1

12560

Кількість слів

0.61%

0.61%

КЦ

84365

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв	B	178
Інтервали	A→	0
Мікропробіли	␣	0
Білі знаки	␣	0
Парафрази (SmartMarks)	a	42

Джерела

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Копіювати

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://www.docsiy.com/ru/avtomatizaciya-tehnologichnogo-procesu-ochishchennya-transformatornogo-masla/7515169/	33 0.26 %
2	https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/38386/2/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D1%81%D0%BD%D1%96%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%A0%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%20%D0%92%D0%B0%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87.pdf	23 0.18 %

ЗГОДА здобувача(чки) освіти Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії ДУЕТ

Я, *Скрипник Георгій Васильович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу. Стверджую, що кваліфікаційна магістерська (бакалаврська) робота (назва роботи повністю) виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до пункту 5.8 «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» згадана робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ) та ознайомлений(на) з умовами такого розміщення.

01.06. 2025