

Вінницький національний технічний університет

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів


## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

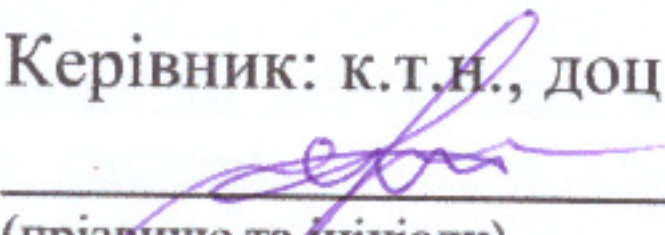
«Лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини  
підйомної установки з функцією моніторингу стану системи»

Виконав: студент 2-го курсу, гр. ЕПА-22м  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

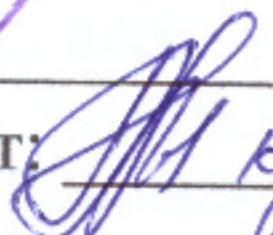
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

  
Назарій АСАУЛА  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц кафедри КЕМСК

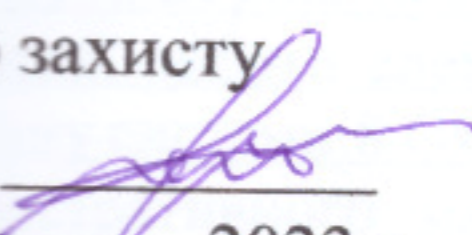
  
Микола МОШНОРИЗ  
(прізвище та ініціали)

« 21 » 11 2023 р.

Опонент:  к.т.н., доц. каф. ЕЕЕМ

Вабенко О. В.  
(прізвище та ініціали)

« 11 » 12 2023 р.

Допущено до захисту  
Зав. кафедри   
« 21 » 11 2023 р.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет Електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань 14 – Електрична інженерія  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Освітньо-професійна програма «Електромеханічні системи автоматизації та електродвигунів»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Зав. кафедри КЕМСК**

к.т.н., доц.

**Микола МОШНОРИЗ**

“21” 10 2023 року

### **З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Асаулі Назарію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи.

керівник роботи Мошноріз Микола Миколайович, к.т.н., доц. каф. КЕМСК

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “18” 09 2023 року № 249

2. Термін подання студентом роботи 28.11.2023р.

3. Вихідні дані до роботи: \_\_\_\_\_

4. Зміст текстової частини: 1. Загальні відомості про підйомні установки: класифікація, особливості роботи електропривода та вимоги до надійності та системи керування; 2. Наукове обґрунтування вибору системи електропривода підйомної установки з точки зору забезпечення надійності її роботи; 3. Функціональна схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи. Алгоритм роботи стенда; 4. Структурна схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи. Вибір елементної бази; 5. Електрична принципова схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи; 6. Практична реалізація лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи. Демонстрація роботи стенда; 7. Техніко-економічне обґрунтування лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи; 8. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Функціональна схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи; 2. Алгоритм роботи стенда; 3. Структурна схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи; 4. Електрична принципова схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи.

6. Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	к.т.н., доц. каф. КЕМСК Мошноріз М. М.	24.10.2023	21.11.2023
Економічна частина	Шулле Ю.А. к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ	24.10.2023	21.11.2023
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Зав. каф. БЖДПБ, д. пед. н., проф. Кобилянський О. В.	24.10.2023	28.11.2023

7. Дата видачі завдання 24.10.2023 року

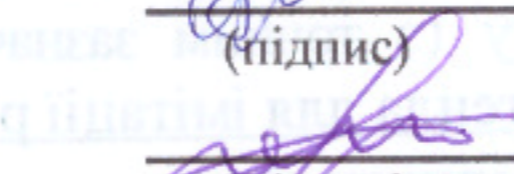
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	03.10.2023р.	Протокол КЕМСК №3
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	21.11.2023р.	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	28.11.2023р.	
4	Виконання розділу «Економічна частина»	21.11.2023р.	
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	28.11.2023р.	
6	Попередній захист МКР	28.11.2023р.	
7	Нормоконтроль МКР	28.11.2023р.	
8	Рецензування МКР	11.12.2023р.	
9	Захист МКР	12.12.2023р.	

Студент

  
(підпис)

Керівник роботи

  
(підпис)

Назарій АСАЧЛА  
(прізвище та ініціали)

Микола МОШНОРІЗ  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК: 622.005.5

Асаула Н.М. Лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 –Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітня програма - електрична інженерія. Вінниця: ВНТУ, 2023. с.

На укр. мові. Бібліогр.: 23 назв; рис.: 24; табл. 14.

В магістерській кваліфікаційній роботі було розроблено та продемонстровано лабораторний стенд для аналізу енергетичних параметрів електричної машини змінного струму. В основній частині роботи Загальні відомості про підйомні установки: класифікація, особливості роботи електропривода та вимоги до надійності та системи керування, науково обґрунтовано вибір системи електропривода підйомної установки з точки зору забезпечення надійності її роботи, розроблено алгоритм роботи стенда, провівся вибір елементної бази, практично реалізовано та продемонстровано роботу лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи.

Графічна частина складається з 11 плакатів із результатами роботи.

В розділі охорони праці визначено основні положення щодо безпечної експлуатації досліджуваного електротехнічного комплексу в умовах дії шкідливих чинників оточуючого середовища.

Ключові слова: лабораторний стенд, підйомна установка, моніторинг, система керування, режими роботи, алгоритм роботи, елементна база.

## **ABSTRACT**

Asaula N.M. A laboratory stand for simulating the operation of the electromechanical part of the lifting installation with the function of monitoring the state of the system. Master's qualification thesis on specialty 141 – Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics, educational program - electrical engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. p.

In Ukrainian speech Bibliography: 28 titles; Fig.: 30; table 13.

In the master's qualification work, a laboratory stand for the analysis of the energy parameters of an alternating current electric machine was developed and demonstrated. In the main part of the work General information about lifting installations: classification, features of the operation of the electric drive and requirements for reliability and control system, the selection of the electric drive system of the lifting installation is scientifically justified from the point of view of ensuring the reliability of its operation, the algorithm of the stand operation was developed, the selection of the element base was carried out, practically implemented and demonstrated the operation of the laboratory stand for simulating the operation of the electromechanical part of the lifting unit with the function of monitoring the state of the system.

The graphic part consists of 11 posters with the results of the work.

Keywords: laboratory stand, lifting device, monitoring, control system, work modes, work algorithm, element base.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДЙОМНІ УСТАНОВКИ: КЛАСИФІКАЦІЯ, ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА ВИМОГИ ДО НАДІЙНОСТІ ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ. ....</b>	<b>10</b>
1.1. Загальні відомості про будову та функціонування ліфтів .....	10
1.2. Аналіз існуючих технічних рішень лебідок ліфтів та їх енергетична ефективність.....	19
1.3. Огляд та аналіз сучасних та існуючих систем управління. ....	22
<b>2. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ТОЧКИ ЗОРУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЇЇ РОБОТИ.....</b>	<b>38</b>
<b>3. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ІМІТАЦІЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ФУНКЦІЄЮ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИСТЕМИ. АЛГОРИТМ РОБОТИ СТЕНДА .....</b>	<b>54</b>
3.1 Функціональна схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи.....	54
3.2 Алгоритм роботи лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи.....	55
<b>4 СТРУКТУРНА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ІМІТАЦІЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ФУНКЦІЄЮ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИСТЕМИ. ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ .....</b>	<b>59</b>
4.1 Структурна схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи.....	59

4.2 Вибір елементної бази .....	59
<b>5 ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ІМІТАЦІЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ФУНКЦІЄЮ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИСТЕМИ.....</b>	<b>65</b>
<b>6 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ІМІТАЦІЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ФУНКЦІЄЮ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИСТЕМИ....</b>	<b>67</b>
6.1 Практична реалізація лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи.....	67
6.2 Демонстрація роботи стенда .....	72
<b>7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ІМІТАЦІЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ФУНКЦІЄЮ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИСТЕМИ.....</b>	<b>79</b>
7.1 Технічне обґрунтування вибору складових лабораторного стенда.....	79
7.2 Економічне обґрунтування вибору складових лабораторного стенда .....	80
7.2.1 Порівняльна характеристика електричних елементів стенда.....	80
7.2.2 Визначення капітальних вкладень.....	81
<b>8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	<b>84</b>
8.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта .....	85
8.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	85
8.1.2 Електробезпека .....	87
8.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії .....	90
8.2.1 Мікроклімат .....	90
8.2.2 Склад повітря робочої зони.....	91
8.2.3 Виробниче освітлення.....	92
8.2.4 Виробничий шум.....	94
8.2.5 Електромагнітні випромінювання та поля .....	95

8.2.6 Пожежна безпека.....	96
8.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи керування лабораторним стендом в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій .....	99
8.3.1 Дослідження безпеки роботи системи лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічного частини підйомної установки в умовах дії іонізуючого випромінювання .....	100
8.3.2 Дослідження безпеки роботи системи керування лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічного частини підйомної установки в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	102
<b>ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ .....</b>	<b>105</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>106</b>
<b>Додаток А .....</b>	<b>3</b>
<b>Додаток Б.....</b>	<b>7</b>



## ВСТУП

### **Актуальність теми дослідження.**

Звичайні пасажирські ліфти мають мінімальну комплектацію моніторингу стану системи, через що під час аварійної ситуації важко знайти джерело проблеми. Тому ми вирішили удосконалити схему керування і моніторингу стану системи задля вирішення цих проблем.

Таким чином, розробка лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки є актуальним науковим завданням.

**Об'єктом дослідження** є моніторинг стану системи підйомної установки.

**Предметом дослідження** є лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки.

**Метою** магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення рівня надійності та ефективності роботи електромеханічної частини підйомної установки за рахунок впровадження функції моніторингу положення кабіни ліфта та струму приводного двгуна, що дозволить спрогнозувати аварійну ситуацію і забезпечити оптимальний режим роботи системи.

Ідея роботи полягає у застосуванні мікроконтролера який буде забезпечувати моніторинг стану системи підйомної установки за допомогою ультразвукового датчика.

В процесі реалізації мети роботи необхідно виконати такі завдання:

1. Провести аналіз параметрів підйомної установки.
2. Визначити елементну базу для лабораторного стенду.
3. Розробити функціональну схему та алгоритм роботи для лабораторного стенду.
4. Розробити структурну схему та вибрати елементну базу для лабораторного стенду.
5. Розробити електрично принципову схему лабораторного стенду та

виконати його практичну реалізацію.

**Методи дослідження** засновані на використанні методів теорії автоматичного управління, електричних машин, методів синтезу систем управління, теорії та методів математичного та імітаційного комп'ютерного моделювання та інших системних методів; метод експерименту, тощо.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

1. Отримав подальший розвиток метод підвищення надійності та ефективності роботи двокінцевих підйомних установок, який на відміну від відомих враховує точне розташування kabіни та струм приводного двигуна, що дозволяє передбачити аварійну ситуацію і зменшити споживання електроенергії приводним двигуном.

**Практичне значення одержаних у роботі результатів полягає в наступному:**

1. Розроблено лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки, який дозволяє продемонструвати роботу ліфта в навчальних цілях, розширити його функціональні можливості шляхом вдосконалення елементної бази та програми роботи контролера. Це дозволить покращити навчальний процес на кафедрі за рахунок наочної реалізації навчального матеріалу.

**Особистий внесок здобувача.** Автором самостійно виконано практичну реалізацію двокінцевої підйомної установки, розроблено структуру системи керування, обрано елементу базу та запрограмовано контролер.

**Публікації.** За тематикою дослідження опубліковано 1 тези доповідей: Мошноріз М. М., Асаула Н. ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ІМІТАЦІЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ФУНКЦІЄЮ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИСТЕМИ. Матеріали конференції «LIII Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету». ВНТУ, Факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінниця. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/author/submission/19707>.



# **1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДЙОМНІ УСТАНОВКИ: КЛАСИФІКАЦІЯ, ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА ВИМОГИ ДО НАДІЙНОСТІ ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.**

## **1.1. Загальні відомості про будову та функціонування ліфтів**

Ліфт – це машина для підйому вантажів, що періодично переміщується, і використовується для підйому або опускання вантажів і людей, характеризується переміщенням по суцільних напрямних, де кут нахилу по вертикалі не перевищує 15 градусів.

Більшість ліфтів мають однакову конструкцію, їх можна встановлювати в житлових будинках, як показано на малюнку 1.1. Частина ліфта забезпечують виконання наступних функцій:

- шахта ліфта - вузол для запобігання травматизму пасажирів, які очікують прибуття ліфта, чекають збалансованої кабіни посадкового поля також у цьому блоці, для встановлення іншого ліфтового обладнання;
- лебідка головного приводу - піднімає і опускає підйомник на високій або низькій швидкості в залежності від режиму;
- підвіска - використовується для кріплення кінців мотузок і противаг;
- тягові канати - лебідка головного приводу разом із тяговими канатами переміщує кабіну ліфта;
- уловлювачі - використовуються для зупинки кабіни, якщо є швидкість перевищує номінальну швидкість.
- машинне відділення - приміщення в шахті ліфта, служить для розміщення приводного механізму, пристроїв управління ліфт, обмежувачі швидкості;
- кабіний відсік - використовується для переміщення людей і вантажів в ліфті;

- рейки - дозволяють вставити кабінку вертикально розташувати ці пристрої на кабінці та протывагу, покрывають їх ковзачі та кочення, завдяки чому обмежити простір кабінци і протываги.
- портал поверху - отвір у шахті ліфта і до якого двері кабінци кріпляться.
- протывага - частина кабінци, що полегшує запуск головного приводу а лебідки вважаються вантажопідйомністю завантаженої кабінци;
- відводка кабінци - змінює швидкість під впливом перемикача рух кабінци;
- напрямні - вузол, що обмежує горизонтальний рух автомобіля напрямку і, таким чином, дозволяє кабінці рухатися тільки всередину вертикальний напрямку;
- напрямні протываги - вузол, що дозволяє переміщення протываги тільки в вертикальний напрямку, як впливає перебування в шахті ліфта; протываги шляхом обмеження її переміщення в горизонтальному напрямку;
- бампер - ділянка, призначена для обмеження руху протываги або кабінци, якщо хоча б одна з них виходить за межі робочої зони;
- трос обмежувача швидкості - кріпиться до салону та ближнього світла вузлом обмеження швидкості, надає йому інформацію про швидкість кабінци і протываги, відповідно, передачі руху до блок обмеження швидкості, обертаючи його зі швидкістю, рівною швидкості кабінци, а в разі перевищення номінальної швидкості, це обмежує;

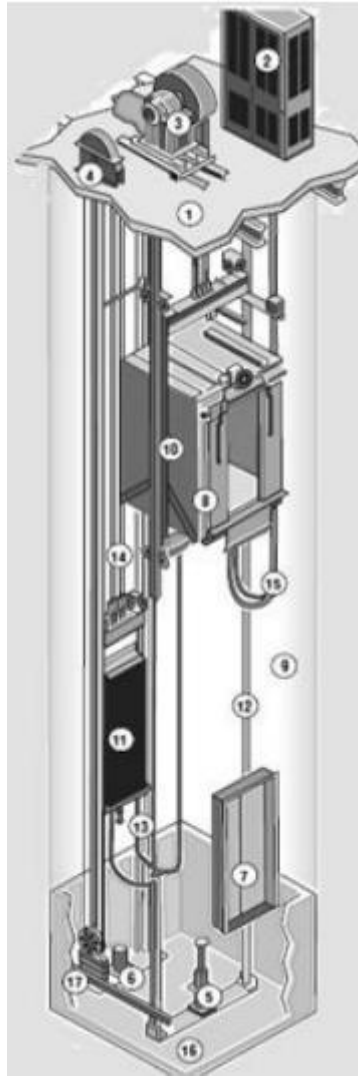


Рисунок 1.1 - Загальна будова ліфта:

1 – приямок; 2 – головна станція керування; 3 – головний привід;  
 4 – пристрій контролю швидкості; 5 – буферна зона; 6 – буферна зона;  
 7 – портал шахти; 8 – створки дверей кабіни; 9 – напрямні; 10 – кабіна ліфта; 11 – додаткова маса; 12 – шахта ліфта; 13 – противага; 14 –троси;  
 15 – механізм підтримка канату в натягнутому стані [1].

Підйомні механізми дискретного типу роботи часто застосовуються для переміщення вантажів та осіб у всіх галузях виробництва, переміщуючи вантажі та людей у вертикальних напрямних пристроях – кабінах, ковшах. Ліфти, які знайшли своє застосування не лише на підприємствах та в різних галузях народного господарства, але й у житлових приміщеннях, стали

одними з найбільш поширеним видом механізмів вертикального переміщення.

Ліфти за типом використання розподіляють на такі види як:

- вантажні;
- пасажирські;
- технологічні;
- спеціальні;
- соціальні.

Пасажирські ліфти поділяють за розподілом по швидкості руху на такі види:

- тихохідні (до 0,6 м/с);
- швидкохідні (до 1,0 м/с);
- швидкісні (вище 1,0 м/с).

Вантажні ліфти зазвичай працюють на швидкостях від 0,2 до 0,6 м/с. Номінальна підйомна здатність пасажирських ліфтів зазвичай коливається від 200 до 1200 кг (від 1 до 20 осіб), тоді як ліфти, призначені для перевезення вантажів, можуть піднімати до 4000 кг. Перевезення людей та вантажів виконується кабіною, яка рухається вздовж вертикальних напрямних.

Противага та кабіна переміщуються завдяки лебідці, розташованій у машинному приміщенні. У частині шахти, яка знаходиться внизу розташовується пряминок у якому знаходяться технологічні вузли призначені саме для обмеження швидкості та буфери.

Портали шахти які використовуються в середині шахти, призначені безпосередньо для зупинки біля них кабіни та надання доступу пасажиром та вантажам до кабіни. Привід який знаходиться в кабіні використовується для відкривання та закривання дверей. Двері у порталі шахти відкриваються лише при знаходженні кабіни на поверсі. Якщо потрібно отримати доступ до шахти ліфта в інших випадках, то доступ до неї можна отримати лише за

допомогою спеціального ключа, який дозволяє відкривати двері шахти ліфта без знаходження когось в кабіні на цьому поверсі.

Ліфтова установка функціонує за наступним принципом: при натисканні кнопки виклику ліфта на певному поверсі, сигнал подається до електроапаратури або контролера. Якщо кабіна ліфта знаходиться на тому ж поверсі, де було натиснуто кнопку, привід кабінки активується, відкриваючи двері шахти ліфту. У випадку, коли кабіна знаходиться на іншому поверсі, генерується сигнал для переміщення кабінки ліфта до необхідного положення.

Коли напруга подається на обмотки двигуна, це призводить до активації лебідки та котушок електромагніту в системі гальмування, саме тоді відбувається розтискання колодок двигуна і починається обертання ротору, який приводить у рух, за допомогою безпосередньо вузла зниження обертів, канат, який приводить у рух кабіну та противагу.

Лише тоді коли кабіна ліфта наближається до поверху на який потрібно піднятися, система управління ліфтом змінює режим номінальної швидкості руху на сповільнення, завдяки чому і досягається плавність підходу. Завдяки саме зниженню швидкості ходу ліфта, в той час як кабіна ліфта підходить до лінії потрібного поверху, передається сигнал на відкривання дверей ліфта, та привід кабінки ліфта відчиняє прохід безпосередньо до шахти ліфту.

Як тільки отримується електричний сигнал з поста кнопочового посту, кабіна ліфта виконує дію закривання дверей, і після цього кабіна піднімається на вказаний на панелі поверх. Коли кабіна ліфта піднялася на потрібний поверх, двері кабінки відчиняються випускаючи пасажирів та очікуючи нового наказу безпосередньо з кнопки виклику ліфта на певному поверсі або з кнопочового посту кабінки, після чого ліфт почне рух у необхідному напрямі до потрібного поверху.

Кабіна ліфта та противага приводиться в рух через лебідку яка для цього призначена, при цьому яка знаходиться у машинному приміщенні. Лебідка складається з таких технологічних вузлів: знижувач обертів,



каркасу, гальмівного пристрою та передавального механізму. Усі частини цієї лебідки монтуються прямо на каркасі, що тримається за стіни машинного приміщення ліфтової установки.

Пристрій який виконує функцію зниження оборотів використовує так звану черв'ячну передачу для подальшого зниження частоти обертання, який надходить прямо з двигуна, та для одночасного збільшення моменту обертання вихідного валу. Саме для правильної роботи вузла зменшення оборотів потрібно завжди контролювати рівень мастила. Це завдання з контролю рівня і якості наявних в системі мастил виконується безпосередньо за допомогою лінійного показчика мастила. Замінити мастило можна через спеціальний отвір призначений для обслуговування ліфта.

Для випадку коли головний двигун ліфта по якійсь причині не працює, в систему ліфта встановлена гальмівна колодка, яка може тримати кабінку ліфта без руху.

Частини з яких складається система гальмування:

- електромагніт;
- накладки.

Сила яка потрібна для успішного гальмування ліфта з'являється внаслідок знаходження в системі спеціальних пружин. Гальмівний важіль використовується щоб здійснити цей процес ручного гальмування.

У системі ліфта використовується асинхронний двигун змінної напруги. Для забезпечення безпеки в обмотці цього двигуна розміщують датчики, які вимірюють температуру.

Використовуючи силу тяжіння та протитягу, приводиться в рух кабінка ліфта, за рахунок передачі моменту обертання від двигуна. На канатах, які забезпечують тягу, прикріплюють саму кабінку ліфта, у якій перевозять вантажі та пасажирів.

До частин з яких складається кабінка відносять:

- каркас, в який входять

- опорні балки;
- розсувні двері;
- захисний корпус кабіни ліфта.

Заміна повітря проходить через спеціальні вентиляційні отвори, які розташовані у верхній частині ліфтової кабіни. Підвісні пристрої, використовувані як вузли з'єднання тягових канатів з кабіною, передбачають проходження кожного канату через спеціальний отвір для кріплення. Це забезпечує надійний підвіс кабіни.

Використовуючи каркас як опору, на нього монтується такі вузли, як уловлювачі та підвісні пристрої. Тому на верхній частині кабіни розташовують пристрої освітлення, та розподілюють вальні коробки, також встановлюють кнопку відчинення дверей ліфта, після натиснення на яку ліфт переходить у сервісний режим і дозволяє рух по шахті ліфта при відчинених дверях.

Прилади, які використовуються для балансування кабіни у шахті ліфта, входять у склад кріплення, та використовуються для погашення коливань ліфта, що виникають в кабіні ліфта при використанні у нормальному режимі роботи.

В ліфтову систему встановлюють вузли для забезпечення постійного натягу канатів, та унеможливлення їх провисання. Рамкою для контролю натягу постійно відстежується стан канатів, і у разі обриву канатів автоматично припиняється подача напруги безпосередньо на головний електродвигун.

У випадку обриву всіх канатів одночасно, передбачено спеціальне кільце для стягування, яке опускається та натисканням на рамку змінює положення вимикача.

Саме для попередження падіння кабіни та контролю зриву тросів або перевищення номінальної швидкості руху ліфта, в ліфтовій системі наявні спеціальні уловлювачі. Вони постійно знаходяться під тиском пружини, та

забезпечують гальмування ліфта у разі необхідного спрацювання. Уловлювачі працюють так, щоб разом з пристроєм контролю номінальної швидкості, забезпечувати безпеку під час експлуатації ліфта. Уловлювачі в своєму складі мають такі механізми, що виконують клин ліфта, та вузол який призначений для увімкнення пристрою уловлювання кабіни ліфта.

Пристрій клину ліфта складається з прижимного пристрою, який рухаючись вздовж осі колодки у вертикальному напрямі, при наближенні до напрямної починає процес гальмування. Основними вузлами гальмівного прижимного пристрою є:

- механізм клину;
- пружина на каркасі.

Вузол системи, який і є відповідальний за вмикання, складається з двох механізмів клиноподібного виду, які з'єднанні разом за допомогою натягу, на якому розташовують саму пружину, натяг якої регулюється за допомогою двох гайок.

Коли обмежувач швидкості спрацьовує, то завдяки вузлу включення уловлювачів ліфта, і руху кабіни приводиться в дію механізм включення цих уловлювачів. Оскільки кабіна ліфта наділі рухається, то важіль повертає вал, вмикаючи у роботу механізм клину.

Точно в той момент, коли колодка рухається вгору та доторкається до поверхні гальмування направляючої головки, пружина стискається, надаючи необхідну силу для гальмування після введення в дію клинового механізму. Рух гальмівної колодки регулюється регульованим штифтом, що забезпечує сталу силу, з якою головка направляючої тисне, а отже, стале гальмівне зусилля під час гальмування. Після згашення всієї енергії рухомої кабіни і зупинки, штанга на тязі тискатиме на перемикач. Контактні поверхні цього перемикача розблоковуються, передаючи сигнал для вимкнення головного приводу.

Тоді коли двері в кабіні ліфта зачиняються з повністю відведеним важелем, планка діє саме як пристрій блокування, що перешкоджає ковзанню дверей кабінки.

Також передбачений пристрій блокування безпосередньо дверей ліфта, який є допоміжним захисним механізмом, що запобігає відкриттю дверей з кабінки ліфта. При правильній організації виведення людей з приміщення ліфта пружина натискається, і механізм дозволяє відкрити дані двері ліфта.

З метою запобігання неприпустимого доступу до шахти ліфта з поверху використовуються двері, які включають в себе наступні компоненти:

- планки;
- планки поздовжні;
- поперечні планки;
- обмежувачі порогу.

Стійки використовуються саме для безпосереднього кріплення до них порогових обмежувачів і поперечин. У конструкції лінійних стійок передбачені підшипники які забезпечують постійне ковзання по ліній, та вберігають від зміщення чи підйому конструкції.

Датчики для моніторингу стану дверей розташовані на кінцях планки, яку використовують створи дверей для ковзання. Після переходу у закритий стан, колодка замикається механізмом забезпечення незмінного стану. Кабіна рухається лише тоді , коли двері зачинені.

Для закриття та запирання дверей використовуються спеціальні механізми, які, завдяки роликам та замкам, забезпечують замикання створів дверей. Привід дверей починає працювати, замки, які утримують двері шахти, відмикаються.

Під час обертання важеля відбувається одночасне відкривання дверей кабінки та шахти.

Коли механізми замків розблоковуються, спеціальний важіль фіксатора натискатиме на контакти вмикача та відмикає їх, що блокує рух кабіни до тих пір, поки двері на поверсі та двері кабіни відчинені.

Під час руху дверей, механізм кріплення приводить у рух важіль, який перемикає стан вмикача, блокуючи можливість руху кабіни ліфта. Після цього рух дверей триває до моменту, коли датчик відкритих дверей активується. Закриття дверей відбувається у зворотному порядку до описаного вище.

У нижній частині шахти ліфта розташований відділ пряминок, розташований нижче найнижчої точки зупинки ліфта. В цьому відділі розташовані спеціальні вузли - буфери, призначені для поглиблення удару у випадку падіння кабіни ліфта. Буфери, які зазвичай виготовлені з пружин, розташовані на напрямних кабіни. У випадку використання буферів, які працюють на принципі гідравліки, їх розташовують в середині центральної балки.

У випадку, коли номінальна швидкість руху кабіни знаходиться в межах від 1.3 м/с до 1.9 м/с, використовують буфери гідравлічного типу.

## **1.2. Аналіз існуючих технічних рішень лебідок ліфтів та їх енергетична ефективність**

При використанні в пасажирських ліфтах, черв'ячних лебідках асинхронні двигуни, з двома швидкісними режимами і неавтоматична система управління.

Такі системи мінімальні відповідати вимогам стандартних схем оцінки трафіку ліфт. Через те, що такі лебідки на базі коробки передач отримали широко використання, в літературі, традиційно їх називали «лебідками». Сьогодні такими лебідками оснащуються багатоповерхові будинки, які були побудовані сім десятиліть тому. Після випробування систем рейкових

лебідок було встановлено, що його динамічним властивостям сприяє його висока механічна інерція ліфтові системи, особливо ротор асинхронного двигуна. Також для він встановлюється для зменшення значення прискорення в системі додаткова вага у вигляді важкого диска, що обертається поруч з ротором головний двигун. Тому що високі значення прискорення прискорили швидкість зносу і виходу з ладу механічних елементів.

Виготовлення ліфта в конструктивному підході при збільшення інерції ліфта впливає на загальну вагу пасажирів під час нормальної роботи та на загальна вага ліфта, а отже, інерція становить приблизно кілька відсотків. Також зменшення швидкості ривків, сприяє електромагнітній інерції асинхронного двигуна що призводить до великої маси маховика біля ротора. Варіанти механічного вдосконалення традиційних типів лебідок тип трансмісії, обмежені. Однак через надзвичайно часте використання цього типу лебідок в системах пасажирських ліфтів, демонстраціях, виникла потреба у вдосконаленні динамічних властивостей лебідок стандартного типу.

Для поліпшення динамічних властивостей та комфорту використовується удосконалення системи автоматизованого управління, які завдяки використанню датчиків і програмованих контролерів дозволяють більш точно переміщати салон підйомника, оскільки вони компенсують порушення, що виникають під час функціонування та проектування системи.

Тому такі технічні завдання потребують таких вирішень:

- збільшити плавність ходу ліфта збільшити;
- комфорт пасажирів всередині кабіни ліфта;
- вирішення проблем точності і плавності руху, без ривків,
- зупинки ліфта біля цілі завдяки використанню точних датчиків зупинки;
- підвищення ефективності, скорочуючи час на низьких швидкостях,

-більш точне рішення задачі управління рухом кабіни ліфта.

Використання схеми будівельно-технічних рішень з асинхронним двигуном змінного струму, обладнаного двома режимами роботи, створює відмінні умови для забезпечення комфортного переміщення пасажирів в кабіна ліфта, навіть з обмеженими схемами керування на основі логіки реле. Однак основні недоліки конструкції таких лебідок усім відомі.

Одним з найбільших недоліків є їх дуже низька ефективність енергетичної частини системи. Редуктори, які використовують черв'ячні передачі, характеризуються дуже низьким коефіцієнтом корисної дії, який коливається в межах 60-70% в залежності від швидкості. На робочій швидкості, цей коефіцієнт становить приблизно 75%, але у випадку роботи на низькій швидкості він може падати до 40-50%. Аналогічні низькі енергетичні характеристики також відзначаються в двигунах, які працюють на двох швидкостях.

З використанням знижувача оборотів, коефіцієнт корисної маси для передавання вантажу складає всього 0.1, що вимагає енергії для розгону надлишкових мас, значно знижуючи коефіцієнт корисної дії.

Щодо використання рекуператорного обладнання для повернення енергії в мережу під час гальмування, це стає неефективним через низький коефіцієнт корисної дії і велику вартість обладнання. Економічна вигода від впровадження таких систем у користування дуже обмежена в порівнянні з їх вартістю.

Під час розробки сучасних систем ліфтів, виникло питання про відмову від редуктора з черв'ячною передачею з метою підвищення коефіцієнта корисної дії. Основними альтернативами були лебідки з циліндричним механізмом або знижувачі оборотів на основі планетарної передачі.

Відмовившись від знижувача оборотів, можна підняти енергоефективність системи в цілому, оскільки коефіцієнт переміщення корисної маси в порівнянні з технічною значно зростає. Також з'являються

можливості для впровадження систем рекуперації енергії з урахуванням їх економічної доцільності. Дослідження показали, що використання лебідок без знижувача оборотів суттєво зменшує витрати на монтаж та обслуговування, що поліпшує економічний аспект системи і покращує експлуатаційні характеристики.

У таблиці 1.1 наведені дані про сумарне річне енергоспоживання ліфтового обладнання.

Таблиця 1.1 - Річне використання електроенергії ліфтами.

Вантажопідйомність кг	Швидкість м/с	Тип електроприводу	Енергоспоживання КВт*год
630	1	Редукторний з двошвидкісним АД	5000
630	1	Редукторний з двошвидкісним АД	2490
630	1	Безредукторний з СПДМ	1580
630	1	Безредукторний з СПДМ (зрекуперацією)	1170
630	1	Безредукторний з СПДМ	1670

Дивлячись на дані з таблиці 1.1 очевидно, що ліфти, які використовують лебідку без знижувача оборотів, і ліфти із знижувачем оборотів, можна легко відрізнити в їхній конструкції, мають значне покращення у енергетичній ефективності відносно інших.

### **1.3. Огляд та аналіз сучасних та існуючих систем управління.**

Системи управління релейного типу використовують у своїй системі безпосередньо релейну логіку. Враховуючи, що напруга для живлення асинхронного електродвигуна повинна відповідати наступним умовам:

- напруга 380В;



- трьохфазна напруга;

Для соленоїдів обмотки отримують напругу через трансформатор, де вона зменшується до 110 Вольт.

Максимальне число поверхів для вирішення завдання переміщення кабіни може бути не більше шістнадцяти. Необхідно постійно утримувати кнопку виклику ліфта натисканою для транспортування вантажів або пасажирів та досягнення потрібного поверху виклику, що представляє суттєвий недолік у конструкції. Таким чином, для активації головного приводу ліфта потрібен час для введення в дію релейної логіки, після чого напруга, проходячи через кілька реле та перетворювачів, досягає асинхронного приводу змінного струму, який починає рух лише після цього.

Основними перевагами автоматичних систем управління на релейній логіці є:

- легкий процес в експлуатації та обслуговуванні;
- надійність у використанні;
- простота конструювання.

Серед головних недоліків є:

- висока потужність системи управління виникає через те, що система використовує реле;
- деякі з них залишаються увімкненими майже постійно, що призводить до втрат електроенергії.-необхідна велика кількість проводів для з'єднання всіх пристроїв зі станцією управління, що значно ускладнює монтаж та обслуговування.
- У випадку поломки, значно багато часу витрачається лише на пошук конкретного проводу, де відбулася несправність. Необхідно проводити вимірювання напруги як на станції управління, так і в шахті, на кінцевих вимикачах кабіни, на кінцевих вимикачах дверей шахти, а також в коробці розподілу напруги.

- Щоб уникнути спаювання контактів під час роботи, вони покривають тонким шаром металу, який стійкий до спаювання. Однак, оскільки цей метал є сріблом, це також призводить до збільшення вартості системи управління.

- Пункт управління відрізняється значними розмірами, і для ефективної роботи поряд встановлюється трансформатор для зниження напруги, що також характеризується значною вагою та об'ємом.

-Багато компонентів містять в собі дорогі метали, які є ускладі катушок та контактних поверхонь і провідних з'єднань.

Станція управління, побудована на логічних елементах, керує рухом кабіни ліфта вздовж шахти та дозволяє автоматичне відкривання дверей без втручання людини. Вона підтримує алгоритм, який забезпечує рух кабіни ліфта не лише в одиночному, а й у спарених режимах, дозволяючи керування ліфтовою кабіною зі швидкістю до 1,5 м/с і одночасно здійснюючи управління в спарених шахтах.

Станція управління вирізняється гнучкістю порівняно з релейними станціями управління.

Функціонал для налаштування включає в себе можливість задавати різні параметри, такі як кількість спроб зачинення дверей до реєстрації помилки, кількість поверхів, вибір пріоритетного ліфту у випадку керування парою систем, встановлення часової затримки перед відкриттям дверей, зчитування рівнів датчиків, налаштування часу руху до спрацювання датчика уповільнення перед уповільненням, встановлення часової затримки перед початком руху, визначення типу нижнього поверху у кабіні ліфту, параметри точної зупинки та необхідний час для виконання точної зупинки, час для відкриття чи закриття дверей, враховуючи ширину шахтового порталу, і час для автономного продовження роботи при аварійній ситуації не критичного рівня.

Внутрішня індикаційна панель автоматичної станції управління розташована всередині та дозволяє проводити діагностику стану ліфта,

виводячи інформацію про стан всіх датчиків та аварійних показників. Регулювання положення кабіни після зупинки на поверсі може бути виконане на будь-якій зупинці ліфта. У випадку виявлення несправної кнопки виклику чи наказу на станції управління, автоматична станція може відключити несправний пристрій та продовжити роботу. Система на логічних елементах включає каскад пам'яті, який може зберігати коди аварій та стан здавачів під час аварії.

Ємність пам'яті станції становить до 64 записів, і вона є енергонезалежною, зберігаючи інформацію навіть при відключенні енергії. Зчитування інформації відбувається за допомогою штатного пульта управління та індикації. Автоматична станція управління працює при напрузі 380В, з допустимими відхиленнями в межах 10%, що дозволяє ефективно виконувати свої завдання. До позитивних характеристик автоматичної станції управління на логічних елементах можна віднести:

- компактний розмір в порівнянні зі станціями управління на релейних елементах;
- станція виявляє наявність пасажирів в ліфті і, у випадку відсутності сигналу наказу, утримує двері кабіни ліфта відкритими;
- виклики кабіни ліфта на поверх автоматично обробляються з найвищого положення;
- у випадку, якщо вага пасажирів або вантажу наближається до 95%, станція автоматично приймає рішення про ігнорування попутних викликів кабіни ліфта на поверх; при отриманні наказу з посту наказів в кабіні ліфта, станція автоматичного управління виконує зупинки на поверхах послідовно.

У випадку, якщо автоматична станція управління перестає реєструвати сигнал з датчика ваги ліфту, кабіна зупиняється на найближчому поверсі та відкриває двері. Кабіна робить це на низькій швидкості для запобігання можливим пошкодженням несправних механізмів. Після зупинки на поверсі всі накази скидаються.

До основних недоліків автоматичної станції управління на логічних елементах відноситься велика кількість логічних елементів управління та складна процедура пошуку несправностей. Автоматична станція управління ліфта, що використовує мікропроцесори, складається з керуючої плати (КП), яка вирішує завдання визначення розташування та статусу кабіни ліфта. Крім того, вона виконує завдання з обробки наказів з поста та відображення їх, відміни наданого автоматичною станцією управління наказу при прибутті кабіни на поверх та успішному відкритті дверей. Керуюча плата також здатна змінювати напрямок та швидкісний режим руху, управляти вмикачем двигуна, що приводить двері у рух, та виявляти та аналізувати несправності в шахті чи кабіні ліфта, виводячи їх на панель індикації.

Плата температурного захисту (ПТЗ) виконує наступні завдання:

- виконує реєстрацію та регулювання температурою на обмотках
- захисту від зміни напруги чи перегріву;
- реєструє статус дверей до порталу шахти;

Плата контролю мережі трифазна (ПКМТ): виконує функції:

- відповідність напруги необхідним стандартам;
- контролю якості напруги в мережі;
- правильність чергування фаз, напругу та частоти.

Плата управління гальмом (ПКГ): виконує функції:

- включення у роботу вентилятора головного приводу, що забезпечує його охолодження.

- управління гальмівним механізмом, виконуючи правильне його включення в роботу та забезпечення безперервного утримання;

Плата захисту температурна (ПЗТ) виконує наступні функції:

- реєструє та регулює температуру обмоток асинхронного трьохфазного двигуна;
- забезпечує захист від перепадів напруги та перегріву;
- фіксує стан дверей до порталу шахти.

Плата контролю мережі трифазна (ПКМТ) виконує такі завдання:

- перевіряє відповідність напруги стандартам;
- контролює якість напруги в мережі;
- визначає правильність чергування фаз, рівень напруги та частоту.

Плата управління гальмом (ПКГ) виконує функції:

- увімкнення вентилятора головного приводу для охолодження;
- управління гальмівним механізмом для його коректного включення та

постійного утримання.

Плата комутації семісторна (ПКС):

- вирішує завдання комутації ланцюгів живлення з робочою напругою до 220 В;
- регулює швидкість відкривання дверей за допомогою зміни частоти.

Щодо автоматичної станції управління ліфта, вона володіє рядом переваг, таких як:

- компактні розміри в порівнянні зі станціями на релейних елементах;
- виявлення присутності пасажирів у ліфті та автоматичне залишання дверей відкритими у відсутності сигналу;
- обробка викликів кабіни ліфта автоматично з найвищого поверху;
- автоматичне прийняття рішення про ігнорування попутних викликів при наближенні ваги пасажирів або вантажу до 95%;
- зупинка та відкривання дверей у випадку втрати сигналу від датчика ваги;
- можливість скидання всіх наказів при зупинці на поверсі з вдалим відкриванням дверей.

Однак, серед недоліків можна відзначити значну кількість логічних елементів управління та складність процедури пошуку несправностей.

Важливим пріоритетним напрямком в удосконаленні структури та логічної організації експлуатаційно-технологічної діагностики технічного стану агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки (МСГТ) є розвиток

інформаційного забезпечення діагностичного моніторингу. Виявлення відмов у ранні терміни, стратегії технічного обслуговування і ремонту (ТОР) визначають безпечність та ефективність використання МСГТ, що значно залежить від експлуатаційної надійності, вбудованої під час проектування і виробництва, та методів діагностики технічного стану.

Протягом функціонування агрегатів МСГТ їх технічні стани постійно змінюються, виявляючи фізичні явища та підлягаючи інформаційним законам. Згідно з другим законом термодинаміки, впорядковані системи, до яких відносяться технічні системи, мають тенденцію до самостійного руйнування з часом.

Ця тенденція проявляється в умовах впливу дезорганізуючих факторів, які не можуть бути враховані під час проектування і виготовлення, що робить процеси зміни технічного стану агрегатів МСГТ непередбачуваними та випадковими. Ці зміни можуть бути важко визначити через випадковість дій дезорганізуючих факторів, які не завжди можуть бути передбаченими при проектуванні.

В результаті цього може виникати ситуація, коли виявлення дефектів у деталях та агрегатах під час експлуатації може бути неправильним або їх дефекти можуть пропускатися через неправильну діагностику, яка, як правило, пов'язана з помилками в отриманні та обробці діагностичної інформації. Також не вирішено питання оптимального вибору та використання інформаційного потенціалу контрольованих параметрів, які містять важливу інформацію про стан технічного об'єкта. Під інформаційним потенціалом розуміється недоексплуатована можливість інформаційної значущості як контрольованих параметрів, так і діагностичного моніторингу, системно-спрямованого підходу до інформаційного забезпечення про технічний стан агрегатів та МСГТ в цілому, а також до прогнозування їх ресурсу.

Отже, на ранніх етапах експлуатації газотурбінних установок (МСГТ) важливо використовувати сучасні підходи до діагностики та стратегічного планування технічного обслуговування і ремонту (ТОР). Один з таких підходів - це підвищення достовірності діагнозу агрегатів та МСГТ в цілому шляхом оптимального вибору методів діагностики, враховуючи інформаційний потенціал контрольованих параметрів.

Метою цієї роботи є розкриття сутності та застосування теоретико-фізичного підходу до інформаційного моніторингу, а також визначення критеріїв інформативності, які дозволяють оцінити технічний стан агрегатів МСГТ.

Розглянемо теоретико-фізичний підхід до інформації, що стосується діагностики технічного стану об'єкта, і який включає два аспекти: теоретичний та фізичний. Аналіз теоретичного підходу до інформації вказує на те, що математичне відображення кількості інформації, введене Р. Хартлі і узагальнене К. Шеноном, схоже на відому формулу Л. Больцмана для фізичної ентропії системи. Це призводить до трактування процесів, які визначають стан технічного об'єкта, та накопиченої інформації, з фізичної точки зору. Урахування уявлень видатних фізиків та теоретично-інформаційні дослідження приводять до переосмислення фізичного підходу (положень термодинаміки і статистичної фізики), які розширюються в теорії інформації до рангу загальносистемних моделей.

Врахування принципів відомих фізиків веде до переосмислення фізичного підходу, що дозволяє розширити їх до загальносистемних моделей. Л. Бриллюэн, ґрунтуючись на негентропічному принципі, обґрунтовує зв'язок між кількістю інформації та фізичною ентропією, що дає змогу побудувати термодинамічні теорії інформаційних процесів.

Дослідження Колмогорова та Бонгарда у теорії інформації свідчать про перспективність використання різних методів діагностики технічних систем, включаючи МСГТ. Інформаційний обмін є ключовою характеристикою

поведінки будь-якого технічного об'єкта. Таким чином, діагностику агрегатів та МСГТ можна проводити на основі теорії інформації, використовуючи її для визначення їхніх станів та процесів.

Це дозволяє ураховувати теоретико-фізичний підхід до інформації про діагностику технічного стану об'єкта, використовуючи принципи, які регулюють взаємодію та тлумачення інформаційної сутності фізичних законів і понять.



Рисунок 1.2 – Структура теоретико-фізичного підходу до трактування інформації, її законів та їх сутностей.

Зазначений підхід до інформації підкреслює, що інформація зберігає своє значення незмінним, поки залишається на незмінному носії. Це відображає сутність закону збереження інформації, який визначає, що інформація залишається незмінною у часі, доки її носій не зазнає змін. Цей закон виявляється важливою властивістю інформації: її незалежність від часу.

Також важливо розрізнити первинну та вторинну інформацію за шкалою часу. Первинна інформація пов'язана з поточним станом об'єкта, тоді як вторинна інформація може з'явитися зі збільшенням тривалості



функціонування об'єкта. Важливо відзначити, що незважаючи на зміни в часі, зберігається незмінність сумарної інформації.

Щодо інформаційної взаємодії технічних об'єктів, вона спрямована на мінімізацію дисипації енергії, яка є важливим аспектом з точки зору оптимізації енергетичних витрат у системах. Згідно з теоремою І. Пригожина, стаціонарний стан відповідає мінімуму виробництва ентропії, що відображає принцип мінімізації дисипації енергії. Цей принцип є універсальним законом інформаційної взаємодії.

У теоретико-фізичному підході до дослідження інформаційних процесів інформаційна цінність визначається за методами, які дозволяють досягти поставленої мети, особливо в контексті забезпечення працездатності технічних систем, зокрема МСГТ. Залежно від ймовірності досягнення мети, цінність інформації може визначатися критерієм мінімізації витрат на отримання цієї інформації або функцією, яка враховує ймовірність досягнення мети після отримання інформації.

Система діагностики  $D$ , яка отримує інформацію про технічний об'єкт  $S$ , характеризує його стан. Якщо мета діагностування полягає в отриманні інформації про можливий час відмови технічного об'єкта, то отриманий інформаційний критерій може слугувати узагальненим показником його залишкової працездатності.

Для досягнення цієї мети важливо визначити найбільш значущі діагностичні параметри. Це можна здійснити за допомогою інформаційних оцінок, включених у загальну схему впровадження інформаційного моніторингу стану агрегатів і мобільних сільськогосподарських газотурбінних установок в цілому.

Система діагностичних ознак визначається як система, що має два можливих стани. Важливим є вибір найбільш інформативних діагностичних параметрів, які можуть включати результати вимірювань і оцінки симптомів.

Система діагностичних ознак є інструментом для ефективного визначення стану технічного об'єкта.

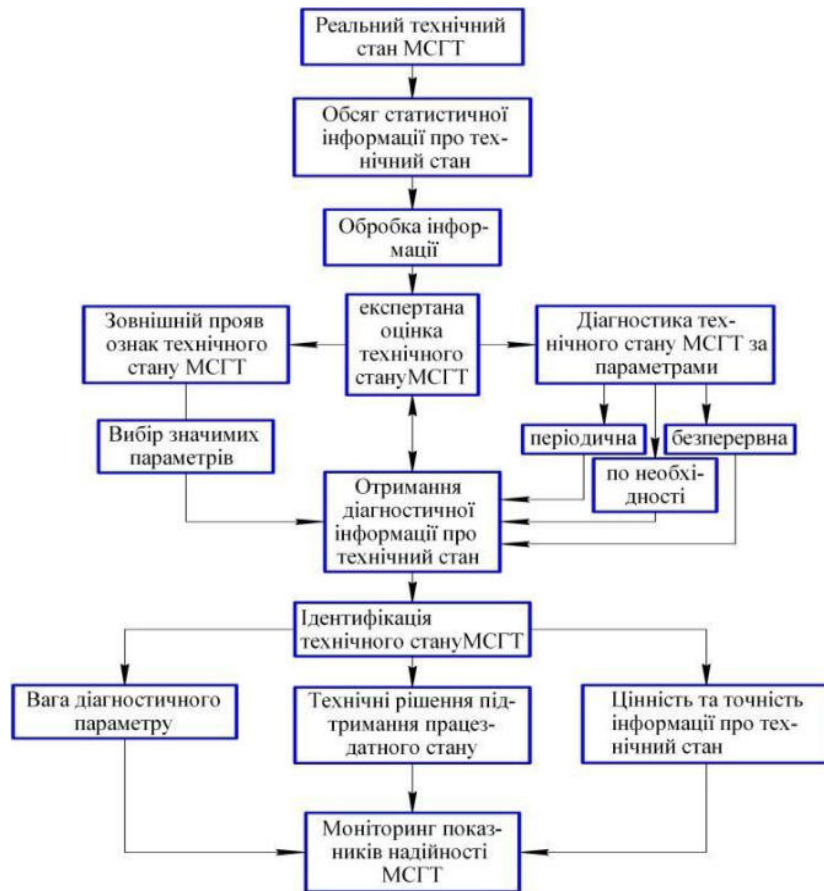


Рисунок 1.3 - Загальна схема реалізації інформаційного моніторингу МСГТ з точки зору теорії інформації в процесі діагностування спостерігають ознаки  $D$ , що визначають стан  $S$ . Отримувана інформація зменшує ентропію  $H(S)$  системи  $j$ , об'єкта станом  $S$ :

$$JA(D) = H(S) - H(S / D), \quad (1.1)$$

де  $H(S/D)$  - повна умовна ентропія технічного об'єкта  $S$  відносно системи ознака  $D$ , яка характеризує міру невизначеності системи (об'єкта)  $S$ , що залишається після того, як система ознак  $D$  повністю визначилася.

У цьому випадку, ознака  $D_j$   $m$ -го розряду може приймати  $m$  можливих значень  $D_{1j}, D_{2j}, \dots, D_{mj}$ . Якщо встановлено, що ознака  $D$  для стану об'єкта має значення  $D_{js}$ , то це значення вважається реалізацією ознаки  $D_j$ .

Діагностична вага реалізації  $D_j$  для стану системи (технічного об'єкта)  $S_i$  визначається як:

$$Z_{S_i}(D_{j_s}) = \log_2 \left[ \frac{P\left(\frac{D_{j_s}}{S_i}\right)}{P(D_{j_s})} \right], \quad (1.2)$$

де  $P(D_{j_s}/S_i)$  - ймовірність появи ознаки  $D_{j_s}$  в реалізації ознак  $D$  для об'єкта, що має стан  $S_i$ ;  $P(D_{j_s})$  – ймовірність появи значень  $D_{j_s}$  для усієї сукупності досліджуваних станів об'єкта. Величина  $Z_{A_i}(D_{j_s})$  є діагностичною вагою реалізації і показником цінності інформації та інформаційною мірою ознаки. По формулі (10) розраховують діагностичну вагу реалізацій дворозрядних параметрів по двох можливих станах об'єкта. Діагностичною цінністю обстеження за ознакою  $D_j$  для стану  $S_i$  вважають величину інформації, внесеною ознакою  $D_j$  для визначення стану  $S_i$ . Для  $m$  - розрядної ознаки діагностична вага реалізації ознаки  $D_j$  для стану об'єкта  $S_i$  дорівнює:

$$Z_{S_i}(D_{j_s}) = \sum_{i=1}^m P\left(\frac{D_{j_s}}{S_i}\right) \cdot Z_{S_i}(D_{j_s}), \quad (1.3)$$

Діагностична цінність обстеження простої дворозрядної ознаки дорівнює:

$$Z_{S_i}(D_j) = 2 \cdot P\left(\frac{D_j}{S_i}\right) \cdot \log_2 \left[ \frac{P\left(\frac{D_j}{S_i}\right)}{P(D_j)} \right], \quad (1.4)$$

Важливо відзначити, що різні втілення однієї і тієї ж діагностичної ознаки загалом не є еквівалентними за своїм внеском в інформацію про різні стани технічного об'єкта. Діагностична цінність обстеження враховує всі можливі варіації ознаки і представляє собою математичне очікування обсягу інформації, яке вносять окремі реалізації.

З цієї точки зору, формула (12) визначає діагностичну цінність обстеження для конкретних станів об'єкта. Діагностична цінність обстеження  $D_j$  для певного стану не вказує на загальну діагностичну цінність ознаки  $D_j$  для всього об'єкта.

Обстеження, яке має невелику цінність для одного стану, може мати значну цінність для іншого. Тому важливо розглядати загальну діагностичну цінність обстеження за ознакою  $D_j$  для всієї сукупності станів об'єкта, яка діагностується, як очікуване (середнє) значення інформації, яке може бути внесене обстеженням у різні, заздалегідь невідомі, діагнози.

$$Z_S(J_{D_j}) = \sum_{i=1}^n P(D_i) \cdot Z_{S_i}(D_j), \quad (1.5)$$

Вона може бути використана і для доцільності вибору величини діагностичних інтервалів. При визначенні комбінації ознак, за допомогою яких вибрана їх сукупність, або була віднесена до одного з можливих станів об'єкту, складається алгоритм на основі формули Байєса:

$$P\left(\frac{S_i}{D}\right) = \frac{P(S_i) \cdot P\left(\frac{D}{S_i}\right)}{\sum_{i=1}^m P(S_s) \cdot P\left(\frac{D}{S_s}\right)}, \quad (1.6)$$

де  $P(S_i/D)$  – ймовірність стану  $S_i$  за наявності комплексу ознак  $D$ ;  $P(S_i)$  - апріорна ймовірність стану  $S_i$ ;  $P(D/S_i)$  - ймовірність появи комплексу ознак  $D$  при стані об'єкту  $S_i$ . За зазначеним теоретико-фізичним підходом, реалізація інформаційного моніторингу технічного стану агрегатів МСГТ включає в себе встановлення зв'язку між сукупністю діагностичних ознак і набором можливих технічних станів об'єкта. Цей зв'язок визначається кількістю інформації, що отримується системою діагностування, враховуючи призначення цієї інформації за змістом.

Вказується, що важливість параметрів діагностики залежить від обсягу отриманої інформації. Оцінка цінності обстеження агрегатів і МСГТ в цілому

визначається мірою ймовірності їх станів з урахуванням діагностичних параметрів, а не просто ймовірністю відмов. Для досягнення цих принципів необхідно визначити простір можливих технічних станів агрегатів і МСГТ на деяку детерміновану сукупність, що може бути викликаною труднощами через безперервність зміни їх станів і відповідної сукупності діагностичних параметрів. Цей підхід раціональний в контексті зменшення невизначеності при отриманні інформації про технічний стан агрегатів МСГТ і утворює основу для теоретико-фізичного підходу до інформації та кількісної її оцінки.

Так, вибір критеріїв інформативності стану об'єкта є ключовим етапом для прогнозування технічного стану агрегатів. Зазначений підхід використовує різні види ентропії для оцінки стану складних систем, таких як технічні об'єкти. Різні види ентропії можуть використовуватися для вимірювання невизначеності та неупорядкованості системи.

Термодинамічна ентропія: В термодинаміці ентропія вказує на ступінь неупорядкованості частинок в системі. Зміна термодинамічної ентропії може бути пов'язана із змінами в технічному стані системи.

Статистична ентропія: У статистиці ентропія використовується для вимірювання невизначеності в системі чи процесі. Зміна статистичної ентропії може свідчити про зміни в стані технічного об'єкта.

Інформаційна ентропія: У теорії інформації ентропія є мірою невизначеності чи інформаційної несподіваності. Вона використовується для оцінки інформаційної вартості деякого події чи стану. Зміна інформаційної ентропії може вказувати на зміни в технічному стані системи.

Використання різних видів ентропії дозволяє отримати комплексні оцінки стану системи та враховувати різноманітні аспекти невизначеності та неупорядкованості (рис.3).

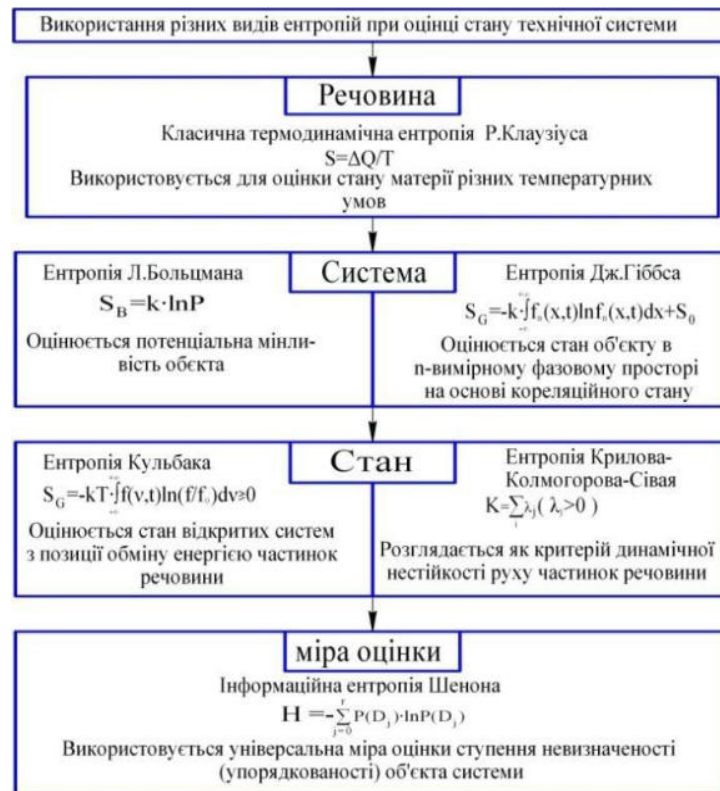


Рисунок 1.4 – Вплив різних видів ентропії на оцінку станів технічної системи (об'єкта)

Функціональний та поведінковий підходи до вивчення технічних систем дійсно грають важливу роль у розумінні їх структури та взаємодії з оточуючим середовищем. Розглядаючи технічні системи як відкриті системи, які взаємодіють із зовнішнім середовищем, можна аналізувати як їхню внутрішню організацію, так і залежності від зовнішніх чинників.

Щодо теорії інформації, використання функціонального та поведінкового опису технічних систем може допомогти визначити ключові функції та закономірності їхньої взаємодії. Комплексний аналіз кодів, каналів зв'язку та шумів може слугувати основою для побудови ефективних систем діагностики технічних об'єктів. Щодо оцінки інформативності діагностичних ознак, зазначений підхід до вибору інформаційних критеріїв на основі зміни інформаційної ентропії є цілком логічним. Зміна інформаційної ентропії може відображати рівень невизначеності чи несподіваності, пов'язаний з конкретними діагностичними ознаками.

Узгодження функціонального підходу до вивчення внутрішніх структур систем та поведінкового підходу, який розглядає їхню взаємодію з оточуючим середовищем, з теорією інформації в сфері діагностики технічного стану може допомогти покращити процес вибору діагностичних параметрів і покращити якість моніторингу (рис.4).

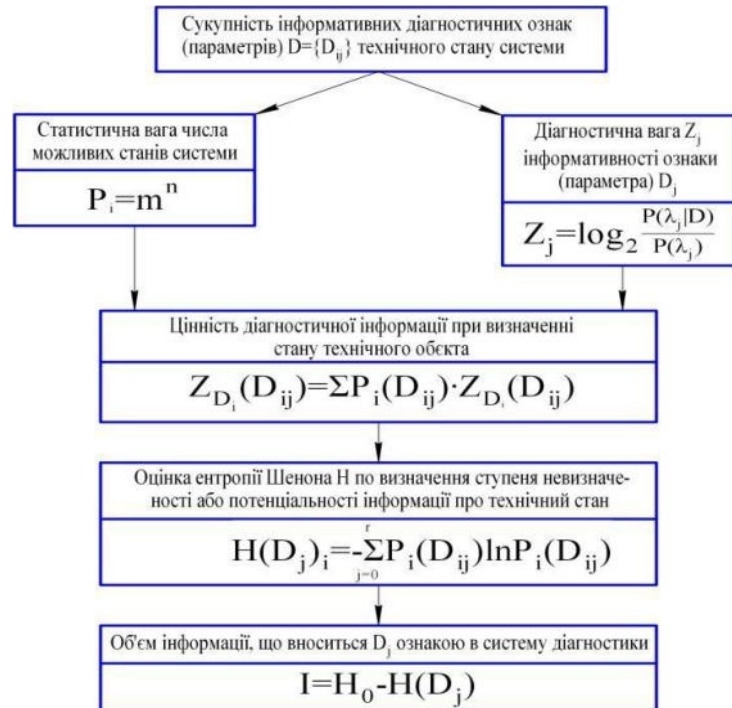


Рисунок 1.5 - Алгоритм вибору критеріїв інформативності про стан технічного об'єкта.

## **2 НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ТОЧКИ ЗОРУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЇЇ РОБОТИ.**

Технологічні режими багатьох виробничих механізмів вимагають різної швидкості руху робочого органу на різних етапах роботи. Це досягається шляхом механічного або електричного регулювання швидкості електроприводу. При цьому вимоги до діапазону та точності регулювання можуть коливатися в широких межах в залежності від призначення електроприводу.

Для вирішення завдань керування швидкістю та моментом в сучасному електроприводі використовують два основних методи керування:

- скалярне керування;
- векторне керування.

На сьогодні скалярне керування є найбільш розповсюдженим у асинхронному електроприводі. Воно використовується у приводах насосів, вентиляторів, компресорів та інших механізмів, де важливо утримувати або швидкість обертання валу двигуна (з використанням датчика швидкості), або технологічний параметр (наприклад, тиск в трубопроводі, для якого використовується відповідний датчик тиску).

Основний принцип скалярного керування полягає в зміні частоти та амплітуди живильної напруги згідно з законом  $U/fn = \text{const}$ , де  $n \geq 1$ . Конкретний вигляд цієї залежності визначається вимогами, які ставляться до електроприводу в залежності від виду навантаження. Зазвичай частота вважається незалежною, і значення напруги при даній частоті визначає форму механічних характеристик, а також значення пускового та критичного моментів. Скалярне керування дозволяє підтримувати постійну перевантажувальну здатність електроприводу незалежно від частоти напруги, але при цьому спостерігається зниження моменту, який генерує двигун при низьких частотах. Максимальний діапазон регулювання швидкості обертання



ротора при незмінному моменті навантаження для електроприводів з скалярним керуванням обмежений відношенням 1:10.

Хоча метод скалярного керування має простоту реалізації, він має два суттєві недоліки. По-перше, без наявності датчика швидкості на валу двигуна неможливо регулювати швидкість обертання валу, оскільки вона залежить від навантаження. Хоча наявність датчика швидкості вирішує цю проблему, залишається другий недолік - неможливість регулювання моменту на валу двигуна. Навіть з використанням датчика моменту, що часто має високу вартість, яка іноді перевищує вартість самого електроприводу, керування залишається досить інерційним. Більше того, при скалярному керуванні неможливо одночасно регулювати як швидкість, так і момент, тому доводиться вибирати ту величину, яка є найважливішою для конкретного технологічного процесу.

Для вирішення недоліків, характерних для скалярного керування, компанією SIEMENS ще в 1971 році був запропонований метод векторного керування. Перші два варіанти електроприводів з векторним керуванням потребували використання двигунів з вбудованими датчиками струму, що суттєво обмежувало їхнє використання.

У сучасних електроприводах математична модель двигуна вбудовується в систему керування, що дозволяє розраховувати момент на валу та швидкість його обертання. Для цього потрібні лише датчики струму фаз статора двигуна. Завдяки спеціальній структурі системи керування забезпечується незалежне та практично безінерційне регулювання двох основних параметрів - моменту та швидкості обертання.

На сьогодні існують два основні класи систем векторного керування - системи без датчика, які не мають датчика швидкості на валу двигуна, та системи зі зворотнім зв'язком по швидкості. Вибір методу визначається областю застосування електроприводу. Для невеликих діапазонів керування швидкістю (не більше 1:100) та вимог до точності не більше  $\pm 0,5\%$ , використовують бездатчикове векторне керування. У випадках, коли

швидкість обертання валу змінюється в широкому діапазоні (1:10000 і більше) або є вимоги до високої точності підтримки швидкості обертання (до  $\pm 0,02\%$  при частотах обертання менше 1 Гц), або коли необхідне позиціонування валу та регулювання моменту на дуже низьких частотах обертання, застосовують методи векторного керування із зворотнім зв'язком по швидкості.

Використання векторного керування призводить до наступних переваг:

- висока точність регулювання швидкості, навіть при відсутності датчика швидкості.

- плавне обертання двигуна без ривків в області низьких частот.

- можливість забезпечення номінального моменту на валу при нульовій швидкості (з наявністю датчика швидкості).

- швидка реакція на зміну навантаження: при різких стрибках навантаження швидкість практично не змінюється.

- забезпечення режиму роботи двигуна, що призводить до значного зниження втрат на нагрівання та намагнічування, і, відповідно, підвищення коефіцієнта корисної дії.

Незважаючи на очевидні переваги, метод векторного керування має свої недоліки, такі як велика обчислювальна складність і необхідність знання параметрів двигуна. Крім того, при векторному керуванні коливання швидкості на постійному навантаженні більші, ніж при скалярному керуванні. Важливо відзначити, що існують області, де можливе використання тільки скалярного керування, наприклад, в груповому електроприводі, де декілька двигунів живляться від одного перетворювача.

Система моніторингу ліфтів вимагає не лише контролю стану ліфта, але й повного щоденного управління. Функцію модуля можна розділити на: статус ліфта в разі виходу з ладу; збір даних кожного робочого циклу; щоденна інформація з управління. Існує велика кількість інформації, яка підлягає моніторингу під час експлуатації ліфта, яку можна грубо класифікувати наступним чином: відкритий кінцевий вимикач, вимикач кінцевого вимикача, контактна пластина безпеки, захист світлового екрану, схема блокування

дверей у залі, схема блокування дверей седана , запобіжна ланцюг, аварійна зупинка, граничний вимикач, стан лімітного вимикача, інформація про воді, інформація ліфта, інформація про місцезнаходження викличного ліфта, стан блокування; Час, частота, річний час перевірки, історія обслуговування і так далі.

Моніторинг ліфтів може забезпечити чітке уявлення про недоліки. Як ми всі знаємо, система дверей - елементи, що піддаються несправності ліфта, ліфт відмовляється перед стоянкою, завжди трапляються деякі незначні пошкодження, але ці незначні збої часто ігноруються, оскільки вони не призведуть до зупинки ліфта. Але через самостійну функцію ліфта, ліфт автоматично повернеться до норми протягом декількох хвилин. Слід, але з накопиченням невеликих розломів, врешті-решт, призведе до серйозних недоліків, і навіть система моніторингу аварій не пропускатиме ці помилки і навіть зможе знайти підлогу, щоб заощадити обслуговуючого персоналу, щоб знайти точку помилки.

Для статистичного вмісту, який вимагає менеджер, система моніторингу може збирати різні дані в різних категоріях. Наприклад, стан експлуатації ліфта оцінюється, головним чином, швидкістю відмови. Частота відмов звичайно розраховується за кількістю помилок, що виникають протягом періоду експлуатації. Час експлуатації та часу роботи ліфтів у різних будівлях та різному використанні сильно відрізняється. Важко використовувати частоту відмов як основу для оцінки стану експлуатації ліфта, використання тривалості роботи або вимірювання за кількістю несправностей у робочому режимі, він може завершити судження про стан роботи. "Система моніторингу дозволяє точно підрахувати робочий час та тривалість роботи ліфта, тому набагато простіше вирішити цю проблему. Щоденна інформація про управління включає щорічну інспекцію, витрати на технічне обслуговування, використання аксесуарів тощо". Вищенаведена інформація дуже проста. Для збору та передачі в системі керування на основі керування. Деякі з них є "так" / "вимкнено", а деякі - внутрішні змінні, які керують програмами для

обчислення та порівняння. Поки встановлений простий специфічний модуль, мережева функція може бути використана для завершення збору та передачі даних поля.

Ліфт є одним з найважливіших і поширених видів сучасного транспорту, і в міру розвитку міст його значення в житті людей зростає. Такий транспортний засіб забезпечує комфортне пересування та перевезення людей і вантажів у багатоповерхових будинках, трамвайних вузлах, метрополітені тощо. Особливо через відсутність ліфтів або їх поганий стан значний дискомфорт відчувають маломобільні групи населення, наприклад як: люди похилого віку, інваліди, батьки з дитячими колясками тощо [2-6]. Варто зазначити, що більша частина існуючих в Україні кранів (близько 86 тис. шт.) була встановлена ще в 1970-1980 рр., типове обладнання представлено в таблиці 1 [7,8]. За даними Міністерства регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, понад 65% ліфтів експлуатуються більше 25 років [2].

Таблиця 2.1. Технічні характеристики ліфтів

№	Параметр	ПГП-500		ПГП-408	ПГП-500
1	Максимальна висота підйому, м	75	75	75	100
2	Максимальна висота верхнього поверху, м	3,5	3,5	3,5	4,3
3	Максимальна кількість зупинок	16	16	3-20	24
4	Швидкість руху кабіни, м/с	1,0	1,0	1,0	1,4
5	Електродвигун	ЛС-2-91-6/24 ШЛ		АС 2-91-6/24 ШЛ	АС 2-92-6/24 ШЛ
6	Потужність, кВт	5,0/1,25	7/1,25	7/1,75	10/2,5
7	Частота обертання, хв-2	990/222	930/220	930/200	930/200
8	Редуктор	РГЛ	РГЛ-180	РГЛ-180	РГЛ-180
9	Міжцентрова відстань, мм	160	180	180	180
10	Передавальне відношення	40	35	47	35
11	Тип гальма	Колодчатий			
12	Гальмівний момент, Н·м	80-100	100	100	260
13	Тип електромагніту	МП-201	МП-201	МП-201	МП-201
14	Внутрішній розмір кабіни, мм	980×1120×2100	1200×1400×2100	1200×2200×2100	2200×1200×2100

Ліфт є найбільш енергозатратним компонентом технічного обладнання будь-якого багатоповерхового будинку [9]. Це складна система, яка витрачає енергію не лише під час переміщення, але й у режимі очікування, коли його не використовують. Що більше модернізована та удосконалена модель ліфта, то більше енергії вона потребує: для освітлювальних систем, сигналізаційних пристроїв, засобів зв'язку та нагляду, систем вентиляції та інших. У підсумку, експлуатація кожного окремого ліфта є досить витратною. А проблема енергоефективності ліфтового обладнання в масштабах всієї країни стає серйозним завданням.

Сучасні вимоги до енергоефективності та ресурсозбереження визначають умови для світової ліфтової промисловості, щоб задовольнити потреби багатьох країн. Вартість та строк окупності таких електромеханічних систем залежать від інтенсивності їх використання, індивідуальних потреб населення та обладнання.

Розрахунки показують, що впровадження енергоефективних ліфтів може призвести до зменшення витрат на електроенергію від 20% до 60%. Конкретні дані залежать від типу і моделі технологічного пристрою. Як зазначено в [10], економія досягається за рахунок використання в конструкціях ліфтів безредукторних приводів, перетворювачів частоти, ліній електропередач, запобіжників меншої потужності. Оснащення підйомної машини регенераційними пристроями також є важливим елементом енергозбереження. Їх робота гарантує до 20% економії електроенергії. Система працює таким чином: енергія, що виділяється при гальмуванні кабіни ліфта, перетворюється в електроенергію завдяки безредукторному приводу. Останній використовується для живлення підйомної системи. Для економії багато виробників ліфтового обладнання також використовують двері з синхронним механізмом магнітний двигун, високопродуктивні планетарні редуктори. Крім того,

сучасні кранові машини оснащені інтелектуальними системами управління. Останні дозволяють автоматичне відключення накопичувача на т.зв час очікування кабіни (коли ліфт не використовується для перевезення пасажирів або вантажів). Системи управління забезпечують максимально швидкий запуск пристроїв, коли це необхідно - енергозберігаючі ліфти запускаються протягом декількох секунд. При цьому цикл випробувань не виконується. Деякі розробники оснащують підйомну техніку спеціальним регулятором швидкості, який відповідає за харчування одношвидкісного двигуна головного приводу (лебідки). Ця дія дозволить скоротити споживання електроенергії приблизно на 34%.

Головна перевага енергозберігаючих технологій у сфері ліфтового обслуговування очевидна. Однак ними реалізація не обмежується. Енергозберігаючі технології в ліфтах мають низку т.зв «побічні» переваги. Сучасні перетворювачі частоти забезпечують плавність перехідних процесів у складних кранових механізмах. Це в свою чергу сприяє продовженню терміну служби окремих механізмів і вузлів. Адже використання енергозберігаючої технології знижує витрати на обслуговування підйомних систем. Цей ефект називається «подвійне збереження».

Компоненти ліфта (редуктори, електродвигуни, канати, гальма та направляючі ролики троса), які раніше потребували заміни кожні десять або п'ять (залежно від моделі) років, тепер можуть служити втричі довше. У порівнянні із двошвидкісними моделями, одношвидкісні двигуни характеризуються меншою масою, компактними розмірами та більш доступною вартістю. Крім того, обладнання відрізняється набагато більш плавним розгоном і гальмуванням салону. У практичному, орієнтованому на користувача аспекті це дозволяє підвищити комфорт ліфта за рахунок зменшення впливу шуму та вібрації. Вага лебідки підйомної машини значно зменшена за рахунок відсутності маховика. Зменшення пускових струмів двигуна економить енергію в два-три рази. З цієї причини остання менше нагрівається і служить довше.

Завдяки сучасним перетворювачам частоти перехідні процеси в механіці кранів відбуваються плавно, що в свою чергу дозволяє збільшити термін служби окремих елементів і механізмів. Це призводить до зниження витрат на технічне обслуговування. Тому елементи кранового обладнання, які раніше потрібно було замінювати кожні п'ять-десять років, в сучасних моделях вони можуть служити до двадцяти п'яти років (йдеться про редуктори, електродвигуни, троси, гальма і канатний шків).

Одношвидкісний електродвигун, на відміну від свого попередника - двошвидкісного електродвигуна, не тільки має менші габарити і вагу, але і коштує значно дешевше. Крім того, такі пристрої відрізняються більш плавним розгоном і уповільненням кабіни, а значить менше звукових ефектів і вібрацій, що в цілому підвищує комфортність поїздки на ліфті. Для цього знаходимо середньоквадратичний момент на валу двигуна по формулі 2.14

$$M_{\text{срkv}} = \sqrt{\frac{\sum_{K=1}^m M_K^2 \cdot t_K}{\sum_{K=1}^m t_K}} \quad (2.1)$$

де  $M_{\text{срkv}}$  - еквівалентний момент на валу одиншвидкісного АД, Н·м

$M_K$  - момент на К-м ділянці, Н·м;

$t_K$  - тривалість К-го ділянки, с.

Вага ліфтової лебідки значно зменшена за рахунок відсутності маховика. Зменшення пускового струму двигуна в два-три рази економить електроенергію при запуску кабіни і сприяє зниженню температури нагріву двигуна, подовжуючи термін його служби. Таким чином, хоча енергоефективні ліфти коштують трохи дорожче «звичайних» ліфтів, термін їх окупності набагато коротший. Але найголовніше, крім перерахованих вище переваг, такі ліфти не тільки економлять енергію, а й повертають її в систему енергозбереження будівлі.

Завдяки своїм загальним і наближеним властивостям ШНМ є потужним інструментом для вирішення задачі ідентифікації нелінійних і динамічних ОУ. Моделі розпізнавання на основі ШНМ називаються нейроремулаторами (NE). Вони описуються такими нелінійними рівняннями:

$$\bar{y}(k+1) = NN(\bar{y}(k), \bar{y}(k-1), \dots, \bar{y}(k-l_1), u(k-1), \dots, u(k-l_2)) \quad (2.2)$$

де  $NN$  (Ч) - перетворення вхід-вихід, що виконується ШНМ,

$l_1$  - глибина затримки зворотного зв'язку по виходу НЕ,

$l_2$  - глибина затримки по входу НЕ

Яскравий приклад з України – елеватор GeN2. Класичне верхнє розташування машинного відділення дозволяє розмістити ліфт GeN2 Premier у традиційній стандартній шахті вітчизняного ринку. Цей метод дозволяє зберігати простір у шахті і вміщувати великопомітну кабіну в обмеженій шахті. Використання армованих сталевими канатами поліуретанових ременів забезпечує те, що конструкція лебідки займає вдвічі менше місця, ніж звичайна редукторна лебідка. Лебідка, обладнана гумовими ізолюючими прокладками, працює майже безшумно, і безредукторний механізм допомагає зменшити вібрації та шум в навколишніх приміщеннях.

Поліуретанові тягові ремені та безредукторна лебідка з герметично закритими підшипниками не потребують мастила, що сприяє збереженню навколишнього середовища. Використання гнучких армованих поліуретанових ременів, а не сталевих канатів, забезпечує плавний і безшумний рух кабіни ліфта. Ремені GeN2 PREMIER були протестовані на безперервну роботу протягом 120 мільйонів циклів.

Система PULSE постійно моніторить електричний опір сталевих канатиків всередині поліуретанового ременя. Якщо канатики руйнуються з якої-небудь причини, їх опір змінюється, сигналізуючи про необхідність заміни ременя. Патентована система евакуації, яка працює від акумуляторної батареї з електронним контролем швидкості руху кабіни, забезпечує безпечну



евакуацію пасажирів у разі відключення електропостачання. Електронна система PULSE™ стежить за станом і цілісністю сталевих канатів поліуретанового ременя 24/7, попереджаючи про необхідність заміни ременів заздалегідь.

Компактна безредукторна лебідка з енергозберігаючим приводом ReGen дозволяє зекономити до 75% електроенергії порівняно зі звичайною ліфтовою системою без регенеративного приводу. Нове світлодіодне освітлення, яке пропонується як стандарт для ліфтових систем GEN2 PREMIER, зменшує споживання енергії і має тривалість служби в 10 разів більше, ніж традиційні люмінесцентні лампи. Автоматичний режим відключення, що активується при відсутності викликів на ліфт, робить світлодіодне освітлення на 80% ефективнішим у порівнянні з традиційним.

Ліфти Otis Gen2 використовують рекуперативний привід ReGen, який, завдяки силовій електроніці, перетворює вироблену двигуном електроенергію на стандартні напругу і частоту, повертаючи її в електричну мережу будівлі. Індикатори в кабіні повідомляють про режими рекуперації.

Привід ReGen регенерує енергію і постачає чисту енергію іншим системам будівлі, роблячи ліфт Gen2 Flex на 75% економічнішим і на 40% менше енерговитратним, ніж системи без регенеративного приводу без машинного приміщення. Довговічне світлодіодне освітлення зменшує енергоспоживання і працює в 10 разів довше, ніж звичайні флуоресцентні лампи. У сплячому режимі, коли ліфт не використовується, освітлення і вентилятори вимикаються, а їх запуск здійснюється кнопкою виклику, зменшуючи споживання енергії світлодіодного освітлення на 75% порівняно з традиційними системами.

Ліфтова система Gen2 не вимагає додаткового змащення для лебідки і поліуретанових армованих ременів, що уникає необхідності у зберіганні, деактивації та утилізації небезпечних відходів. Низьковольтні ланцюги управління, стандартна конструкційна особливість, знижують споживану потужність в режимі очікування на 50%, порівняно з традиційними машинами,

і забезпечують захист персоналу під час технічного обслуговування. У останні роки в ліфтовій промисловості стає все популярнішим використання перетворювачів частоти (ПЧ) для покращення функціональності ліфтів. Ця тенденція також знаходить своє відображення в ліфтовій галузі. ПЧ забезпечує плавний рух ліфта, знижує пускові струми та поліпшує плавність переходів, як показано на рисунку 1 (практично непомітне прискорення або гальмування), що сприяє меншому зносу елементів кінематичних ланок системи, підвищує надійність та тривалість служби ліфта та зменшує ударні моменти (типові для двошвидкісних електроприводів при перемиканні на знижену швидкість).

Однією з ключових переваг частотного керування порівняно з класичними системами керування є його економічність. Використання ПЧ у ліфтовій галузі дозволяє зменшити витрати електроенергії на 40-60%, що досягається зниженням моменту інерції лебідки основного приводу ліфта, за рахунок видалення маховика з привідного валу. Перетворювач частоти також дозволяє використовувати одношвидкісні асинхронні двигуни (АД) з короткозамкненим ротором, які мають менші габарити та вагу, а також значно менший маховий момент, порівняно з аналогічними двошвидкісними двигунами. Данні дослідження перехідних процесів показані на рисунку 2.1[15-17].

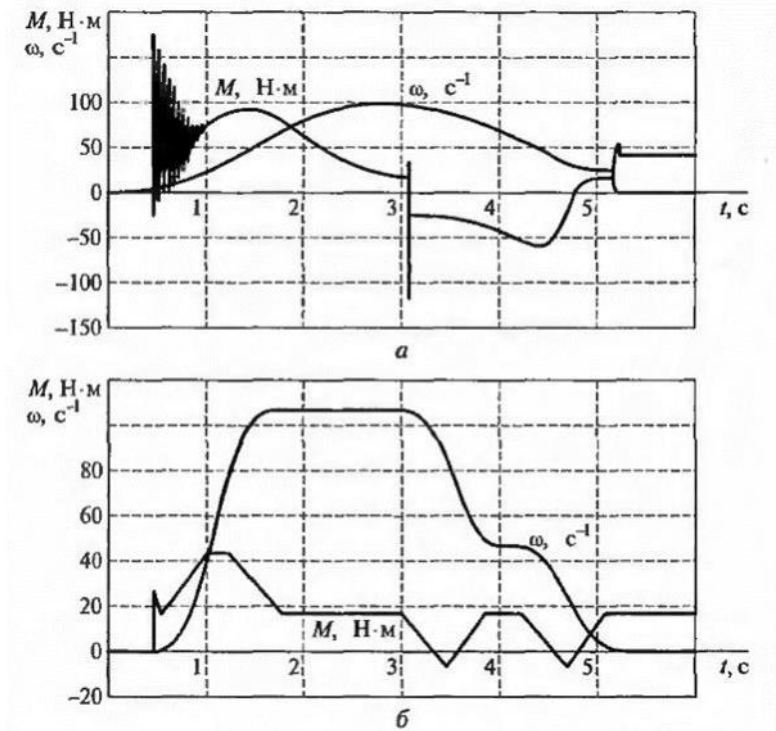


Рисунок 2.1. Перехідні процеси в електроприводі ліфта при підйомі на один поверх з двошвидкісним нерегульованим (а) і частотно-керованим (б) електроприводом [9]

Частка руху ліфтової кабіни на швидкості дотягування до рівня точної зупинки є невеликою, і тому необхідно реалізувати точну зупинку кабіни ліфта без використання частотного перетворювача. Це повинно бути виконано з врахуванням характеристик комфортності, надійності та відсутності ударного моменту, а також за використання одношвидкісного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. Система керування ліфтом з частотним перетворювачем здатна точно виконувати та дотримуватись алгоритмів руху, прискорення та точної зупинки кабіни на поверсі, в межах допустимої похибки.

Традиційний підхід включає перехід на знижену швидкість двигуна, щоб кабіна доїхала до датчика точної зупинки. Проте в ліфтовій галузі для реалізації точної зупинки часто використовують двошвидкісні двигуни. Відмова від масового встановлення частотних перетворювачів в житлових будівлях обумовлена їхньою вартістю та тривалістю окупності (залежно від

вантажопідйомності та інтенсивності користування), яка може становити від 3 до 8 років.

Одним з можливих рішень, яке враховує всі вищенаведені вимоги та є економічно обґрунтованим, є використання одношвидкісного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, замість двошвидкісного нерегульованого електроприводу. Це можливо завдяки використанню керованого динамічного гальмування. Технічні системи, загалом відомі як штучно створені, складаються із взаємодіючих компонентів матеріального та нематеріального характеру. Ці компоненти об'єднуються фізичними та інформаційними зв'язками, утворюючи нові властивості, які не притаманні окремим елементам. Основне завдання технічних систем полягає в виконанні закладених в них функцій. Структурна побудова технічних систем базується на ієрархічних відносинах між різними рівнями технічної та функціональної складності та призначення.

Одним з підходів до структурної побудови технічних систем є кіберфізичний підхід. Цей підхід визначається як системи, що складаються з природних об'єктів, штучних підсистем і мікроконтролерів. Кіберфізичні системи використовуються в різних галузях, таких як промисловість, транспорт і кіберфізичний світ, що спирається на концепцію Індустрії 4.0.

Ці системи, які є результатом функціонування кіберфізичного підходу, представляють собою останні наукові та технологічні досягнення. Вони характеризуються тісною взаємодією фізичних і програмних компонентів, які працюють на різних просторових і часових масштабах. Кіберфізичні системи взаємодіють між собою за допомогою Інтернету та хмарних технологій, змінюючи свою поведінку з контекстом. В рамках апаратної реалізації функціональних сервісів ієрархічна інфраструктура промислової кіберфізичної системи (CPS) складається з різних рівнів: елементів, вузлів і підсистем. Датчики: Цей рівень включає в себе датчики, чия основна функція - створення вимірювальних сигналів і їх перетворення в дані або повідомлення. Датчики забезпечують збір вихідних даних, які будуть

використовуватися для подальшого аналізу та обробки. Мікроконтролери і промислові комп'ютери: На цьому рівні розташовані мікроконтролери і промислові комп'ютери, які відповідають за обробку вхідних даних, видачу сигналів управління на виконавчі пристрої і формування даних для систем моніторингу, контролю та управління. Комп'ютери, сервери, пристрої хмарних сервісів: На найвищому рівні розташовані комп'ютери, сервери та пристрої хмарних сервісів, які забезпечують роботу систем диспетчеризації і управління підприємством (SCADA, DCS, MES, ERP). Ці системи відповідають за координацію та управління вищими рівнями.

Між рівнями і їх структурними апаратними одиницями існують зв'язки, і кожен рівень виконує свій набір незалежних завдань. Зв'язки реалізуються за допомогою сегментованих промислових або комп'ютерних мереж, які забезпечують передачу даних та комунікацію між різними елементами системи. Виходячи з кіберфізичного підходу апаратну структуру технічної системи аналітично можливо представити наступним чином:

$$\begin{aligned} \{Sys\} &= \{Lev_{\alpha} \{ \dots \{Lev_1\} \} \} \} = \\ & \left\{ \bigcup_{\beta^{\alpha}=1}^{m^{\alpha}} Con_{\alpha\beta^{\alpha}} \left\{ \bigcup_{\beta^{(\alpha-1)}=1}^{m^{(\alpha-1)}} Con_{\alpha\beta^{\alpha}\beta^{(\alpha-1)}} \left\{ \dots \left\{ \bigcup_{\beta^1=1}^{m^1} Con_{\alpha\beta^{(\alpha-1)}\dots\beta^1} \right\} \right\} \right\} \right\} = \\ & \left\{ \bigcup_{\beta^{\alpha}=1}^{m^{\alpha}} \bigcup_{\gamma^{\alpha}=1}^{n^{\alpha}} Dev_{\alpha\beta^{\alpha}\gamma^{\alpha}} \left\{ \bigcup_{\beta^{(\alpha-1)}=1}^{m^{(\alpha-1)}} \bigcup_{\gamma^{(\alpha-1)}=1}^{n^{(\alpha-1)}} Dev_{\alpha\beta^{\alpha}\gamma^{\alpha}\beta^{(\alpha-1)}\gamma^{(\alpha-1)}} \left\{ \dots \left\{ \bigcup_{\beta^1=1}^{m^1} \bigcup_{\gamma^1=1}^{n^1} Dev_{\alpha\beta^{\alpha}\gamma^{\alpha}\dots\beta^1\gamma^1} \right\} \right\} \right\} \right\} \end{aligned} \quad , \quad (2.3)$$

де  $Lev_x$  - множина рівнів,  $Con_{\beta}$  – множина складових відповідного рівня,  $Dev_x$  - множина структурних апаратних одиниць.

Горизонтальні зв'язки між складовими та пристроями різних рівнів відсутні в даній інфраструктурі. Замість того, щоб існувати прямі взаємодії між елементами різних рівнів, кожен рівень вважається окремою множиною, що відноситься до множин вищого рівня.

Множини, які складають рівні, визначаються за допомогою характеристичного вектора, який відображає бінарне відношення між складовими елементами та пристроями. Це відношення визначає, які елементи входять до складу конкретного рівня і як вони пов'язані між собою, але не

передбачає прямих взаємодій між елементами різних рівнів. Такий підхід дозволяє структурувати систему ієрархічно, уникати зайвих горизонтальних зв'язків і забезпечує більш прозору та ефективну організацію промислової кіберфізичної системи.

На увагу заслуговують системоутворюючі зв'язки між елементами, вузлами та підсистемами:

$$L_{(x-1)y} \subset L_{xy} \mid \forall L_{(x-1)y} \subseteq L_{x-1}, b=1, \quad (2.4)$$

де  $L_x$  – множина довільного рівня,  $V$  – характеристичний вектор множини  $L_x$ ,  $x$  – довільний індекс рівня,  $y$  - довільний індекс складової множини  $L_x$ .

Робота пропонує кіберфізичний підхід для оцінки стану технічних систем, враховуючи ієрархічні відношення різних рівнів технічної і функціональної складності, а також призначення систем. Запропоновано концепцію представлення технічних систем у вигляді їх сенсорних інфраструктур в системі сенсорів.

Основні аспекти, які розглядаються в роботі:

1. Кіберфізичний підхід: Використання кіберфізичного підходу підкреслює взаємодію між фізичними та інформаційними компонентами технічних систем. Цей підхід дозволяє більш ефективно використовувати інформацію для управління та моніторингу.

2. Ієрархічні відношення: Врахування ієрархічних відношень різних рівнів комплексності та призначення систем. Це допомагає краще розуміти структуру і взаємозв'язки в системі.

3. Сенсорна інфраструктура: Введення концепції сенсорних інфраструктур дозволяє систематизувати використання сенсорів для збору даних та отримання інформації про стан технічних систем.

4. Визначення інфраструктур: Розгляд визначень сенсорно-апаратної, сенсорно-функціональної та сенсорно-програмної інфраструктур, що визначають взаємодію технічних систем на різних рівнях складності.

5.Цей підхід дозволяє більш глибоко вивчати та ефективно управляти технічними системами, використовуючи новітні підходи до збору та обробки даних.

В лабораторному стенді моніторинг стану системи забезпечується за рахунок дисплея, який показує на якій відстані знаходиться кабіна ліфта. Моніторинг відстанні дозволить дізнатись чи лабораторний стенд працює без перебоїв і визначити точність що і є основою сенсорно-апаратної, сенсорно-функціональної та сенсорно-програмної інфраструктури лабораторного стенда.

**Висновок:** В даному пункті було описано основні аспекти науковості даної роботи за якими можна вважати дану роботу науково достовірною.

### 3. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ІМІТАЦІЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ФУНКЦІЄЮ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИСТЕМИ. АЛГОРИТМ РОБОТИ СТЕНДА

#### 3.1 Функціональна схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи

Функціональна схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи (рисунок 3.1)

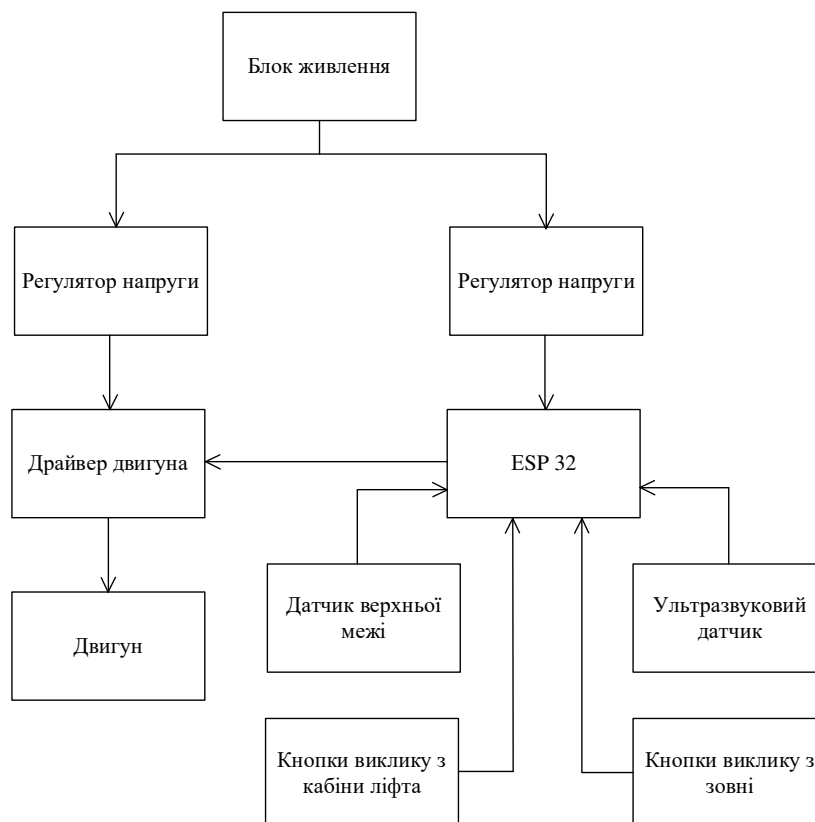


Рисунок 3.1 – Функціональна схема лабораторного стенда лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи



В функціональній схемі показано що при подачі електричного живлення на блок живлення та зниження напруги в регуляторах, вмикається мікроконтролер ESP 32 і драйвер двигуна. Після цього ультразвуковий датчик подає сигнали відстанні до мікроконтролера який обробить дані. Після натискання кнопки виклику подається керуючий сигнал на мікроконтролер, після чого всі кнопки блокуються і ним перевіряється через ультразвуковий датчик чи положення кабіни ліфта відповідають заданому поверху. Якщо перевірка пройдена, то мікроконтролер ESP 32 подасть керуючий сигнал до драйвера двигуна, який в свою чергу запустить двигун.

Двигун підніматиме кабіну ліфта до поки ультразвуковий датчик не зафіксує необхідну висоту і в той час мікроконтролер перестане подавати керуючий сигнал і двигун зупинить роботу. Після виконання заданого завдання мікроконтролер розблоковує всі кнопки в очікуванні подачі нового керуючого сигналу. Датчик верхньої межі спрацює лише під час аварійної ситуації і вимкне керуючий сигнал мікроконтролера на драйвер.

### **3.2 Алгоритм роботи лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи**

Алгоритм роботи лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи зображено на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Алгоритм роботи лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи

Алгоритм роботи:

1. Після подачі живлення виводиться на LCD дисплей надпис «Hello LIFT!».

2. Перевіряється на якій відстані кабіна ліфта відносно ультразвукового датчика.

3. Виводиться на LCD дисплей значення відстані кабіни ліфта і в подальшому зміна відстані.

4. Дана відстань приймається за початкову.

5. Перевіряється чи натиснута одна з поверхових кнопок, якщо натиснута то виконується пункт 6, інакше пункт 4.

6. Перевіряється чи вибрана кнопка поверху не з того ж поверху де зараз кабіна ліфта, якщо так то виконується пункт 7, інакше пункт 4.

7. Перевіряється чи вибрана кнопка поверху відповідає поверху який вище ніж кабіна ліфта, якщо вище то виконується пункт 8, інакше пункт 9.

8. Подається одиничка на 13 пін, який в свою чергу подається як керуючий сигнал на вхід IN1 драйвера двигуна і тим самим запускаючи двигун в необхідному напрямі обертання.

8. Подається одиничка на 13 пін, який в свою чергу подається як керуючий сигнал на вхід IN1 драйвера двигуна і тим самим запускаючи двигун в необхідному напрямі обертання до поки не буде досягнуто необхідної відстані, після чого керуючий сигнал припинить подаватись.

9. Подається одиничка на 12 пін, який в свою чергу подається як керуючий сигнал на вхід IN2 драйвера двигуна і тим самим запускаючи двигун в необхідному напрямі обертання до поки не буде досягнуто необхідної відстані, після чого керуючий сигнал припинить подаватись.

**Висновок:** Так підвівши висновки в даному пункті ми розробили функціональну схему лабораторного стенда для розрахунку параметрів електричної машини змінного струму також описали алгоритм роботи в якому було передано основні особливості процесу та шлях проходження сигналу даного стенда.

## 4 СТРУКТУРНА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ІМІТАЦІЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ФУНКЦІЄЮ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИСТЕМИ. ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

### 4.1 Структурна схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи

Структурна схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи (рисунок 4.1)

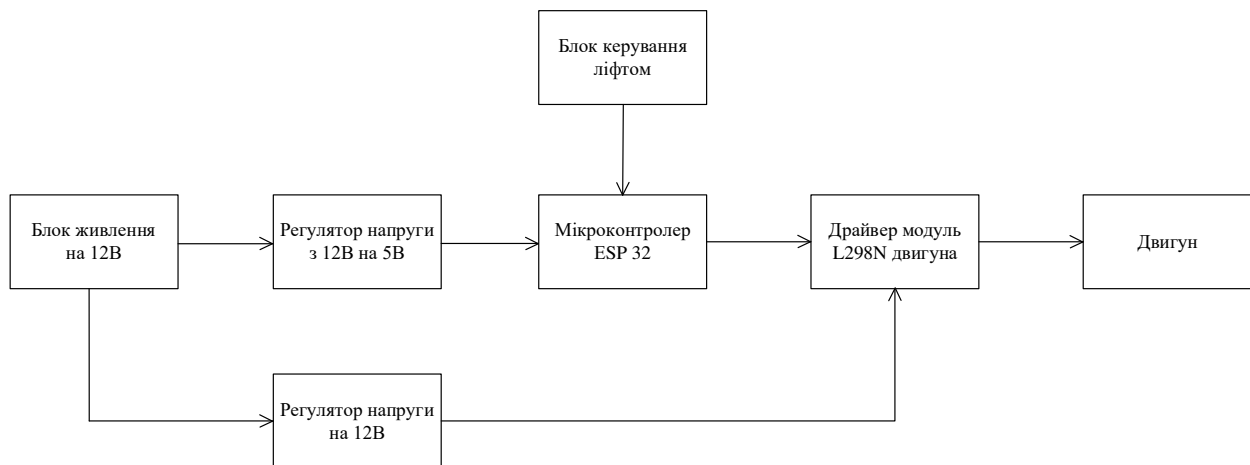


Рисунок 4.1 - Структурна схема лабораторного стенда для вимірювання

### 4.2 Вибір елементної бази

Для даного лабораторного стенду основною функцією якого є зміна положення кабіни ліфта до заданого поверху була використана така елементна база.

Основним елементом електричної схеми в лабораторному стенді який виконує керуючу функцію є мікроконтролер ESP32 (рисунок 4.2).

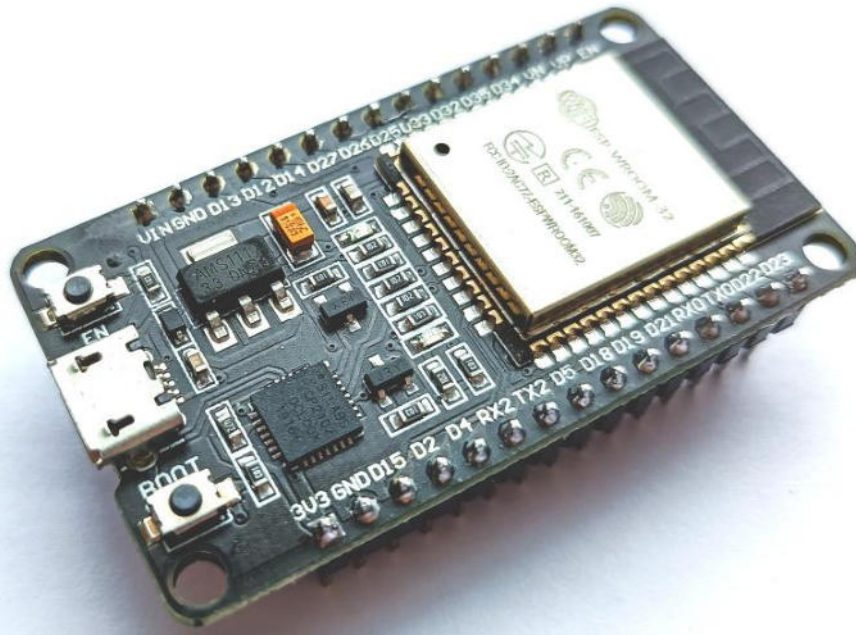


Рисунок 4.2 - мікроконтролер ESP32

Короткий перелік застосування даного мікроконтролера:

- для промислової автоматизації;
- моніторинг стану автоматизованої системи;
- зчитування даних з різноманітних датчиків;
- обробка отриманих даних і подача керуючих сигналів;
- для покращення стабільності роботи електричних машин;

Характеристики

Напруга живлення: 5 В;

USB-UART чіп: CP2102;

Максимальний струм стабілізатора напруги: 800 мА;

Wi-Fi Стандарти: FCC/CE/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC;

Протоколи: 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r (802.11n до 150 Мбіт/с);

A-MPDU та A-MSDU підтримка та підтримка захисного інтервалу в 0,4 сек;

Частотний діапазон: 2,4~2.5 ГГц;

Bluetooth протоколи: Bluetooth v4.2 BR/EDR та BLE specification;

Радіо NZIF із чутливістю: -98 дБм;

Передавач: class-1, class-2 та class-3 AFH;

Аудіо: CVSD та SBC;

Апаратні засоби та інтерфейси: SD, UART, SPI, SDIO, I<sup>2</sup>C, LED PWM;

Датчики на борту: датчик Холла, температурний датчик;

Генератори: кварцовий 26 МГц та 32 кГц;

Живлення мікромодуля: 2.2 ~ 3.6;

Робочий струм, середній: 80 мА;

Робочий струм піковий 500 мА;

Діапазон робочих температур: -40 °С ~ 85 °С;

Програмне забезпечення: режими Wi-Fi Station/softAP/SoftAP+ station/P2P;

Захист: WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS;

Шифрування: AES/RSA/ECC/SHA;

Оновлення ПЗ: UART Download / OTA (по мережі);

Розробка: Cloud Server Development/SDK for custom firmware development;

Мережеві протоколи: IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT;

Налаштування користувача: AT instruction set, cloud server, Android / iOS App.

Для керування двигуном було використано Драйвер крокового/колекторного двигуна L298N для ARDUINO, який забезпечує подачу живлення на двигун за заданими керуючими сигналами мікроконтролера (рисунок 4.3).

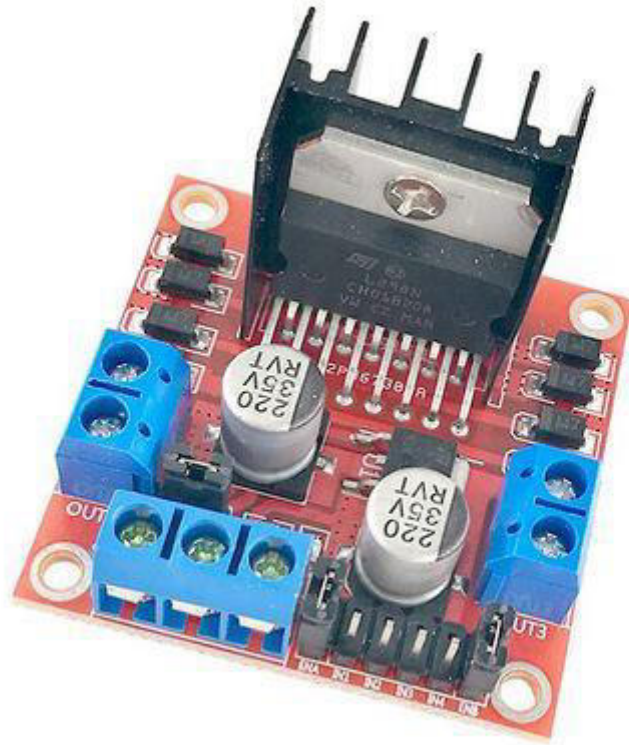


Рисунок 4.3 - драйвера двигуна L298N

Технічні характеристики драйвера *двигуна L298N*:

Мікросхема драйвера: *L298N*

Робоча напруга живлення двигунів: 13,5В

Мінімальна напруга живлення двигунів: 2,5В

Максимальна напруга живлення двигунів: 15В

Робоча напруга логічної частини: від 2,7 до 5,5В

Максимальний струм двигунів: 1,2А(середній)/3,2А(піковий)

Максимальна частота керування: 100КГц Далі було вибрано ультразвуковий датчик HC-SR04 який забезпечує стабільне і точне вимірювання відстанні кабіни ліфта. Технічні характеристики датчика:

Робоча напруга 3.8 – 5.5В

Споживаний струм 8 мА

Частота 40 кГц

Максимальна дистанція 1500 мм

Мінімальна дистанція 0 см



Роздільна здатність 3 мм  
Ширина імпульсів 10 мкс  
Кут 15 градусів  
Зовнішні габарити 37x20x15 мм

Також було вибрано датчик Холла (датчик наближення) який використовується як датчик верхньої та нижньої межі (рисунок 4.4).



Рисунок 4.4 - датчики Холла

Технічні характеристики датчика:

Тип виходу: NPN/NO (звичайний стан: відкритий);

Живлення - від 5 до 30 В постійної напруги (DC);

Споживаний струм - до 15 мА;

Вихідний струм – до 300 мА;

Максимальна відстань спрацьовування – 10мм від магніту;

Довжина дроту – 1 м;

Робоча температура - від  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $+55^{\circ}\text{C}$ ;

Ступінь захисту – IP65;

Габарити – 37 x d12 мм;

**Висновок:** В даному пункті було розроблено структурну схему лабораторного стенда і вибрано елементну базу яка була використана для побудови лабораторного стенда.

## 5 ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ІМІТАЦІЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ФУНКЦІЄЮ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИСТЕМИ

Електрична принципова схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи (рисунок 5.1)

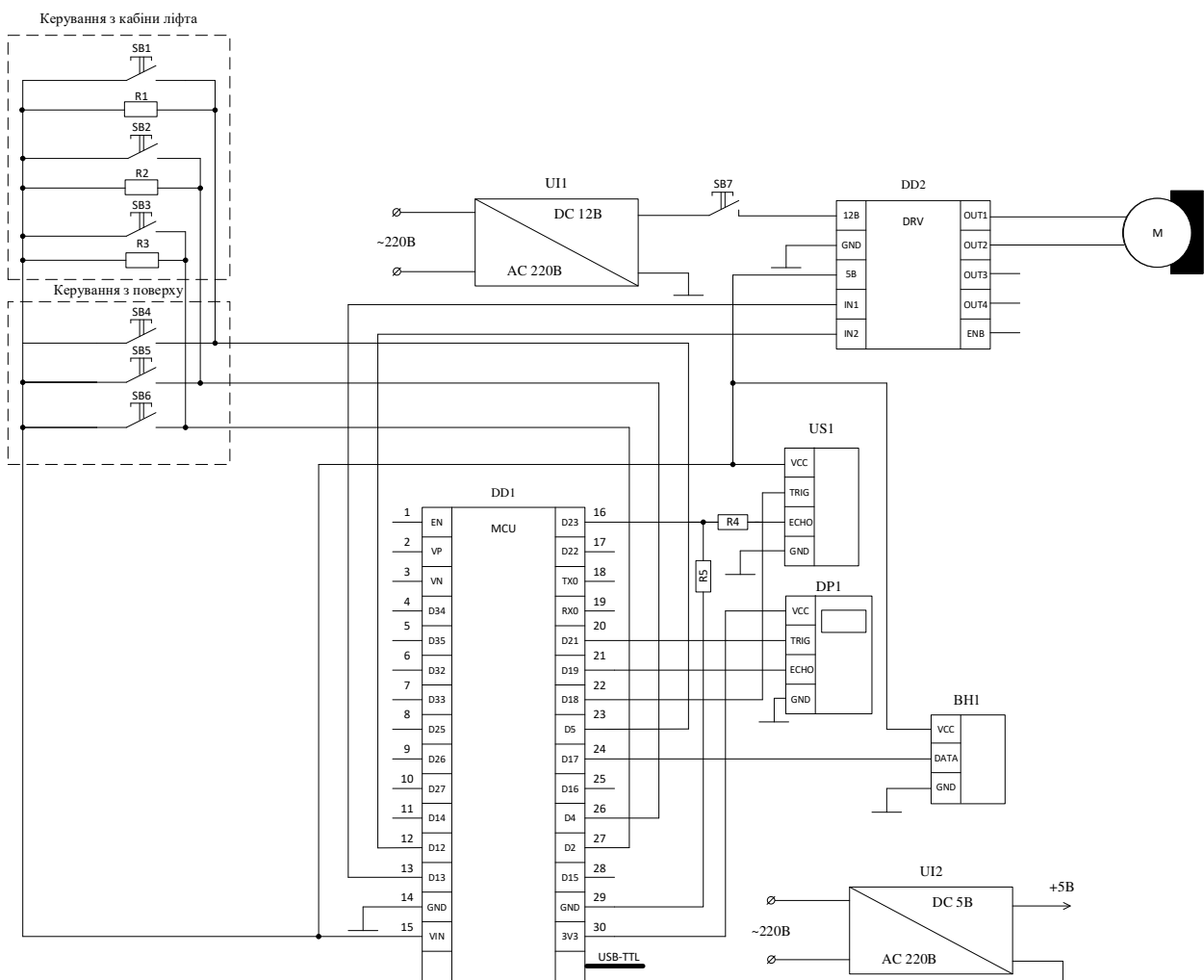


Рисунок 5.1 - Схема електрична принципова лабораторного стенда  
де DD1 – мікроконтролер ESP 32;  
DD2 – драйвер двигуна;  
US1– ультразвуковий датчик;  
DP1 – дисплей;

ВН – датчик верхньої межі;

UI1 – регулятор напруги з 220В на 12В;

UI2 – регулятор напруги з 220В на 5В;

SB1, SB2, SB3 – поверхові кнопки керування з кабіни ліфта;

SB4, SB5, SB6 – поверхові кнопки керування зверху;

SB7 – кнопка подачі живлення на драйвер двигуна;

R1, R2, R3 – резистори на 1кОм;

R4 – резистор на 3.3 кОм;

R5 – резистор на 6.8 кОм;

**Висновок:** В даному пункті розроблено електрично принципову схему лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи.

## **6 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ІМІТАЦІЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ФУНКЦІЄЮ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИСТЕМИ**

### **6.1 Практична реалізація лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи**

Після розробки електрично принципової схеми та вибору елементної бази можна реалізувати даний лабораторний стенд. Елементи лабораторного стенду були розташовані та закріплені в панелі виклику та на шахті ліфта які зроблені з органічного скла (рисунки 6.1 - 6.2).



Рисунок 6.1 - Панель виклику лабораторного стенда



Рисунок 6.2 - Шахта ліфта лабораторного стенда

За рахунок використання органічного скла весь лабораторний стенд прозорий і всі елементи добре видно, а також він досить міцний і до цього ж дуже легкий.

Ще для більшої зручності головні частини ліфта було з'єднано між собою кріпленнями які легко монтуються (рисунок 6.3)



Рисунок 6.3 - Кріплення лабораторного стенда

Основною особливістю даного лабораторного стенду являється використання мікроконтролера ESP 32, який має великий функціонал та можливості в застосуванні (рисунок 6.4), серед яких можливість моніторингу відстані кабіни ліфта і виведення значень на дисплей (рисунок 6.5).

Завдяки чому отриману відстань можна порівняти з відстанню кабіни ліфта відносно ультразвукового датчика, що в свою чергу дозволить моніторити стан ситстеми.

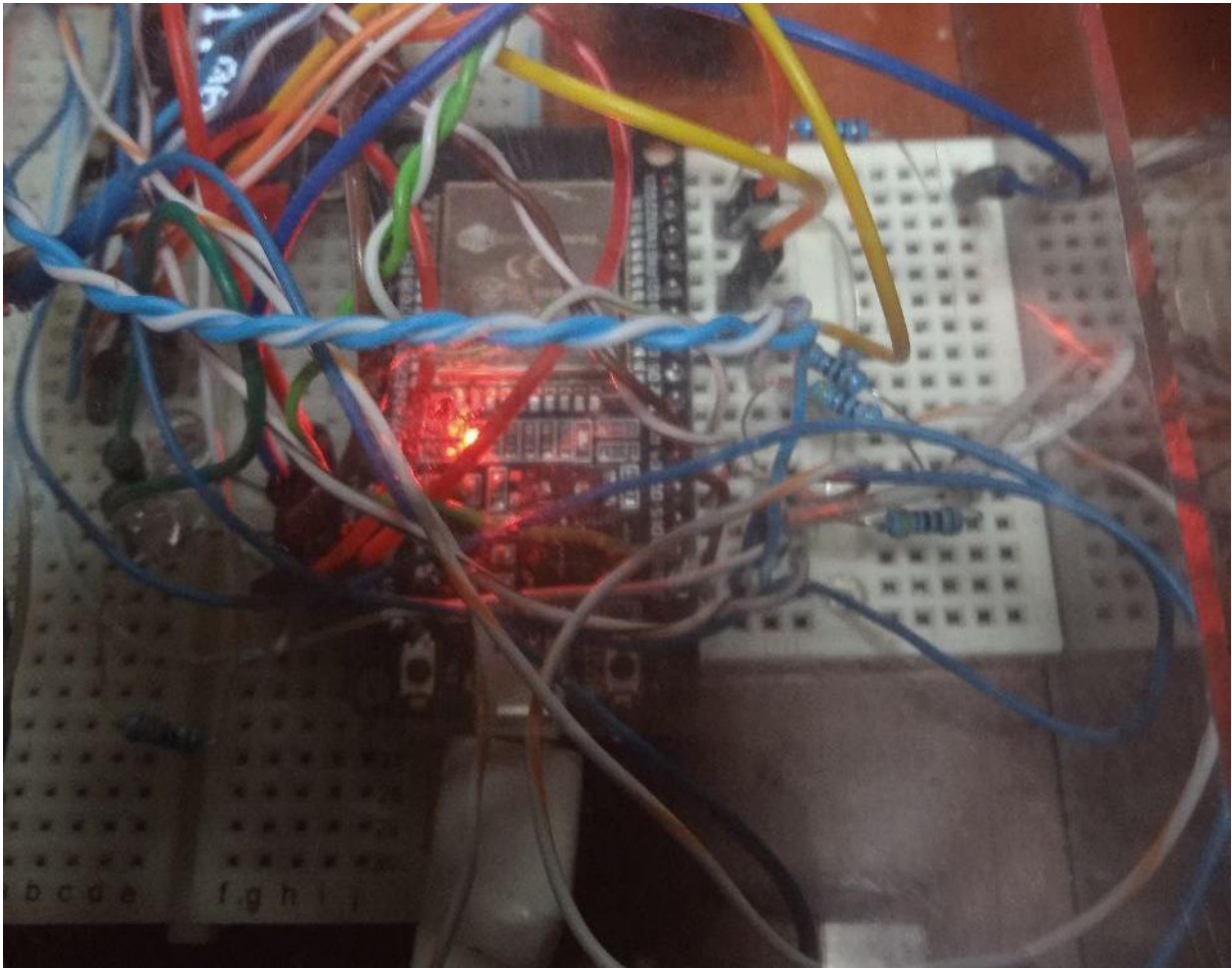


Рисунок 6.4 - Мікроконтролер лабораторного стенда під час роботи

Також моніторинг стану системи відбувається постійно, що дозволяє легко помітити збої чи аварійний режим дивлячись лише на дисплей.





Рисунок 6.5 - Дисплей лабораторного стенда під час роботи

Для подачі сигналів керування до мікроконтролера було використано та вмонтовано в стенд кнопки без фіксації положення (рисунок 6.5), що дозволило подавати одиничні керуючі сигнали на контакти мікроконтролера які призначені для певного поверхів.

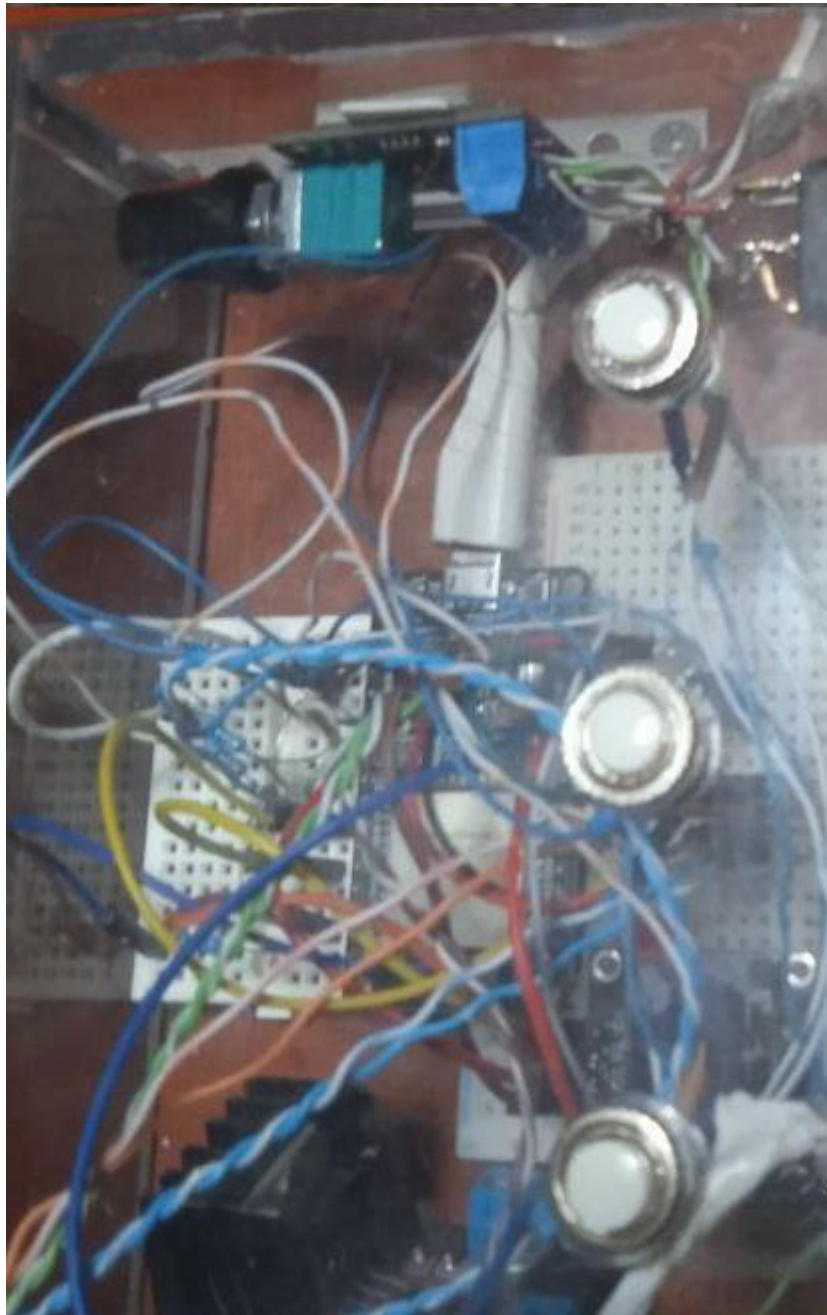


Рисунок 6.6 - Кнопки без фіксації положення лабораторного стенда

## 6.2 Демонстрація роботи стенда

Проаналізувавши конструкцію та склавши стенд з'являється можливість його протестувати в роботі.

Першим кроком є подача живлення до лабораторного стенду за допомогою підключення двох вилок в розетку (рисунок 6.7). Після чого змінюємо положення кнопки в режим включення (рисунок 6.8).



Рисунок 6.7- Подача живлення для лабораторного стенда

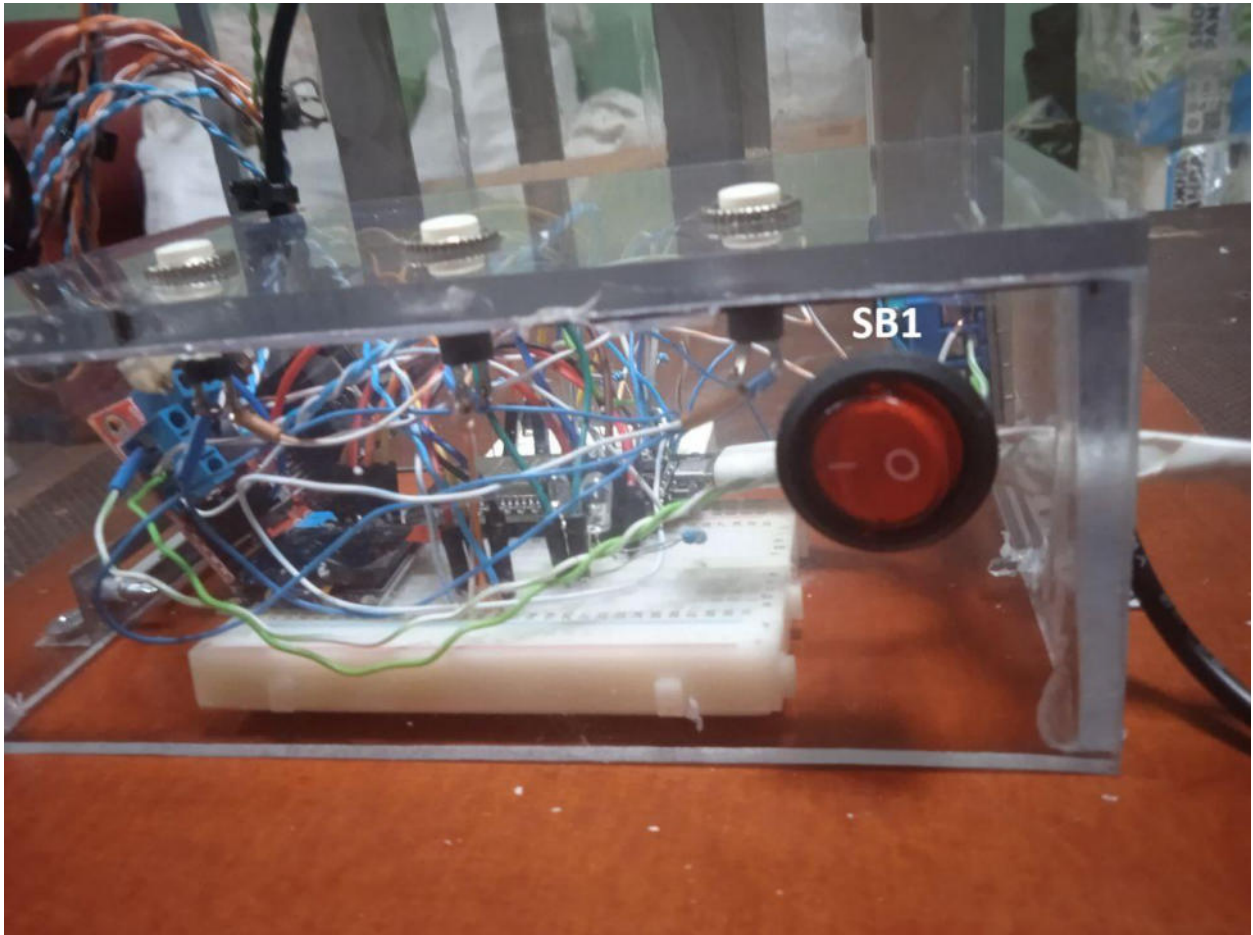


Рисунок 6.8 - Кнопка подачі живлення для лабораторного стенда  
де SB1 - кнопка подачі живлення

Подавши живлення на мікроконтролер на дві секунди на дисплеї з'явиться напис «Hello, LIFT!» (рисунок 6.9), що означатиме готовність стенда до роботи.



Рисунок 6.9 - Напис «Hello, LIFT!» на дисплеї

Після цього можна натискати кнопку поверху як на панелі ліфта (рисунок 6.10), так і на відповідному поверсі (рисунок 6.11), щоб кабіна ліфта почала рух до вибраного поверху.



Рисунок 6.10 - Кнопки поверху на панелі ліфта

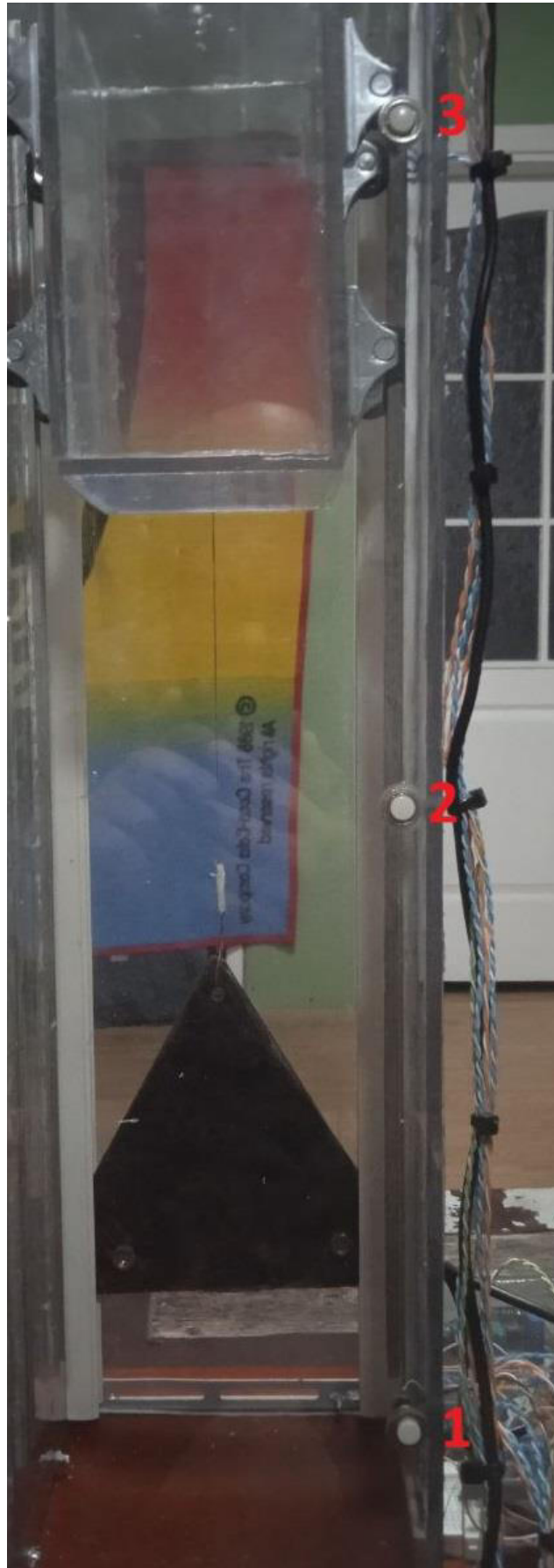


Рисунок 6.11 - Кнопки поверху на відповідному поверсі

**Висновок:** Отже в даному пункті було розглянуто практичну реалізацію та проведено демонстрацію роботи лабораторного стенда.



## **7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ІМІТАЦІЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З ФУНКЦІЄЮ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИСТЕМИ**

### **7.1 Технічне обґрунтування вибору складових лабораторного стенда**

Однією з головних задач данного стенда є його здатність забезпечити демонстрацію переміщення кабіни ліфта на заданий поверх.

До електричних датчиків, що застосовуються для моніторингу стану системи, пред'являються особливі вимоги, що враховують особливість їх роботи. Однією з найважливіших особливостей є те, що датчики налаштовані для роботи з мікроконтролером ESP32.

В умовах лабораторії де буде знаходитись стенд, параметри двигуна розраховані на сталий режим роботи. В процесі роботи навантаження на двигун буде змінюватись не суттєво.

Аналіз різних типів мікроконтролерів та датчиків, придатних для застосування в лабораторному стенді показує, що питання вибору типу і конструкції лабораторного стенда не однозначний. Наприклад, при використанні мікроконтролера ESP32 перевагою є краща швидкодія і можливість використовувати сигнали керування невеликих потужностей, проте мікроконтролер Siemens LOGO! 8 відзначається кращою надійністю. Тому до уваги беруться умови використання лабораторного стенда і в данному випадку нас цікавить більше швидкодія керуючих сигналів, був вибраний саме мікроконтролер ESP32.

Ситуація із вибором датчиків верхньої та нижньої межі є суттєво простіша. Вибір робимо на користь датчиків Холла, які є водночас надійними легкі в застосуванні і недорогі. За схожим принципом було обрано і ультразвуковий датчик HC-SR04 який вирізняється своєю точністю вимірювання і стабільністю роботи.

Для забезпечення руху кабіни ліфта було використано двигун з механічним редуктором, який попри свою невелику потужність може з легкістю виконувати свої основні функції з одної сторони через редуктор який забезпечує плавність руху кабіни через трос, а з іншого через драйвер двигуна, що керується через мікроконтролер.

Оскільки для побудови лабораторного стнда підйомної установки необхідно зробити кістяк конструкції та механічну частину конструкції, було також підібрано відповідні матеріали та механізми. Серед найбільш оптимального матеріалу було вибрано органічне скло через простоту обробки та відносну доступність данного матеріалу. З необхідних механізмів було вмонтовано декілька блоків які будуть брати на себе більшість навантаження від тросу під час роботи.

## **7.2 Економічне обґрунтування вибору складових лабораторного стенда**

### **7.2.1 Порівняльна характеристика електричних елементів стенда**

Даний стенд складається з декількох основних елементів електричної схеми, а саме мікроконтролер, драйвер двигуна, регулятор напруги та двигун.

Мікроконтролери вирізняються своєю різноманітністю, проте для даного вирадку можна відокремити три варіанта:

- мікроконтролер ESP32;
- мікроконтролер Siemens LOGO! 8;
- мікроконтролер ATMEGA328P-PU.

Дані мікроконтролери можуть забезпечувати керування підйомної установки лабораторного стенда проте між ними є суттєва різниця. Регулятор швидкості двигуна DC 4.5-35V 5A

ESP32 - мікроконтролер типу «система на кристалі», що мають інтегровані контролери Wi-Fi і Bluetooth, низьке енергоспоживання, невисоку ціну та посередню надійність. Має найкращі показники швидкодії та точності

керуючих сигналів. Приблизна собівартість данного приладу становить 160 грн.

Мікроконтролер Siemens LOGO! 8 характеризується найвищою надійністю та простотою в використанні. Оскільки всі модулі вже вбудовані і керування відбувається за рахунок лише кнопок і дисплея, цей мікроконтролер легко запрограмується для виконання задач. Проте він є досить дорогим і громіздким, а керування слабкими керуючими сигналами супроводжується зменшенням швидкодії та точності. Приблизна вартість 250 грн.

Мікроконтролер ATMEGA328P-PU вирізняється точністю та швидкістю, досить дешевий проте ненадійний. Для даного стенду цей мікроконтролер потрібно оснащувати додатковим захистом в електричній схемі що збільшує витрати. Вартість данного приладу становить 160 грн.

Переглянувши всі характеристики даних мікроконтролерів було вирішено взяти мікроконтролер ESP32.

Драйвер модуль L298N виявився єдиним надійним вибором драйвера ще й через простоту використання та доступною ціною. Регулятор напруги був вибраним за схожим принципом беручи до уваги що він виконуватиме ролі ще й захисту від коротких замикань в схемі.

### **7.2.2 Визначення капітальних вкладень**

Вартість кожного із елементів лабораторного стенда представлені в таблиці 7.1. Для цього потрібно записати суму витрат на усі елементи лабораторного стенда.

Таблиця 7.1 – Кошторис капіталовкладень

Елементи лабораторного стенда	Ціна, грн.	Елементи лабораторного стенда	Ціна, грн.	Елементи лабораторного стенда	Ціна, грн.
Мікроконтролер ESP32	160	Siemens LOGO! 8	250	ATMEGA328P-PU	160
Датчик Холла	216	Датчик Холла	216	Датчик Холла	216
Ультразвуковий датчик HC-SR	50	VL53L0XV2 Лазерний далекомір	144	VL53L0XV2 Лазерний далекомір	144
Двигун із редуктором для моделей arduino	50	Двигун із редуктором	150	Двигун із редуктором для моделей arduino	50
Драйвер модуль L298N двигуна для Arduino	100	Драйвер модуль L298N двигуна	100	Драйвер модуль L298N двигуна для Arduino	100
Силікон для монтажу органічного скла, кріплення	250	Силікон для монтажу органічного скла, кріплення	250	Силікон для монтажу органічного скла, кріплення	250
Регулятор швидкості двигуна DC 4.5-35В 5А	140	Регулятор швидкості двигуна DC 4.5-35В 5А	140	Регулятор швидкості двигуна DC 4.5-35В 5А	140
Кнопки натискна КН-11В без фіксації	28	Кнопки натискна КН-11В без фіксації	28	Кнопки натискна КН-11В без фіксації	28
Блок живлення 12V 2А	150	Блок живлення 12V 2А	150	Блок живлення 12V 2А	150
Кабель мережевий UTP-cat6 4x2x0,54	60	Кабель мережевий UTP-cat6 4x2x0,54	60	Кабель мережевий UTP-cat6 4x2x0,54	60
Органічне скло 500x1000	700	Органічне скло 500x1000	700	Органічне скло 500x1000	700
Силікон для монтажу органічного скла, кріплення	250	Силікон для монтажу органічного скла, кріплення	250	Силікон для монтажу органічного скла, кріплення	250
<b>Загальна вартість</b>	<b>2154</b>	<b>Загальна вартість</b>	<b>2438</b>	<b>Загальна вартість</b>	<b>2248</b>
Транспортні витрати (10%)	<b>215</b>	Транспортні витрати (10%)	<b>244</b>	Транспортні витрати (10%)	<b>225</b>
Витрати на обслуговування (20%)	<b>430</b>	Витрати на обслуговування (20%)	<b>488</b>	Витрати на обслуговування (20%)	<b>450</b>

На таблиці 7.1 можна побачити що елементна база на основі мікроконтролера ESP32 є найбільш економічно вигідною, що в свою чергу робить її найменш затратною в плані обслуговування.

Для визначення капітальних вкладень потрібно до загальної вартості обладнання додати також, вартість його доставки та витрати на обслуговування стенда.

Оскільки монтажні роботи були виконані власноруч, їх можна не враховувати. Проте на транспортні витрати було витрачено близько 10 відсотків від загальної вартості, а витрати на обслуговування складуть приблизно 20 відсотків.

**Висновок:** Отже даний лабораторний стенд зібраний з надійних матеріалів та приладів, що забезпечить його надійну роботу на кафедрі. Порівнявши деякі комплектуючі стенда, було взято до уваги їхню ціну та якість, щоб обрати найкращі прилади для забезпечення роботи лабораторного стенда.

## 8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У магістерській роботі розробляється лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи. Розглянемо умови праці співробітників, що розробляють інформаційне, програмне та методичне забезпечення для розрахунків параметрів електричних кіл живлення та захисту електроприводу.

Згідно ГОСТ 12.003-74 під час розробки інформаційного, програмного та методичного забезпечення дисципліни на розробників впливають такі шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

Фізичні:

- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;

- підвищена запиленість повітря робочої зони;

- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;

- підвищена та знижена рухомість повітря;

- підвищена та знижена вологість повітря;

- підвищений рівень шуму на робочому місці;

- підвищений рівень статичної електрики;

- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;

- нестача природного освітлення;

- недостатнє освітлення робочої зони;

- підвищена яскравість світла;

- знижена контрастність;

- прямий і відбитий блиск;

- підвищена пульсація світлового потоку;

- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може виникнути через тіло людини.

Психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);

- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження).

## **8.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта**

### **8.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць**

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 x 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності такого фактору як одночасний контакт обслуговуючого персоналу з корпусами електрообладнання та механізмами, що мають зв'язок з землею, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Під просторовою орієнтацією робочого місця розуміється розміщення у певному порядку елементів основного та допоміжного обладнання відносно одне одного та працюючої людини. Просторова організація робочого місця в основному визначається розмірами та формою сенсорного та моторного простору, формою та параметрами елементів робочого місця та просторовим розташуванням елементів відносно працюючого.

Робочі місця з відео моніторами повинні розташовуватися на відстані не менше як 1,5 м від стіни з віконними прорізами, від інших стін - на відстані 1 м, між собою на відстані не менше як 1,5 м. При розміщенні робочих місць необхідно виключити можливість прямого засвічування екрана джерелом природного освітлення. Джерело природного освітлення (вікно) не повинно також потрапляти у зону прямого спостереження користувача. Відносно світлових отворів робочі місця доцільно розташовувати таким чином, щоб природне світло падало на нього збоку, переважно зліва.

При розміщенні відео моніторів на робочому місці потрібно забезпечити простір для користувача величиною не менше як 850 мм з 57 урахуванням

виступаючих частин обладнання та застосування (при необхідності) спецодягу. Для стоп має бути передбачено простір по глибині та висоті не менше як 150 мм, по ширині - не менше як 530 мм.

Розташовувати відео монітор на робочому місці необхідно так, щоб поверхня екрана знаходилася на відстані 400-700 мм від очей користувача. Рекомендується розміщувати елементи робочого місця таким чином, щоб витримувалася однакова відстань очей користувача від екрана, клавіатури, тримача документів.

Залежно від виду роботи та зручності користувача доцільно користуватися можливістю повороту та регулюванням нахилу екрана. Ця вимога тим більш важлива, чим численнішими та різноманітнішими є заплановані випадки застосування відео моніторів. Установка рівня екрана над столом та його розташування повинні забезпечуватися за допомогою вторинних пристроїв на робочому місці.

Необхідно стало розташовувати клавіатуру на робочому столі, не допускаючи її хитання. Разом з тим має бути передбачена можливість її поворотів та переміщень. Положення клавіатури та кут її нахилу повинні відповідати побажанням користувача.

Принтер треба розташовувати так, щоб доступ до нього користувача та його колег був зручним.

Конструкція робочого столу повинна забезпечувати можливість оптимального розміщення на робочій поверхні обладнання, що використовується, з урахуванням його кількості, розмірів, конструктивних особливостей та характеру роботи, яка виконується. Корисно мати модульне, рухоме робоче місце. Площа столу залежить від всіх необхідних для роботи компонентів, що розміщуються, та повинна допускати можливість вільного переміщення пристроїв. Поверхня столу має бути матовою з малим відбиттям та теплоізолюючою.

Розташування технічних засобів повинно давати можливість користувачеві виконувати прості функції лівою рукою з метою зниження 58



великих навантажень на праву руку під час ведення записів, роботи з клавіатурою та інших операцій. Якщо у конструкції клавіатури не передбачено простору для опори долонь, то її слід розташовувати на відстані не менше як 100 мм від краю столу в оптимальній зоні моторного поля.

### **8.1.2 Електробезпека**

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні споживачів струму від мережі три-провідної з глухо-заземленою нейтраллю, при напрузі до 1000 В, використовується занулення – навмисне електричне з'єднання нормально не струмопровідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом. При зануленні, пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів до занулення, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату

наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Під час монтажу та експлуатації необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію. Під час ремонту ліній електромережі шляхом зварювання, паяння та з використанням відкритого вогню необхідно дотримуватися Правил пожежної безпеки в Україні. Лінія електромережі для живлення комп'ютерів, їх периферійних пристроїв та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження виконується як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників.

Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється. Нульовий захисний провід прокладається від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового робочого та нульового захисного провідників. Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі повинна бути не менше площі перерізу фазового провідника. Усі провідники повинні відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту, вимогам ПВЕ.

Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок

роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника.

Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки необхідно монтувати на негорючих або важкогорючих пластинах з урахуванням вимог ПВЕ та Правил пожежної безпеки в Україні. Електромережу штепсельних розеток для живлення комп'ютерів та їх устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження при розташуванні їх уздовж стін приміщення прокладають по підлозі поряд зі стінами приміщення, як правило, в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. При розташуванні в приміщенні за його периметром до 5 комп'ютерів, використанні трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу дозволяється прокладання їх без металевих труб та гнучких металевих рукавів.

Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів". Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції. Тимчасова електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів та меблях.

## 8.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 8.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 8.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Іа.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості	17-29	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний	Іа	15-24	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

## 8.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих.

Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м<sup>3</sup> (таблиця 8.2 і 8.3).

Таблиця 8.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню від нього. Тому необхідно здійснювати наступні заходи:

- очищувати пил якнайчастіше.
- щодня протирати гарячі поверхні.

Таблиця 8.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК за СН 2152-80

Рівні	Кількість іонів в 1 см куб. повітря	
	n <sup>+</sup>	n <sup>-</sup>
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Планувати прибирання так щоб вони приходилось на час, коли устаткування виключене, як, наприклад, у другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

### 8.2.3 Виробниче освітлення

Вплив світла на життєдіяльність людини вивчений досить добре. Воно впливає не лише на функцію зору, а й на діяльність організму в цілому: посилюється обмін речовин, збільшується поглинання кисню і виділення вуглекислого газу. Відомий сприятливий вплив природного освітлення на скелетну мускулатуру. Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці; при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

У приміщенні, де здійснюються проектувальні роботи з застосуванням моделювання на персональному комп'ютері, використовується штучне та сумісне освітлення.

Система штучного освітлення – комбінована, оскільки поряд із загальним освітленням (тип джерела освітлення – лампи світлодіодні) використовуються

індивідуальні джерела світла (настільні світильники з лампами світлодіодними).

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при сумісному освітленні (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, характеристика зорової роботи – дуже високої точності, розряд зорової роботи – II, підрозряд – в) зазначені у таблиці 8.4

Таблиця 8.4 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств.

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,15 до 0,3 включно	II	в	малий середній великий	світлий середній темний	150 0	200	-	4,2

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу

кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

Якщо діяльність користувача є комбінованою, тобто передбачає роботу як з комп'ютером, так і з документами, на робочі місця необхідно встановлювати джерела місцевого освітлення - настільні лампи з регульованим нахилом плафона і регульованою яскравістю. У цьому випадку треба стежити, щоб світло від лампи не діяв дратівливо і не створював відблисків на екрані.

#### 8.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$\text{де } L - \text{рівень шуму, дБ; } L = 20 \cdot \lg \left( \frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left( \frac{U}{U_0} \right),$$

$P$  - звуковий тиск, Па;

$U_0$  - коливальна швидкість,  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с;

$P_0$  - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який



регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 8.5 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньо геометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунку, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

### 8.2.5 Електромагнітні випромінювання та поля

Відео монітор є джерелом випромінювання кількох діапазонів електромагнітного спектра. Реальна інтенсивність кожного діапазону, частота

та інші параметри залежать від технічної конструкції конкретного терміналу, екранування та інших факторів.

Види випромінювань, часова залежність яких не може бути описана за допомогою простої синусоїдальної функції (однієї визначеної частоти), породжують “гармоніки” з більш високими частотами та більш низькими амплітудами. Більшість діапазонів значною мірою залежить від режимів роботи відео монітора.

### **8.2.6 Пожежна безпека**

Приміщення, де розробляють програмне забезпечення для розрахунку електричних кіл живлення та захисту, відноситься до категорії Д – негорючі речовини у холодному стані с зонами П-III (зони за межами приміщення, в якому використовуються горючі рідини з температурою спалаху  $> 610^{\circ}\text{C}$  або тверді горючі речовини, горючий пи́л, волокна). Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступеня вогнестійкості відносяться будівлі з штучними та захисними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриття допускається застосування дерев'яних інструкцій, захищених штукатуркою або важкогорючими листовими, а також нитковими матеріалами. До елементів покриття висуваються вимога по межах огнестійкості та межах розповсюдження полум'я; при цьому елементи укриття з деревини піддаються вогнезахисній обробці. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				колони	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	перекриття між поверхові (у т.ч. горючі та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	самонесучі	зовнішні і не несучі	внутрішні не несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
III	EI 120 M0	EI 60 M0	E 15 M0, E 30 M1	EI 15 M1	120 M0	R 60 M0	EI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 8.7.

Таблиця 8.7 – Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвилинах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуру-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекрыття	3	REI 45	2	1

Таблиця 8.8 – Заповнення прорізів у протипожежних перешкодах

Заповнення прорізів у протипожежних перешкодах	Тип заповнення прорізів у протипожежних перешкодах	Мінімальна межа вогнестійкості (хвилини)
Протипожежні двері, ворота, вікна, люки, клапани, завіси (екрани)	3	EI 15

Таблиця 8.9 – Тип протипожежного тамбур шлюзу

Тип протипожежного тамбур-шлюзу	Типи елементів протипожежних тамбур-шлюзів, нижче		
	Протипожежні перегородки	Протипожежні перекриття	Тип заповнення прорізів
2	2	4	3

Таблиця 8.10 – Мінімальні відстані між будівлями і спорудами відповідно до III ступеня вогнестійкості становлять 8 м.

Категорія за вибухопожежною та пожежною небезпекою виробничих, складських та лабораторних приміщень	Клас можливої пожежі	Придатність вогнегасника для гасіння пожежі певного класу та відповідність умовам його експлуатації	Вогнегасна здатність вогнегасника конкретного типу
III	A	ВП - 5	6

У випадку виникнення пожежі робітники повинні: прийняти всі заходи по ліквідації вогню; місце, яке загорілось слід гасити вогнегасником; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів

необхідно гасити тільки вуглекислотним вогнегасником або піском; зупинити обладнання.

Необхідно встановити біля входу у будівлю 1 пожежний щит (стенд). До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщені на ньому, включенні: вогнегасники ВП-5 – 3 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2м x 2м – 1 шт., гаки - 3 шт., лопати – 2 шт., лопати – 2 шт., сокири – 2 шт.

Ящик для піску повинен мати місткість 1,0 м<sup>3</sup> та бути укомплектований совковою лопатою. Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність дістання піску та виключати попадання опадів.

### **8.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи керування лабораторним стендом в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій**

В умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій, потрібно виділити найважливіші та найбільш імовірні на сучасність загрозливі чинники. Територія Вінницької області, є сприятливою в питанні природних загрозливих чинників, як наприклад: землетруси; повені; лавини та інші.

Якщо говорити про технологічні загрозливі чинники, то у Вінницькій області, не має своїх атомних станцій, або ж великих хімічних заводів, що робить цю область сприятливою і безпечною і в цьому плані також. Самими близьким небезпечним технологічним загрозливим чинником для території Вінницької області, була і є ЧАЕС.

Тому, слід вважати, також загрозливі чинники в умовах військових дій. Ця надзвичайна ситуація є гострою, особливо в теперішні дні. Найбільш поширені небезпечні ситуації пов'язані з військовими діями, на території Вінницької області, можуть бути: авіаудари, ЕМІ бомби, радіаційне зараження, пов'язане з вибухом ядерної зброї, або пошкодженням деякої АЕС та інші

З всього сказано, найбільш вірогідними є застосування ЕМІ, або поширення радіаційного зараження. Адже при ракетній небезпеці, усьому персоналу потрібно покинути небезпечну територію та пройти в укриття.

### 8.3.1 Дослідження безпеки роботи системи лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки в умовах дії іонізуючого випромінювання

Для дослідження стійкості роботи електричного приводу змінного струму в умовах дії іонізуючих випромінювань, використовують поняття граничного рівня радіації,  $P_{гр}$  (Р/год), при яких система буде працювати стабільно.

Для цього, потрібно дослідити, які граничні рівні дози опромінення,  $P_{гр}$ , має кожен елемент системи. Дані граничних доз опромінення кожного елемента наведені в таблиці 8.11.

Таблиця 8.11 – Граничні значення дози опромінення системи керування пальником зерносушарки

Елементи системи електричного приводу	$P_{гр.i}$ , Р/год	$P_{гр}$ , Р/год	$P_{гр зв}$ , Р/год
Блок Керування	Акумулятор	$10^9$	$10^4$
	Транзистори	$10^4$	
Мікроконтролер	Мікросхема	$10^4$	$10^4$
	АЦП	$10^4$	
	ЦАП	$10^4$	

Так, аналізуючи таблицю 8.11, мінімальне значення граничної дози опромінення, становитиме  $P=10^4$ .

Оцінюючи безпеку роботи системи керування пальником зерносушарки, потрібно визначити граничне значення потужності дози опромінення, за:

$$P_{зв} = K \cdot P_{\min} \cdot K_{осл}, \quad (8.1)$$

де  $K$  – коефіцієнт надійності ( $K = 0,92$ );

$K_{осл}$  - коефіцієнт послаблення радіації (приймається рівним  $K_{осл} = 2$ , оскільки система керування стендом знаходиться в закритому щитовому приміщені).

$$P_{зв} = 0,92 \cdot 10^4 \cdot 2 = 18400 \text{ (Р/год)}$$

Отже, система буде працювати стабільно, якщо доза опромінення не буде перевищувати граничного значення в  $P_{гр} = 18400$  Р/год.

Визначимо допустимий час перебування системи керування пальником зерносушарки під дією іонізуючого випромінювання:

$$t_{дон} = \left( \frac{D_{лм} \cdot K_{осл}}{2 \cdot P_{зв}} + \sqrt{t_{п}} \right)^2, [\text{год}] \quad (8.2)$$

$$t_{дон} = \left( \frac{10^4 \cdot 2}{2 \cdot 18400} + \sqrt{1} \right)^2 = 2,38 \text{ (год)}$$

Отже, за розрахунками, при дозі опромінення в  $10^4$ , система буде працювати безпечно тільки 2 години, що є допустимим. Але разом з тим, потрібно розуміти, що доза опромінення в  $10^4$  – це досить велике значення, для цього параметра, тому при розрахунку меншої дози опромінення, як наприклад  $10^3$ , система буде працювати стабільно й безпечно, досить довгий час.

### 8.3.2 Дослідження безпеки роботи системи керування лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки в умовах дії електромагнітного імпульсу

Лабораторний стенд знаходиться екранований по всьому об'єму, що правда з однієї сторони цей екран решітчастий, але навіть решітчастий екран, захищає від електромагнітного імпульсу (ЕМІ), так само, як і повний екран.

Розрахуємо перехідне гасіння енергії електричного поля сталевим екраном, за формулою:

$$A = 5,2 \cdot d \cdot \sqrt{f}, \quad (8.3)$$

де  $d$  – товщина стінки екрана ( $d = 2$  см);

$f$  – максимальна частота ЕМІ ( $f = 15000$  Гц).

$$A = 5,2 \cdot 2 \cdot \sqrt{15000} = 1273 \text{ (дБ)}.$$

Також, за (8.3), розрахуємо перехідне гасіння енергії електричного поля в щитовій, де знаходяться усі системи керування та блоки пам'яті. Для щитової, застосовується сталевий екран, товщиною  $d = 1$  см, тому:

$$A_{\text{щ}} = 5,2 \cdot 1 \cdot \sqrt{15000} = 636,9 \text{ (дБ)}.$$

Живлення системи здійснюється мережею 380 В змінної напруги, та 24 В – постійної напруги. В незалежності від сили електромагнітного імпульсу, основні блоки системи будуть працювати, адже задля безпеки, використовуються плавкі запобіжники.

Отже, єдиною уразливою ділянкою при ЕМ, є провідні кабелі, які йдуть від щитової, до живлення та керування електроприводом пальника зерносушарки. Нажаль на даний час, забезпечити безпечність, за рахунок встановлення в заземлений короб, є неможливим.

Розрахуємо, на яку напруженість ЕМІ, витримують кабелі з щитової. Візьмемо лише провідники для живлення двигунів, тобто мережею 380 В.

Так, допустима напруга коливання для мережі 380 В, становить 5%, тому:



$$U_{\text{доп}} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 \text{ (В)}$$

Тоді, за формулою можна визначити напруженість електромагнітного імпульсу, враховуючи, що коефіцієнт безпеки не має бути меншим за 40 дБ:

$$K_B = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_{\text{доп}}}{U_{\text{ЕМІ}}}\right), \quad (8.5)$$

де  $U_{\text{ЕМІ}}$  - напруга, яка викликана ЕМІ, по горизонтальній та вертикальних струмоведучих осях.

З формули (6.5), можна знайти, що напруга ЕМІ, буде становити 3,99В, при коефіцієнту безпеки 40 дБ. Розрахуємо напруженість по горизонтальній осі електромагнітного імпульсу:

$$U_{\text{ЕМІ.Г}} = E_{\text{Г}} \cdot L_{\text{Г}}, \quad (8.6)$$

де  $E_{\text{Г}}$  - напруженість ЕМІ по горизонтальній осі;

$L_{\text{Г}}$  - довжина горизонтальної струмоведучої частини ЕМІ ( $L_{\text{Г}} = 1,5 \text{ м}$ ).

$$E_{\text{Г}} = \frac{3,99}{1,5} = 2,66 \text{ (В/м)}$$

Відповідно, по вертикальній осі напруженість поля ЕМІ, буде в  $10^3$  більшим, та становитиме

$$E_{\text{В}} = 2,66 \text{ (кВ/м)}$$

Отже, якщо напруженість ЕМІ, не буде перевищувати 2,66 кВ/м, то система буде працювати безпечно, якщо ж це значення буде перевищено, провідники з щитку до двигуна стенда, можуть згоріти, або виникнути коротке замикання. Але, як вже було сказано, в системі керування лабораторного стенда, використовуються плавкі запобіжники.

Отже за результатами розрахунків, система керування лабораторного стенда, та сам стенд, в результаті дослідження, виявився безпечним, то заходів по підвищенню стійкості можна навести тільки в вигляді загальних, як наприклад:

1. забезпечити безпеку провідників від ЕМІ, за рахунок встановлення їх в короб що заземлений;

використання більше захисних пристроїв, як термічний запобіжник, або запобіжник по струму, тощо.

**Висновок:** В даному пункті ми розглянули охорону праці до приміщення в якому буде знаходитися наш лабораторний стенд та визначили що лабораторний стенд є стійким при ЕМІ.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У магістерській роботі розглянуто загальні відомості про підйомні установки: класифікація, особливості роботи електропривода та вимоги до надійності та системи керування. Також було науково обґрунтовано вибір системи електропривода підйомної установки з точки зору забезпечення надійності її роботи .

Отже після побудови функціональної, структурної та електричної схеми лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки було вибрано матеріальну базу та складено алгоритм роботи.

Після цього було практично реалізовано та продемонстровано роботу лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. STUDFILES: ресурс дипломних та курсових робіт. Автоматизована система управління ліфтом.  
url: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29894/1/Shchelkonohov\\_bakalavr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29894/1/Shchelkonohov_bakalavr.pdf)
2. Сайт з тезами ВНТУ – Лабораторний стенд для дослідження підйомної установки на базі асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором . url: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2022/paper/view/15619>
3. Надійність сільськогосподарської техніки/ М.І.Черновол, В.Ю.Черкун, В.В. Аулін та інші) За заг. ред. М.І.Черновола – Кіровоград: КОД, 2010. – 320с.
4. Офіційний портал «ВЕРХОВНА РАДА УКРАЇНИ» URL: [http://lib.rada.gov.ua/DocDescription?doc\\_id=145300](http://lib.rada.gov.ua/DocDescription?doc_id=145300) (дата звернення : 09.03.2021).
5. Пилипенко І. О. Основні організаційні заходи відтворення основних засобів підприємств ліфтового господарства//Комунальне господарство міст. Серія : Економічні науки. 2019. Вип. 2. С. 47-52.
6. Аулін В.В., Черновол М.І., Гриньків А.В. Узгодження зміни технічного стану з раціональним вибором об'єкту діагностування // Вісник інж. академії України. – 2015. – №2. – С. 182-188
7. Наказ Держжилкомунгоспу № 102 Примірний перелік послуг з утримання ліфтів: від 11.05.2005 р.
8. Ауліє В.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Мартиненко О.Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки // Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства. /Вип. 158. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. – Харків. – 2015.-С.252-262.

9. Белов М. П. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів і технологічних комплексів: підручник для студ. вищ. навч. закладів / М.П. Белов, В.А. Новіков, Л. Н. Розсудів. - 3-є вид., вип. - М.: Видавничий центр Академіям, 2007. - 576 с. ISBN 978-5-7695-4497-2

10. Аліфанов А.Л. Методичні основи прогнозування потреби в ремонтах агрегатів та автомобілів для забезпечення працездатності автомобільного парку північного регіону: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.10/Аліфанов Аскольд Леонідович. - К., 1999. - 340с.

11. Котельников В. А. Теорія потенційної завадостійкості В.А.Котельников. -М.: Радіо і зв'язок. – 1956. – 152 с.

12. Кузьменко О.Г. Теоретична та експериментальна трибологія. У 12т. Т.7 Надійність вузлів тертя за міцністю та зносом: монографія / А.Г.Кузьменко. – Хмельницький: ХНУ, 2011. – 391с.

13. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=58073](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073).

14. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

15. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

16. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

17. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

18. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

19. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

20. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

21. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

22. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

23. Кодекс цивільного захисту України. К.: ВР України, 2012. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

## ДОДАТОК А

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КЕМСК

к.т.н., доц.

 Микола МОШНОРИЗ

« 07 » 11 2023 р.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИВОДІВ ЗМІННОГО СТРУМУ. ЛАБОРАТОРНИЙ  
СТЕНД ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ**

08-24.МКР.001.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., доц.

 Микола МОШНОРИЗ

« 07 » 11 2023 р.

Виконав: ст. гр. ЕПА-22м

 Назарій АСАУЛА

« 07 » 11 2023 р.

Вінниця ВНТУ 2023

## **1 Загальні відомості**

Повне найменування розробки «Лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи».

Скорочене найменування розробки – «Лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи».

Замовник – Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів.

## **2 Підстави для розробки**

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем дипломного проектування.

## **3 Призначення розробки і галузь використання**

Аналіз енергетичних параметрів електричної машини змінного струму.

## **4 Вимоги до розробки**

Лабораторний стенд повинен забезпечити аналіз енергетичних параметрів електричної машини змінного струму

## **5 Комплектація розробки**

До лабораторного стенду входять такі елементи: аналізатор, автоматичних вимикачі, теплового реле, контактор, трансформатори.

## **6 Джерела розробки**

1. STUDFILES: ресурс дипломних та курсових робіт. Автоматизована система управління ліфтом.

url:[https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29894/1/Shchelkonohov\\_bakalavr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29894/1/Shchelkonohov_bakalavr.pdf)



## **7 Технічні характеристики**

Мікроконтролер ESP 32 на 5В 12-розрядний АЦП до 18 каналів, ультразвуковий датчик HC-SR04 5В, Драйвер модуль L298N на 5-13В.

## **8 Етапи виконання**

Основна частина	
Графічна частина	

## **9 Елементна база**

SB7 - кнопка для запуску стенда; SB1 - SB1 - поверхові кнопки; DD1 - мікроконтролер; DD2 - драйвер двигуна; UI1 - UI2 - трансформатори; US1 - ультразвуковий датчик; DP1 - дисплей; BH1 - датчик Холла.

## **10 Конструктивне виконання**

Лабораторний стенд розроблений з органічного скла яке реалізується до вимог електробезпеки

## **11 Показники технологічності**

Лабораторний стенд – двигун, апаратура керування, провідники, кабелі і т.п. виконується на сучасній елементній базі, його монтаж, заземлення, струмопровід повинен відповідати правилам влаштування електроустановок.

## **12 Технічне обслуговування і ремонт**

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками відповідної кваліфікації та відповідний контингент фахівців, які займаються програмуванням робота. Технічний огляд механізму здійснюється мінімум один раз на 3 місяці. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками та техніками-електромеханіками, фахівцями з

електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

### **13 Живлення електропривода**

Живлення лабораторного стенда повинно бути виконано напругою 220В.

### **14 Порядок контролю та прийняття**

Виконання етапів графічної та розрахункової документації магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

**ДОДАТОК Б**

**(обов'язковий)**

**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

**ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ІМІТАЦІЇ РОБОТИ  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДЙОМНОЇ УСТАНОВКИ З  
ФУНКЦІЄЮ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИСТЕМИ**

### **Актуальність теми дослідження.**

Звичайні пасажирські ліфти мають мінімальну комплектацію моніторингу стану системи через що під час аварійної ситуації важко знайти джерело проблеми. Тому було удосконалено схему керування і моніторингу стану системи за для вирішення цих проблем.

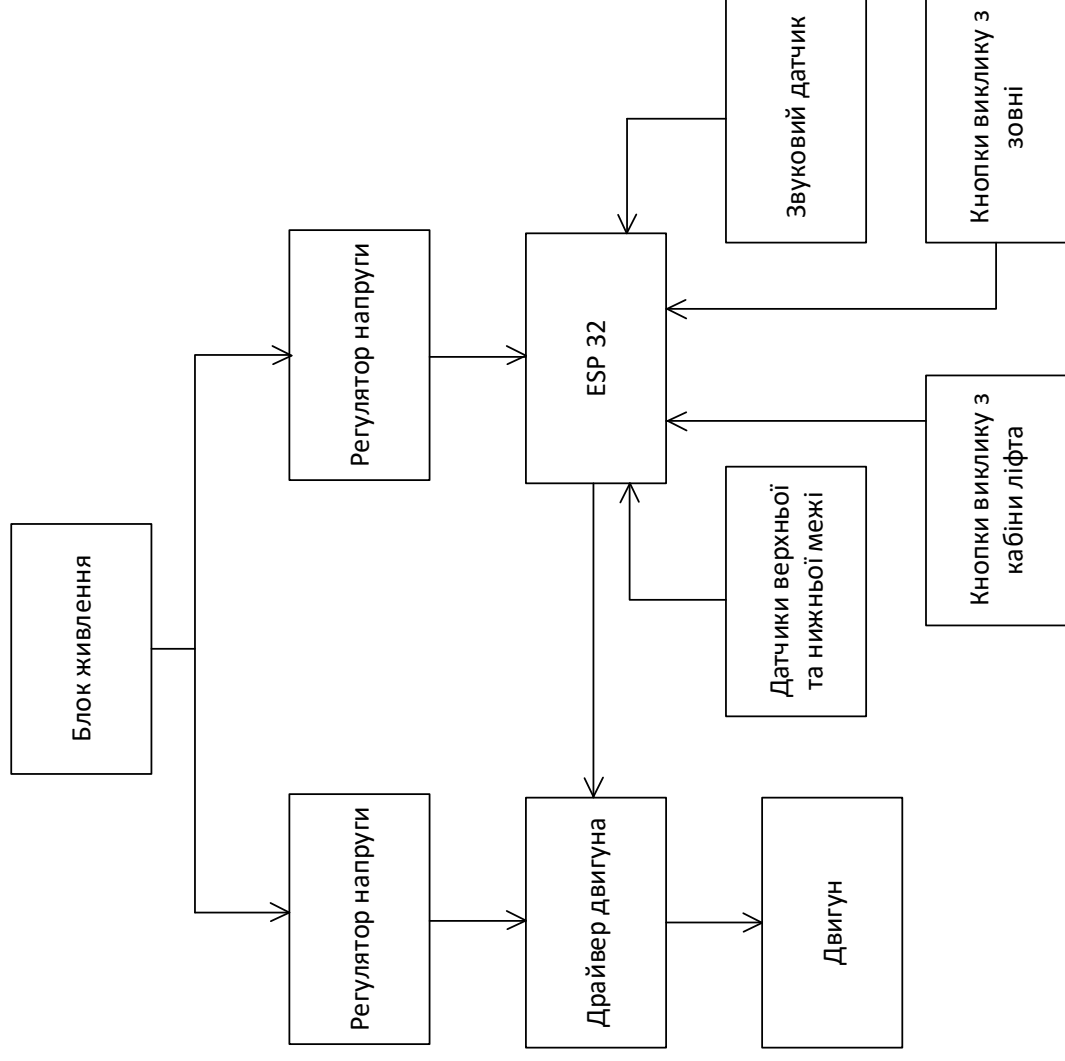
Таким чином, розробка лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки є актуальним науковим завданням.

**Об'єктом дослідження** є моніторинг стану системи підйомної установки.

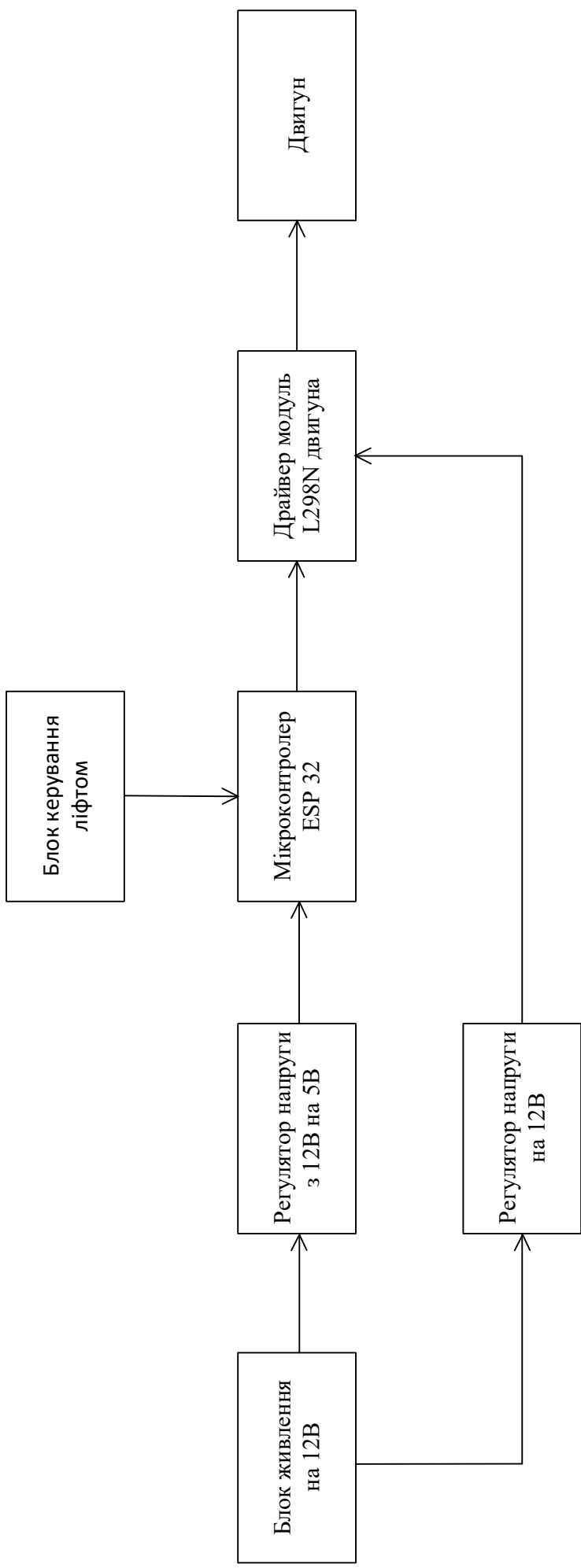
**Предметом дослідження** є лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки моніторингом стану системи.

**Метою** магістерської кваліфікаційної роботи є розробка лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки.

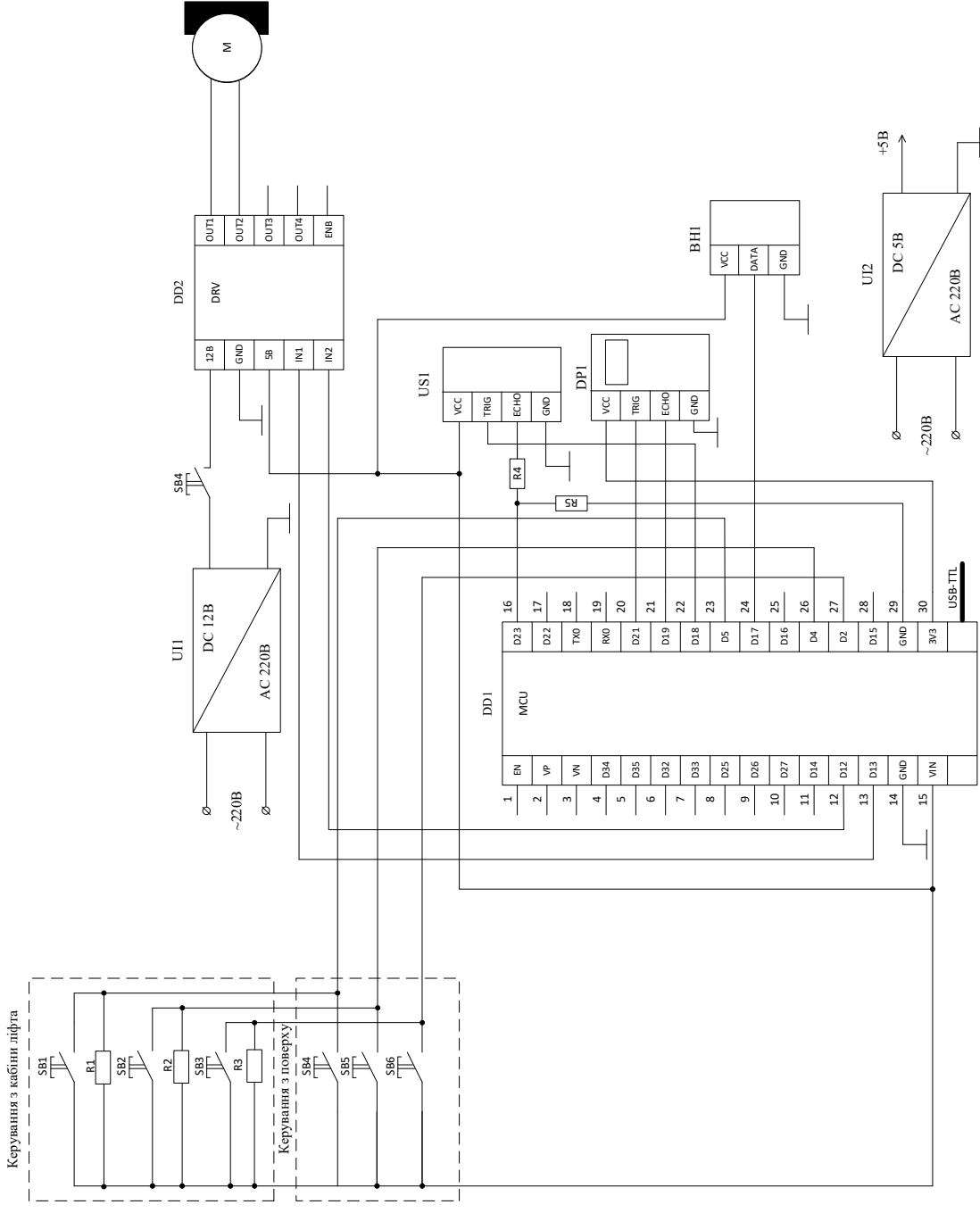
- Ідея роботи полягає у застосуванні мікроконтролера який буде забезпечувати моніторинг стану системи підйомної установки за допомогою ультразвукового датчика.
- В процесі реалізації мети роботи необхідно виконати такі завдання:
  - 1. Провести аналіз параметрів підйомної установки.
  - 2. Визначити елементну базу для лабораторного стенду.
  - 3. Розробити функціональну схему та алгоритм роботи для лабораторного стенду.
  - 4. Розробити структурну схему та вибрати елементну базу для лабораторного стенду.
  - 5. Розробити електрично принципову схему для лабораторного стенду.



Функціональна схема лабораторного стенда



Структурна схема лабораторного стенда

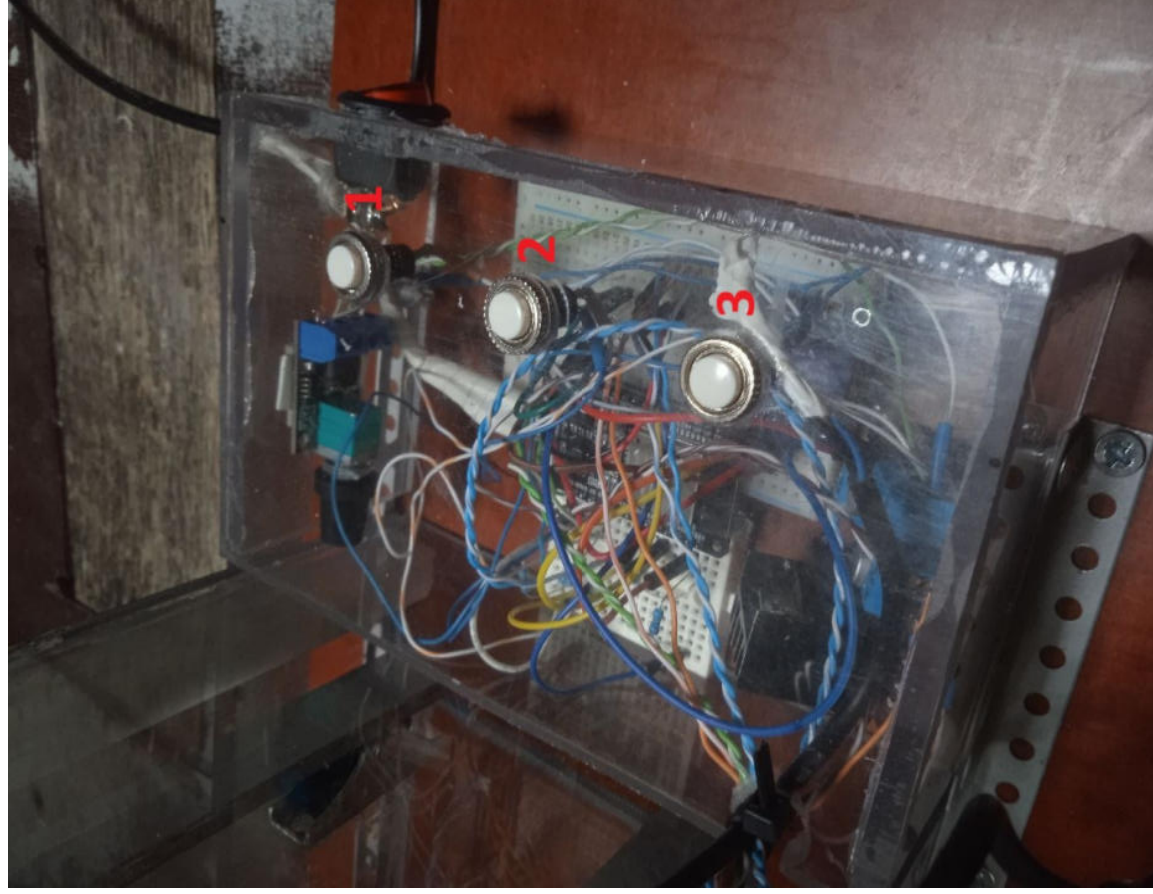


Електрична принципова схема лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки

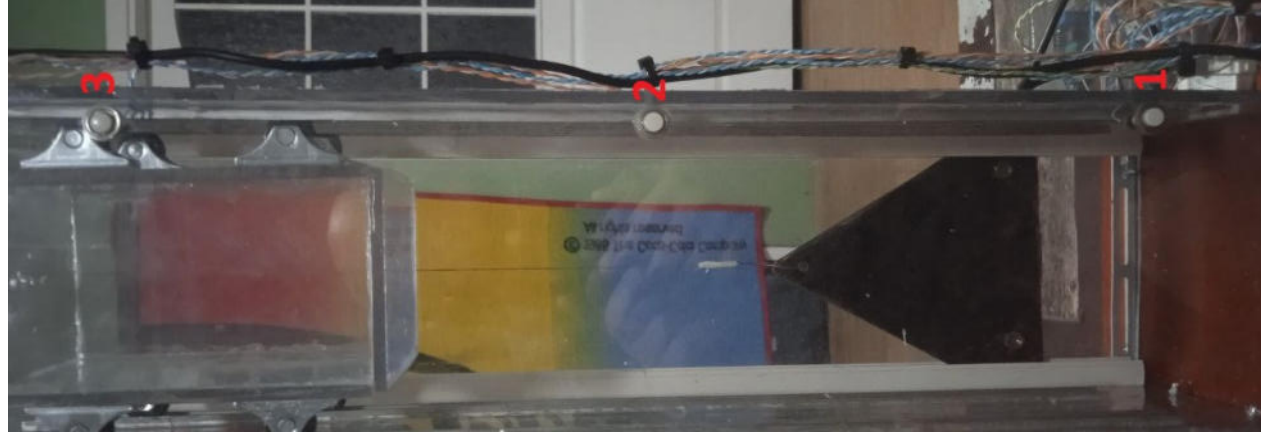




Основні механічні частини лабораторного стенда



Номерація поверхових кнопок лабораторного стенда в кабіні ліфта



## Номерация поверхностей кнопок лабораторного стенда на поверхках

## **Наукова новизна одержаних результатів:**

Розроблено лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки.

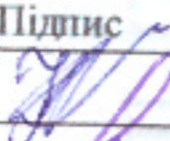
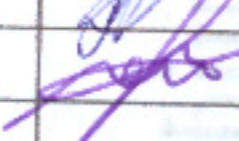



## **Практичне значення одержаних у роботі результатів полягає в наступному:**

- лабораторний стенд може бути використаний в задачах проектування та оптимізації режимів роботи шахтних підйомних установок;
- розрахункові результати досліджень можуть бути використанні під час вивчення фахових дисциплін таких освітніх програм як «Електричні системи і комплекси транспортних засобів» та «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод».

- **Висновок:** У магістерській роботі розглянуто загальні відомості про підйомні установки: класифікація, особливості роботи електропривода та вимоги до надійності та системи керування. Також було науково обґрунтовано вибір системи електропривода підйомної установки з точки зору забезпечення надійності її роботи .
- Отже після побудови функціональної, структурної та електричної схеми лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки було вибрано матеріальну базу та складено алгоритм роботи.
- Після цього було практично реалізовано та продемонстровано роботу лабораторного стенда для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи.

# АКЦІДЕНТІСЬКА РОБОТА

• Акцідентіска робота присвячена вивченню причин аварійної ситуації, що відбулася під час зварювання електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи. Актуальність роботи.

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	08.24.МКР.001.00.000	№	№
Розробив:		Асаула Н.М.		21.11		Лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи. Актуальність роботи.	
Перевірив:		Мошноріз М.М.		21.11	Апрель		
Т. контр.					БЕТС		
Реценз.		Бабенко О. В.		21.12			
Норм. кон.		Муров А. А.		28.11			
Затверд.		Мошноріз М.М.		28.11			

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

**Назва роботи:** “ Лабораторний стенд для імітації роботи електромеханічної частини підйомної установки з функцією моніторингу стану системи ”

**Тип роботи:** магістерська кваліфікаційна робота

**Підрозділ:** кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. ЕПА-22м

**Науковий керівник:** к.т.н. доц. Мошноріз М.М.  
(прізвище, ініціали, посада)

**Показники звіту подібності Unichesk**

Оригінальність	84.5%
Схожість	15.5%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в  ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

  
(підпис)

Паянок О.А.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

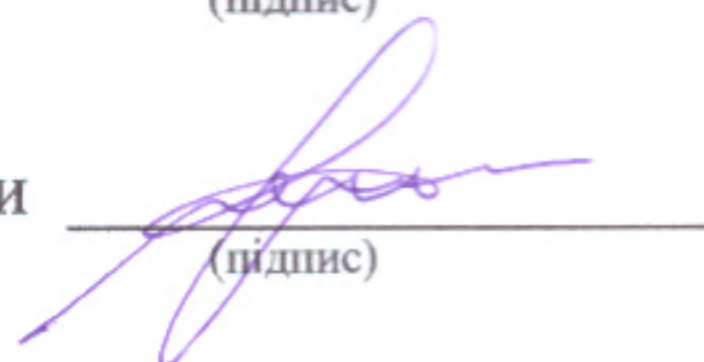
Автор роботи

  
(підпис)

Асаула Н.М.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Мошноріз М.М.

(прізвище, ініціали)