

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
(інститут)

Факультет інформаційних технологій
(факультет)

Кафедра Програмного забезпечення комп'ютерних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня
магістра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

студента	<i>Дяченка Григорія Григорійовича</i> (ПІБ)		
академічної групи	<i>121М-22з-1</i> (шифр)		
спеціальності	<i>121 Інженерія програмного забезпечення</i> (код і назва спеціальності)		
освітньої програми	<i>«Інженерія програмного забезпечення»</i> (назва освітньої програми)		
на тему:	<i>Розробка та дослідження програмного забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки</i>		

Г.Г. Дяченко

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг овою	інституційною	
розділ кваліфікаційної роботи спеціальний	<i>Проф. Лактіонов І.С.</i>			
Рецензент				
Нормоконтролер	<i>Проф. Лактіонов І.С.</i>			

Дніпро
2023

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Завідувач кафедри

Програмного забезпечення комп'ютерних систем

(повна назва)

М.О. Алексєєв

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« » _____ 20 Року

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

спеціальності _____ 121 Інженерія програмного забезпечення
(код і назва спеціальності)

студенту _____ 121м-22з-1 _____ Дяченку Григорію Григорійовичу
(група) (прізвище та ініціали)

Тема кваліфікаційної роботи _____ Розробка та дослідження програмного забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 09.10.2023 р. № 1228-с

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень – процеси збору, обробки та передачі інформації в системі віддаленого моніторингу та керування лабораторним стендом ліфтової установки.

Предмет досліджень – програмне забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки.

Мета НДР – підвищення ефективності та ергономічності віддаленого моніторингу та керування лабораторним стендом ліфтової установки за рахунок розробки та дослідження надійного інструменту у вигляді програмного забезпечення.

Вихідні дані для проведення роботи – лабораторний стенд ліфтової установки, дослідження існуючих архітектур систем віддаленого керування.

3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Новизна запропонованих рішень полягає в синтезі структурно-алгоритмічного забезпечення програмно-апаратної системи дистанційного моніторингу та керування ліфтовими установками, що, на відміну від відомих, забезпечує мінімальний рівень затримок та оптимізацію для виконання експериментів в реальному часі.

Практична цінність полягає в фізичній реалізації програмно-апаратного забезпечення дистанційного моніторингу та керування ліфтовими установками, що дозволило підвищити ефективність і надійність відомих методів і засобів автоматичного моніторингу й керування технічними системами.

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Результати досліджень мають бути подані у вигляді, що дозволяє віддалено під'єднатись до лабораторного стенду та провести експеримент. В результаті роботи повинен бути розроблений повнофункціональний програмний комплекс для дистанційного моніторингу та керування лабораторною ліфтовою установкою.

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок – кінець)
Аналіз теми та постановка задачі	12.09.2023-30.09.2023
Розробка архітектурного рішення апаратної частини та спенаріїв взаємодії з програмним забезпеченням для віддаленого моніторингу та керування	01.10.2023-31.10.2023
Створення програмного коду для програмованого логічного контролера, веб-серверу та інтерфейсу користувача	01.11.2023-08.12.2023

6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект від реалізації результатів роботи очікується позитивним завдяки підтримці різних стендів в різних місцях за допомогою віддаленого доступу, таким чином уникаючи інвестицій у дублююче лабораторне обладнання.

Соціальний ефект від реалізації результатів роботи очікується позитивним завдяки наданню можливості студентам та науковцям з різних регіонів та країн отримати доступ до високотехнологічних стендів, що може призвести до зростання загального рівня знань та конкурентоспроможності.

7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Завдання видав

_____ (підпис)

Лактіонов І.С.

_____ (прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Дяченко Г.Г.

_____ (прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 12.09.2023 р.

Термін подання кваліфікаційної роботи до ЕК 14.12.2023

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 108 стор., 23 рис., 9 таблиці, 4 додатка, 36 джерел.

Об'єкт дослідження: процеси збору, обробки та передачі інформації в системі віддаленого моніторингу та керування лабораторним стендом ліфтової установки.

Предмет дослідження: програмне забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки.

Мета роботи: підвищення ефективності та ергономічності віддаленого моніторингу та керування лабораторним стендом ліфтової установки за рахунок розробки та дослідження надійного інструменту у вигляді програмного забезпечення.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач використані методи: критичного аналізу і логічного узагальнення відомих результатів наукових досліджень у галузі віддаленого моніторингу та керування, теорії автоматичного керування, комп'ютерного моделювання, синтез і аналіз структурно-алгоритмічної організації інфокомунікаційних систем, функціонального програмування.

Новизна отриманих результатів полягає в синтезі структурно-алгоритмічного забезпечення програмно-апаратної системи дистанційного моніторингу та керування ліфтовими установками, що, на відміну від відомих, забезпечує мінімальний рівень затримок та оптимізацію для виконання експериментів в реальному часі.

Практична цінність результатів полягає в фізичній реалізації програмно-апаратного забезпечення дистанційного моніторингу та керування ліфтовими установками, що дозволило підвищити ефективність і надійність відомих методів і засобів автоматичного моніторингу й керування технічними системами.

Область застосування. Розроблене архітектурне рішення та програмне забезпечення може застосовуватися забезпечення віддаленого доступу для

вчених та дослідників до лабораторних стендів для проведення досліджень та експериментів.

Значення роботи та висновки. Покращення ефективності та безпеки управління ліфтовими установками в умовах віддаленого доступу, що підтверджується розробленим програмним продуктом в даній роботі.

Прогнози щодо розвитку досліджень. Розробити систему організації електронної черги при авторизації в систему для виконання експериментів.

Список ключових слів: віддалені експерименти, PLC, WebHMI, перетворювач частоти, Raspberry, програмне забезпечення, Modbus, CANopen.

ABSTRACT

Explanatory note: 108 pages, 23 figures, 9 tables, 4 applications, 36 sources.

Object of research: the processes of collecting, processing and transmitting information in the system of remote monitoring and control of the laboratory testbench of an elevator installation.

Subject of research: software of the system for remote control of the laboratory testbench of an elevator installation.

Purpose of Master's thesis: to improve the efficiency and ergonomics of remote monitoring and control of the laboratory testbench of the elevator installation by developing and researching a reliable tool in the form of software.

Research methods. critical analysis and logical synthesis of the known results of scientific research in the field of remote monitoring and control, control theory, computer modelling, synthesis and analysis of the structural and algorithmic organisation of information and communication systems, functional programming.

Originality of research is in the synthesis of structural and algorithmic support for the software and hardware system for remote monitoring and control of elevator installations, which, unlike the known ones, provides a minimum level of delay and optimisation for real-time experiments.

Practical value of the results consists of the physical implementation of the software and hardware for remote monitoring and control of elevator installations, which made it possible to increase the efficiency and reliability of known methods and means of automatic monitoring and control of technical systems.

Scope of application. The developed architectural solution and software can be used to provide remote access for students and researchers to laboratory testbenches for research and experiments.

The value of the work and conclusions. Improving the efficiency and safety of control of elevator installations in conditions of remote access, which is confirmed by the developed software in this work.

Research forecast and development. To develop a system for organising an electronic queue when logging into the system to perform experiments.

Keywords: remote experiments, PLC, WebHMI, VFD, Raspberry, software, Modbus, CANopen.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВО-ПРИКЛАДНИХ РОЗРОБОК У ГАЛУЗІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ ВІДДАЛЕНОГО КЕРУВАННЯ ЛАБОРАТОРНИМИ СТЕНДАМИ	14
1.1. Загальна характеристика досліджуваного лабораторного стенду ліфтової установки	14
1.2 Аналіз існуючих систем віддаленого керування лабораторними стендами	20
1.3 Аналіз функціональних можливостей програмних компонент систем віддаленого керування ліфтовими установками.....	26
1.4 Обґрунтування мети та задач дослідження	27
1.5 Висновки за розділом	30
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І ПІДХОДИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	31
2.1 Узагальнена структурно-алгоритмічна організація досліджуваної системи	31
2.2 Опис обмежень при розробці системи віддаленого керування.....	33
2.3 Опис алгоритмів роботи досліджуваної системи	34
2.4 Методика проведення досліджень	38
2.5 Висновки за розділом	40
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	41
3.1 Програмне забезпечення	41
3.2 Веб-сторінка.....	60

3.3 Результати тестування розробленої системи	61
3.4 Перспективні напрямки подальших досліджень / розробок	63
3.5 Висновки за розділом	64
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67
Додаток А. ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ MODICON M241	73
Додаток Б. ПАРАМЕТРИ ALTIVAR930	83
Додаток В. РЕГІСТРИ WEBHMI.....	86
Додаток Г. ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ НА FIREBASE	91
Файл index.html.....	91
Файл app.css	103
Файл report_en_dniprotech_template.pdf.....	104
Додаток Г. ПЕРЕЛІК ДОКУМЕНТІВ НА ОПТИЧНОМУ НОСІЇ.....	108

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

DTM – Device Type Manager;
HMI – Human-Machine Interface;
NIM – Network Interface Module;
PDO – Process Data Object;
PLC – Programmable Logic Controller;
POU – Program Organization Unit;
RFC – Remote Fast Counters;
RPLS or RPWM – Impulsion Generators;
RVFC – Remote Very Fast Counters;
SFC – Sequential Function Chart;
ST – Structured Text;
QoS – Quality of service;
ІКК – інформаційно-комп'ютерний комплекс;
ПЛК – програмований логічний контролер;
ПЗ – програмне забезпечення;
ЗІ – задатчик інтенсивності.

ВСТУП

У сучасному інформаційному суспільстві, характеризованому стрімкими технологічними та інженерними зрушеннями, використання віддалених систем керування стає важливим елементом для вдосконалення та оптимізації різноманітних технічних процесів, так як лабораторний практикум є невід'ємною складовою прикладних інженерних досліджень. Сучасне обладнання є необхідною умовою для обґрунтованої та сучасної лабораторної підготовки, яка дозволяє експериментально відтворювати теоретичні взаємозв'язки. Міжнародна співпраця «Лабораторії без кордонів» між Ройтлінгенським університетом та українським університетом-партнером Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» спрямована на вирішення проблеми, з якою стикаються українські університети, зокрема, через бюджетні обмеження. Ресурсозберігаючий та інноваційний підхід співпраці полягає в тому, щоб замовляти, контролювати та підтримувати різні практичні експерименти в обох місцях за допомогою віддаленого доступу віртуально, таким чином уникаючи інвестицій у дублююче лабораторне обладнання.

Проект «LAB - Лабораторії без кордонів. Цифрові додатки та інструменти для інженерної лабораторної освіти 4.0» фінансується Німецькою службою академічних обмінів DAAD. Заплановані заходи в основному:

- Спільна розробка дидактики та студентських експериментів для дистанційно керованих лабораторій в галузі робототехніки та інженерії управління.
- Розробка цифрових навчальних інструментів і ресурсів для студентів.
- Встановлення необхідних технічних можливостей та інфраструктури безпеки для дистанційно керованих лабораторій в обох університетах.
- Семінари для студентів та молодих вчених в обох університетах для обміну науковими знаннями та практичного тестування лабораторних експериментів.

Сторінку проєкту LAB можна знайти за наступним посиланням і переглянути для отримання додаткової інформації. Пізніше через цей інтерфейс будуть доступні всі додатки, якими можна керувати дистанційно. <https://www.lab-project.eu/> (дата: 13.12.2023).

Ця магістерська робота присвячена розробці та дослідженню програмного забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки. При цьому, досліджуються технічні аспекти взаємодії програмного та апаратного забезпечення, а також аспекти безпеки та оптимізації продуктивності системи.

У контексті росту інтересу до віддалених технологій та інтеграції засобів віддаленого керування в промисловість та освіту, дана робота виступає важливим внеском у розвиток та вдосконалення сучасних систем віддаленого керування обладнанням. Отримані результати можуть мати практичний вплив на реальні умови використання ліфтових установок та сприяти подальшому вдосконаленню віддалених лабораторій та систем віддаленого керування взагалі.

Об’єкт досліджень – процеси збору, обробки та передачі інформації в системі віддаленого моніторингу та керування лабораторним стендом ліфтової установки.

Предмет досліджень – програмне забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки.

Мета НДР – підвищення ефективності та ергономічності віддаленого моніторингу та керування лабораторним стендом ліфтової установки за рахунок розробки та дослідження надійного інструменту у вигляді програмного забезпечення.

Наукова новизна запропонованих рішень полягає в синтезі структурно-алгоритмічного забезпечення програмно-апаратної системи дистанційного моніторингу та керування ліфтовими установками, що, на відміну від відомих, забезпечує мінімальний рівень затримок та оптимізацію для виконання експериментів в реальному часі.

Практична цінність полягає в фізичній реалізації програмно-апаратного забезпечення дистанційного моніторингу та керування ліфтовими установками, що дозволило підвищити ефективність і надійність відомих методів і засобів автоматичного моніторингу й керування технічними системами.

Структура роботи: пояснювальна записка: 108 стор., 23 рис., 9 таблиці, 4 додатка, 36 джерел.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВО-ПРИКЛАДНИХ РОЗРОБОК У ГАЛУЗІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ ВІДДАЛЕНОГО КЕРУВАННЯ ЛАБОРАТОРНИМИ СТЕНДАМИ

1.1. Загальна характеристика досліджуваного лабораторного стенду ліфтової установки

Лабораторна ліфтова установка – це імітатор роботи ліфта, який моделює його рух та взаємодію з пасажирами на різних поверхах. У цьому пункті розглядаються основні компоненти стенду на момент початку його модернізації шляхом розробки програмно-апаратних рішень для забезпечення віддаленого керування. Стан стенду до модернізації наведено на рис. 1.1.

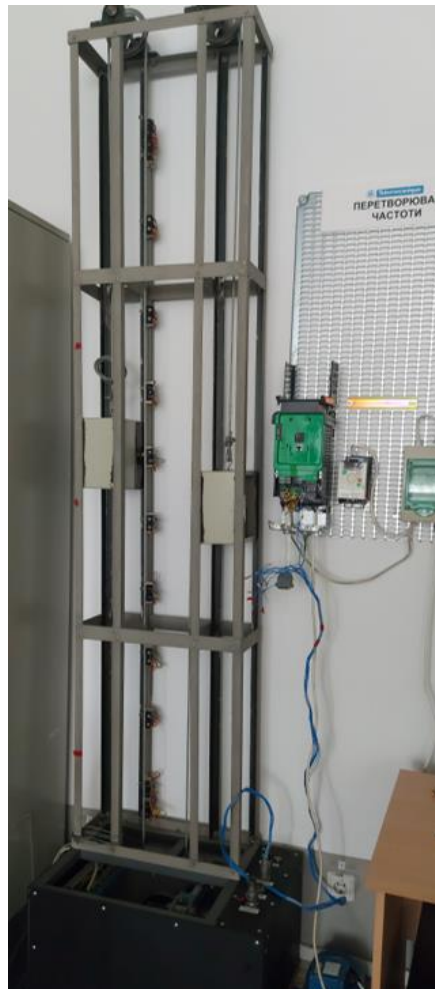


Рис. 1.1. Об'єкт керування до модернізації

Розмір шахти, близький до 2 метрів, забезпечує достатню просторову вільність для динамічного руху елементів системи. Лівий каркас, у якому встановлені кінцеві вимикачі, служить як структурна опора та платформа для руху блока, що імітує кабінку ліфта. Правий каркас шахти, де розташована противага, додає стабільності та збалансованості системі шляхом забезпечення достатньої сили натягу для уникнення ковзання.

У шахті ліфтового комплексу встановлені кінцеві вимикачі, що мають ключову роль у забезпеченні безпеки та правильної роботи ліфтової системи. Взаємодія між кінцевими вимикачами та рухомим блоком дозволяє відстежувати поточне положення кабіни. Основним завданням цих вимикачів є:

- a) Зупинка на поверхах: Кінцеві вимикачі встановлені на кожному поверсі шахти ліфта. Коли кабіна ліфта досягає певного поверху, відповідний кінцевий вимикач вмикається, і це спричиняє зупинку ліфта на цьому поверсі.
- b) Визначення напрямку руху: Кінцеві вимикачі також використовуються для визначення напрямку руху ліфта. Наприклад, якщо ліфт рухається вгору і досягає кінцевого вимикача на верхньому поверсі, це може викликати зміну напрямку на спуск.
- c) Запобігання перевищення меж: Кінцеві вимикачі допомагають у запобіганні перевищення меж шахти. Якщо, наприклад, ліфт неправильно налаштований або виникає несправність, кінцеві вимикачі вмикають систему, щоб ситуацій, коли ліфт може вирушити за межі дозволеної області шахти.

В тяговому механізмі використовується тросова система з трьох шкіфів: один внизу (Рис. 1.2) та два у верхній частині каркасу шахти (Рис. 1.1).

Гальмівна система стенду представлена гальмом колодочним, яке призначене для зупинки та утримання валів механізмів (переважно підйомно-транспортних машин).

В стенді використовується трьох фазний асинхронний двигун АІР 63 В4 У3. Технічні параметри двигуна наведено у таблиці 1.1.

Номінальні данні двигуна АІР 63 В4 У3 [1]

Параметр	Позначення	Значення	Одиниці виміру
Потужність	P	370	Вт
Номінальна швидкість	n	1320	об/хв
Напруга живлення	Δ / Y	220 / 380	В
Номінальний струм	Δ / Y	2.042 1.182	А
ККД	η	68	%
Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi$	0.70	-
Ступінь захисту		IP 54	
Частота напруги		50	Гц

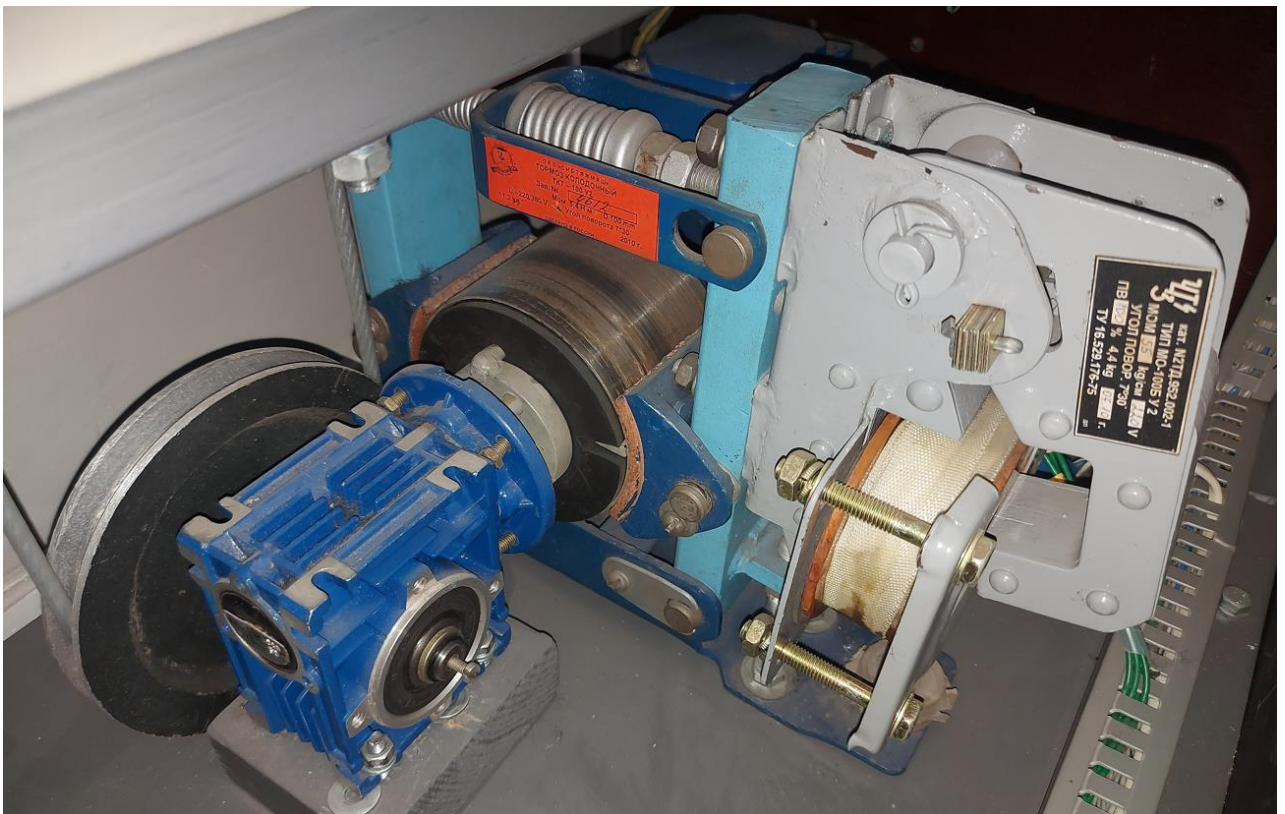
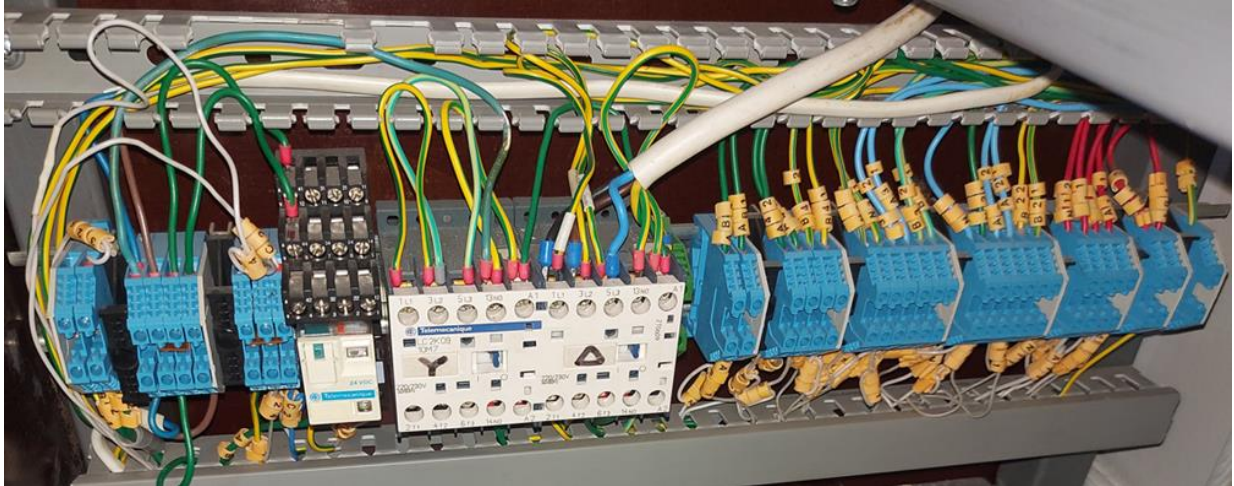


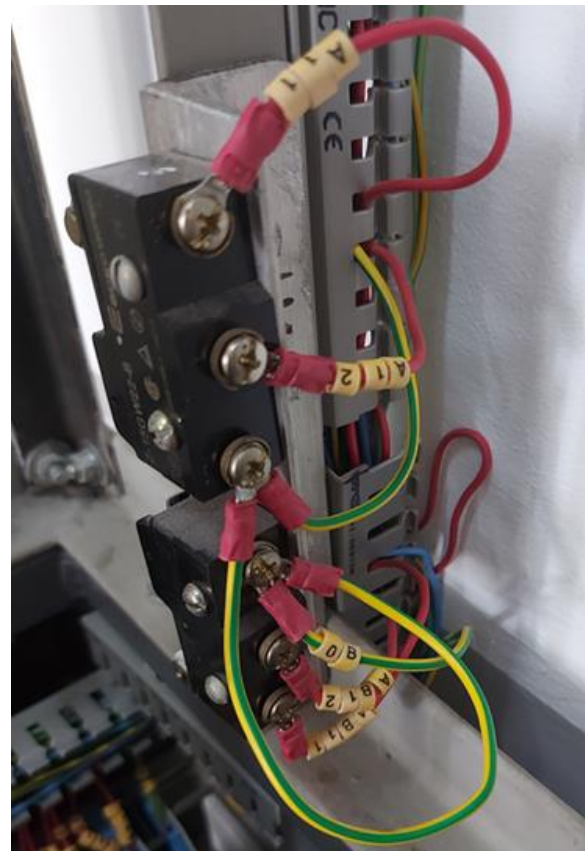
Рис. 1.2. Зовнішній вид приводного механізму: двигун, редуктор та гальмо

На Рис. 1.3 наведено зовнішній вид електричних елементів в схемі яка забезпечує вивід стану всіх поверхових, проміжних та захисних кінцевих

вимикачів. Крім цього у схемі є силовий контактор [2] який забезпечує за необхідності перемикання між схемами живлення двигуна Δ / Y і, також, є реле для керування станом гальма.



а) DIN-рейка з силовим контактором, реле керування гальмом та виводами від кінцевих вимикачів



б) Інтерфейс до кінцевих вимикачів в) Зовнішній вид кінцевих вимикачів

Рис. 1.3. Фізичний еквівалент електричної схеми ліфтової установки

Схематично елементи Рис. 1.3 зображено на Рис. 1.4 та Рис. 1.5.

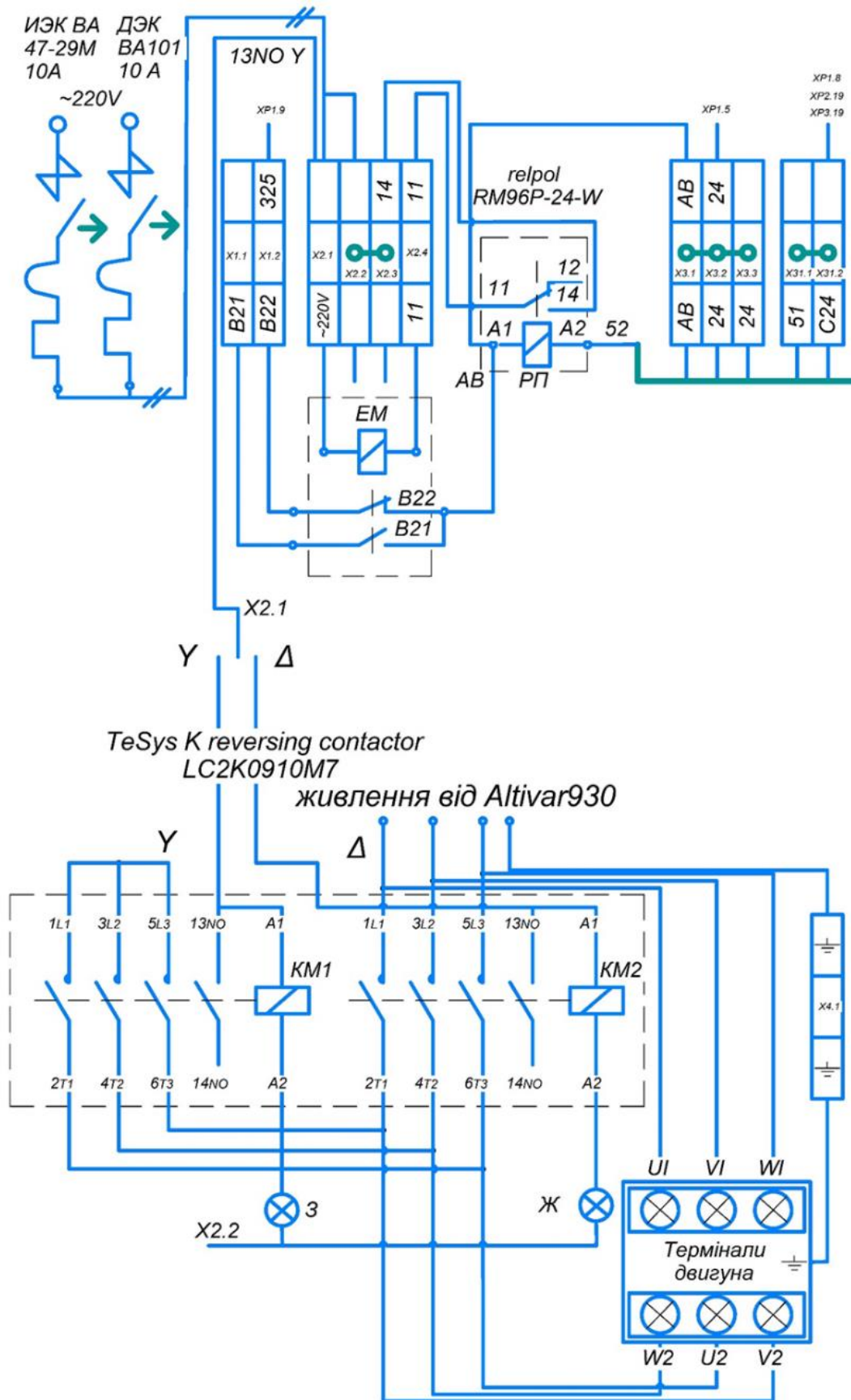


Рис. 1.4. Електрична схема ліфтової установки, частина 1

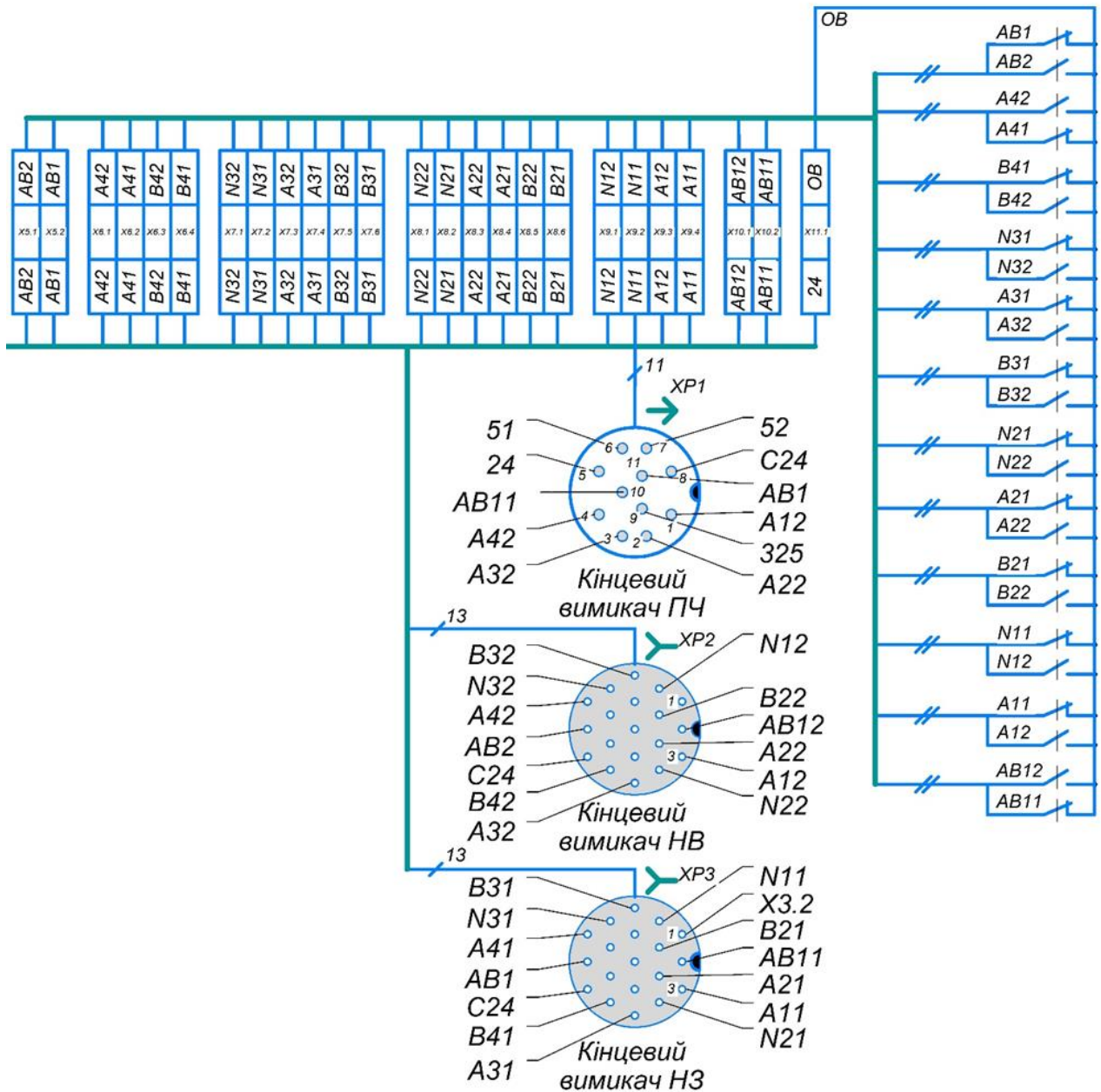


Рис. 1.5. Електрична схема ліфтової установки, частина 2

Загальний аналіз будови ліфтового стану дозволив визначити основні компоненти електричної та механічної складових стану та їх характеристики, що є важливими при подальшій розробці апаратної архітектури та програмного забезпечення для системи віддаленого керування. Особлива увага приділяється системам інтерфейсу виводу станів елементів та терміналів для відправки керуючих впливів.

1.2 Аналіз існуючих систем віддаленого керування лабораторними стендами

Дослідивши наукові статті [3-9], які пов'язанні з розробкою та проведенням дистанційних лабораторних робіт та стендів до них, можемо дійти висновку, що це світова тенденція. Найбільшим поштовхом для розвитку цього напрямку стала пандемія коронавірусу, яка змусила людей дистанціюватися один від одного.

Цілі дослідження [3] полягали у дослідженні дистанційного навчання ПЛК (Рис. 1.6) з використанням системи віддаленої лабораторії з точки зору відповідей студентів.

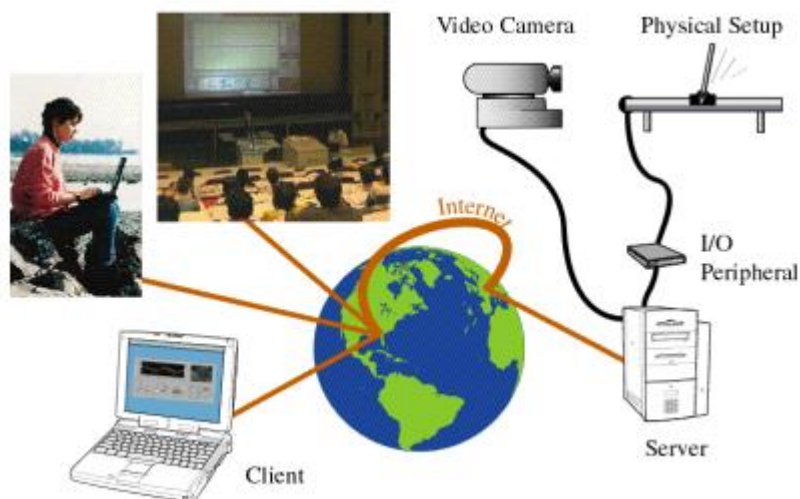


Рис. 1.6. Представлена у статті [3] схема комунікації

У цьому дослідженні використовувалися методи збору даних опитування та кількісні описові методи для аналізу даних. Респонденти — учні державних і приватних професійних середніх шкіл Західної Яви, Індонезія. Результати дослідження показали, що система дистанційної лабораторії, розроблена дослідниками, проста у використанні для студентів. Використання віддалених лабораторій допомогло студентам на практиці з програмування ПЛК. Більшість студентів VHS із Західної Яви сказали, що рекомендуватимуть розроблену дистанційну лабораторію іншим студентам. Це свідчить про задоволеність

студентів використанням віддаленої лабораторії для дистанційного навчання. Крім того, студенти заявили, що в цілому система віддаленої лабораторії може працювати добре, проста у використанні, і вони були задоволені дистанційним навчанням PLC за допомогою віддаленої лабораторії.

В [4] розглянуто проблеми, пов'язані з виконанням вимог щодо якості обслуговування (QoS) у гнучкому навчальному контексті, де студенти проводять практичні заняття з віддаленого експериментування на фізичній системі через Інтернет. Розробляються нові рішення, щоб подолати поточний брак передбачуваності Інтернету, щоб QoS можна було покращити за допомогою адаптації вмісту до доступної пропускну здатності. Підхід доповненої реальності використовується для покращення сприйняття користувачем віддаленої системи, а також пропонується унікальна схема на основі моделювання для відновлення після втрати пакетів. Підхід проілюстровано за допомогою дистанційного керування перевернутим маятником (Рис. 1.7).

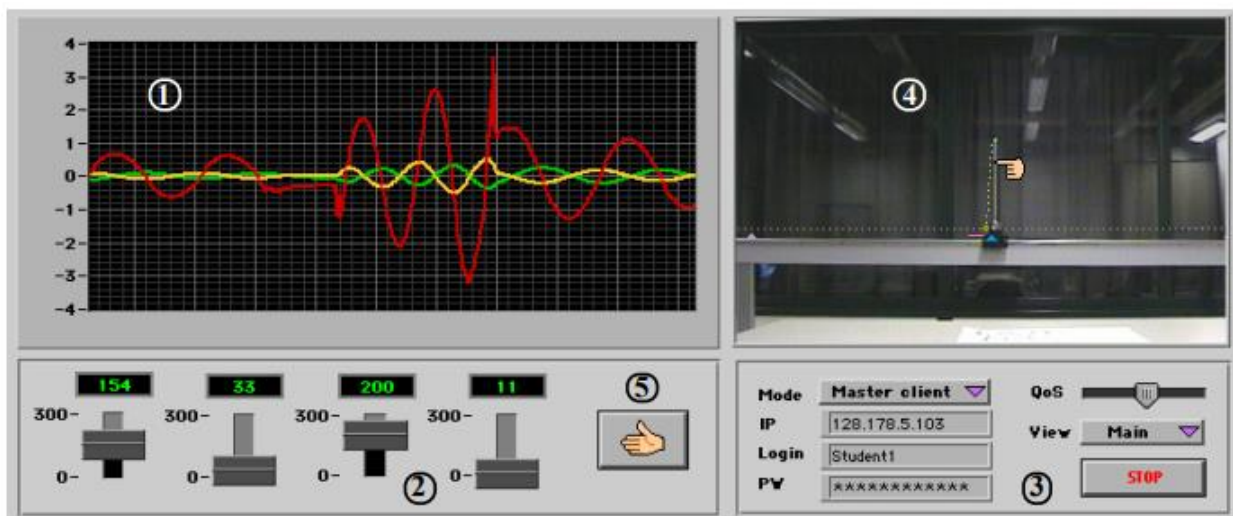


Рис. 1.7. Інтерфейс користувача у представленій статті [4]

Дослідження в роботі [5] показали, що лабораторні заняття підвищують досягнення студентів і інтерес до предметів і додатково допомагають їхньому навчання, особливо в таких дисциплінах, як природничі науки, інженерія, обчислювальна техніка та інші. Прогрес у технологіях і комунікаційних мережах

створив можливість для розробки віртуальних і віддалених лабораторій, що надає нові можливості для студентів як у кампусі, так і для віддалених студентів, обходячи певні обмеження фізичних лабораторій. У цій статті розглянуто сучасні віддалені та віртуальні лабораторні впровадження в різних академічних дисциплінах. Аналіз представлений авторами розкриває ряд цікавих спостережень, знахідок і уявлень про впровадження віртуальних і віддалених лабораторій. Віртуальні та віддалені лабораторії надають низку переваг, таких як віддалений доступ 24/7, гнучкість і свобода навчання у власному темпі та повторні експерименти без витрачання ресурсів у безпечному середовищі. Лабораторії, об'єднані з надійною педагогічною структурою, підтримкою здобувачів, змістом і взаємодією з викладачем, призводять до кращих результатів навчання та багатшого досвіду навчання.

Дослідження, проведені в рамках статей [3-9], надають цінний інсайт у сферу дистанційного навчання та використання віддалених лабораторій: використання віддалених лабораторій суттєво поліпшує практичні навички студентів; рішення, такі як використання доповненої реальності та адаптація вмісту до пропускну здатності покращують користувацький досвід; забезпечується гнучкість навчання в будь-який час та в будь-якому місці.

Laboratories Across Borders (LAB) – це проєкт, що фінансується німецьким фондом Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD). Мета проєкту LAB [10] полягає в створенні кібер-фізичних лабораторій і розробці індивідуальних модулів навчання в рамках спільного проєкту між Національним технічним університетом «Дніпровська політехніка» та Університетом Ройтлінгену, Німеччина. Проектна документація [11] відкриває можливість доступу до різноманітних прикладів вже реалізованих віддалених кібер-фізичних стендів, надаючи детальний огляд їх структури та функціональних характеристик. У цьому контексті документація висвітлює схеми реалізації як внутрішніх, так і зовнішніх комунікацій (Рис. 1.8), а також їхніх інтерфейсів (Рис. 1.9 та Рис. 1.10), що розкриває робочі принципи та взаємодію компонентів системи. Такий підхід робить документацію важливим інструментом для вивчення та розуміння

реалізації віддалених стендів, надаючи користувачам широкий огляд доступних технічних можливостей та практичних застосувань.

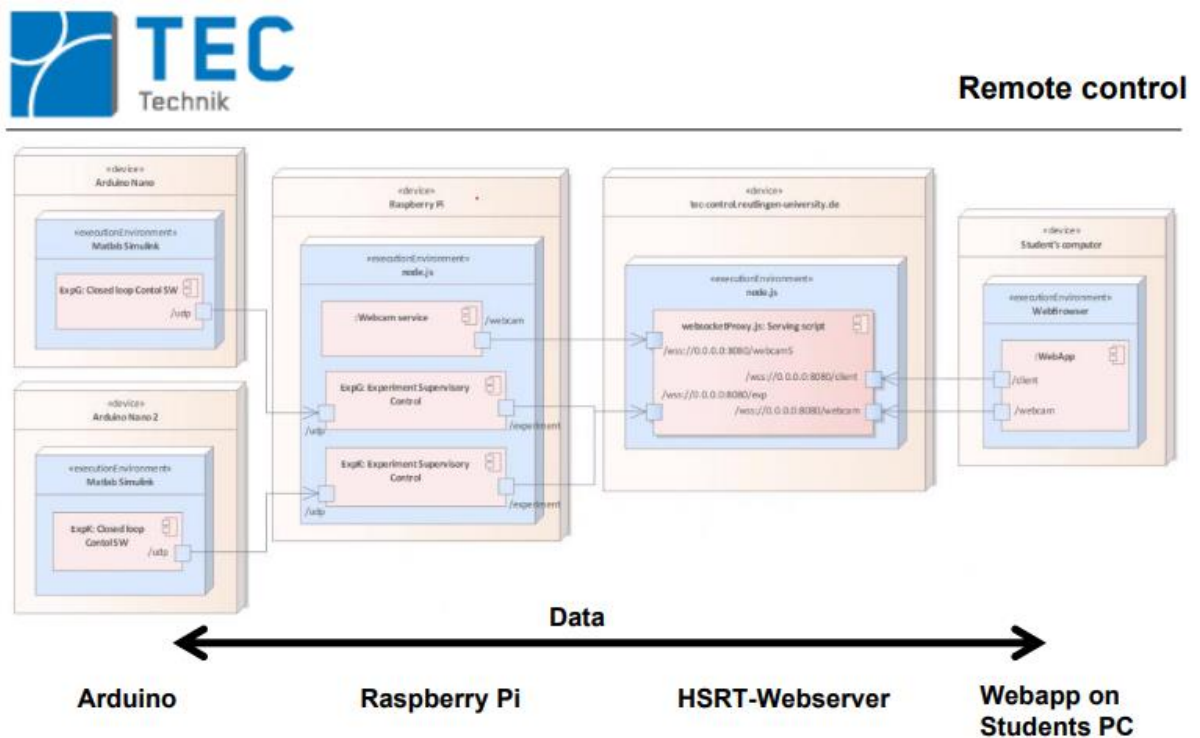


Рис. 1.8. Схема реалізації типового стенду проекту Lab4All [10]

Objective Target group Learning objectives Prerequisites System overview Introduction Exercise **Application**

Please note:
Before running the program, make sure that there is enough time remaining on the timer (minimum two mins). You can reset the timer by logging out of the application and logging back in again, which will give you sufficient time remaining. You will not lose your settings.

Process number	Prozess description	Prozess time
0	No process selected	
1	Drill and countersink blocks	15 s
2	Mill base part	15 s
3	Deposit base part	3 s
4	Deburr and fit blocks	10 s
5	Mill cover	10 s
6	Fit cover	3 s
7	Screw module together	30 s

single-machine production one module
 linear production two modules

Рис. 1.9. Приклад інтерфейсу №1 лабораторної Lab4All [12]

Experiment 1 Dashboard (Preparation)

Getting started

Let's begin with some information about you

The information you introduce in this web app remains in your device and will not be sent or stored anywhere else. Please use the generate PDF function to save your work. Only if the server is not reachable (see status in the dashboard), save your work via .txt and .png downloads

1.1 Registration ID Matriculation number Matriculation number

1.2 Name Last name, First name Last name, First name

1.3 Test bench Floating Ball

Throughout this experiment the following IEC-conform software variables are in use:

Variable name	Description
FbMmMeasAct	Actual measured height in mm
FbMmCtrlSetp	Setpoint (height) sent to controller in mm
FbPWMCtrlOut	Controller output

Dashboard

Try to reconnect Request Control You are just watching

Status: Experiment ready No Connection with serialProxy Server Status Info: Webapp connected with server

Remaining control time for master: 5:00 Total Students in Queue: 0

Plant variables

Height [mm]

Time [s]

Legend: FbMmMeasAct, FbPWMCtrlOut, FbMmCtrlSetp, Tangent

Gauge Animation Webcam

Рис. 1.10. Приклад інтерфейсу №2 лабораторної Lab4All [13]

Labster пропонує інтерактивні віртуальні лабораторії для навчання в реальному часі. Платформа пропонує багатий спектр можливостей для навчання [14]:

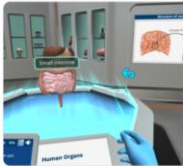
1. Інтерактивні експерименти: Labster надає великий набір інтерактивних лабораторних експериментів у різних наукових областях, таких як хімія, біологія, фізика та інші (Рис. 1.11).
2. Віддалений доступ: Студенти можуть виконувати експерименти з будь-якого місця, де є Інтернет, що робить навчання більш гнучким та доступним.
3. Віртуальна реальність (VR): Деякі лабораторії в Labster можуть бути відвідані у віртуальній реальності, що додає ще більше іммерсивності до навчання.
4. Навчальні ресурси: Крім лабораторних експериментів, Labster надає навчальні ресурси, такі як відео, підручники та інші матеріали, що допомагають засвоювати теоретичні аспекти наукових концепцій.
5. Адаптований навчальний підхід: Labster працює з багатьма університетами та вищими навчальними закладами для адаптації своїх ресурсів до конкретних навчальних програм та вимог.

РІВНІ

- Вища школа
- професійний
- ВНЗ / коледж

КУРС

- Розширена біологія
- Анатомія та фізіологія
- Фізіологія тварин
- Базові лабораторні навички
- Біохімія
- Біомедичні науки
- Навички лабораторії біонауки
- Біологічні науки для медсестер
- Біотехнологія
- Клітинна та молекулярна біологія
- Навички хімічної лабораторії
- Хімія для інженерів
- Екологія




біологія

Всмоктування в тонкому і товстому кишечнику: шлях від шлунка до кровотоку

У цій симуляції ви потрапите в лабораторію анатомії та фізіології, щоб дізнатися, наскільки...

🕒 22 хв

університет



хімія


Кислоти та основи (Принципи): Уникайте падіння в озеро кислоти!

У футуристичній лабораторії вам допоможе робот-асистент визначити кислотність...

🕒 25 хв

Вища школа

університет



хімія

Кислоти та основи: кислотність і лужність у повсякденних речовинах

Приєднуйтеся до Марі в симуляції кислот і основ і досліджуйте природу та поняття цих...

🕒 26 хв

професійний

університет

Рис. 1.11. Сайт платформи Labster

Обидва проекти, Labster і Lab4All, представляють сучасні підходи до навчання та використання технологій у вищій освіті. Вони сприяють доступності навчання, дозволяючи студентам отримувати практичний досвід через віртуальні лабораторії, навіть якщо вони не мають можливості фізично відвідати лабораторії. Інтерактивність та можливість виконання реальних експериментів у віртуальному середовищі допомагають студентам засвоювати та розуміти наукові концепції. Обидва проекти надають додаткові навчальні ресурси та інструменти для підтримки теоретичного навчання.

Labster співпрацює з вищими навчальними закладами для адаптації своїх ресурсів до конкретних навчальних програм та вимог. Lab4All є міжнародним проектом, до нього залучені різні ЗВО, які діляться досвідом та постійно покращують свою матеріально-технічну базу.

Ці проекти свідчать про те, що використання технологій у навчальному процесі може значно збагатити досвід студентів і допомогти вирішувати проблеми, пов'язані з фізичним обмеженням доступу до лабораторій, що особливо актуально зараз в Україні внаслідок воєнних дій.

1.3 Аналіз функціональних можливостей програмних компонент систем віддаленого керування ліфтовими установками

Аналіз статей, присвячених функціональних можливостей програмних компонент систем керування віддалених лабораторних стендів, є важливим кроком у зрозумінні сучасних викликів та рішень у цій області. У цьому пункті було проведено огляд існуючих досліджень і публікацій [15-19], спрямованих на розкриття стратегій, технік та технологій, призначених для забезпечення кібербезпеки в контексті віддалених лабораторних середовищ.

У роботі «Security, Control and Management of Smart Remote Laboratory for Remote Experiments in Electricity and Electronics» [15] представлено високорівневий огляд заходів щодо захисту та управління апаратними та програмними ресурсами розумної віддаленої лабораторії, яка підтримує різноманітні експерименти в галузі електрики та електроніки. Авторами було досліджено різні методи управління та контролю розумного середовища. Віддалена лабораторія, що розглядається включає гібридну електронну платформу, на якій були проведені тести на проникнення в мережу та оцінку безпеки топології мережі для визначення рівня її безпеки та надійності. Крім того, у роботі представлено основні елементи розроблених, інтегрованих та впроваджених ресурсів для онлайн-експериментів і дистанційного навчання через цю гібридну платформу. Більш того, у роботі представлено оптимізовану захищену топологію з надійними заходами безпеки та засобами протидії атакам. Ця топологія та заходи спрямовані на мережі віддалених лабораторій та навчальні заклади, з метою надання захищених онлайн-послуг через Інтернет та забезпечення високого рівня цілісності та конфіденційності критичних даних, розгорнутих мережевих систем та цифрових ресурсів.

Автори статті [16] висвітлюють розвиток галузі віддалених лабораторій, які протягом багатьох років стали цінним навчальним інструментом. Віддалені лабораторії надають можливість студентам та викладачам взаємодіяти з реальним обладнанням через Інтернет, надаючи враження фізичної присутності

перед системою. Автори аналізують технічні труднощі, які виникають при розробці віддалених лабораторій, зосереджуючись на взаємодії між елементами, такими як фізична система, база даних та клієнти. Висвітлено виклики та запропоновано підходи до розробки віддалених лабораторій, спрямованих на досягнення гнучкості, масштабованості та підвищеної освітньої цінності.

Окрему увагу заслуговує представлена в роботі віддалена лабораторія для автоматичного управління з електропневматичною класифікаційною коміркою. Описано архітектуру лабораторії, яка ґрунтується на трирівневій архітектурі, та використанні веб-стандартів для реалізації рівня клієнта. Авторами здійснено оцінку лабораторії за допомогою використання тестів проникнення та оцінку безпеки мережевої топології, щоб визначити її рівень захищеності та надійності. У статті також розглянуто проблеми та запропоновано оптимізовану низку заходів для підвищення рівня безпеки та протидії можливим атакам. Окреслено значення використання інноваційних технологій та їх вплив на студентський досвід та освітній процес через віддалені лабораторії.

Таким чином, за результатами аналізу вищезазначених досліджень, а також існуючих рішень п.2 та наявної фізичної системи п.1 було створено перелік вимог які потрібно реалізувати у процесі розробки програмного забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки (Рис. 1.1), які представлено в пункті 1.4.

1.4 Обґрунтування мети та задач дослідження

Нижче наведено перелік сформульованих функціональних та не функціональних вимог до системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки.

Функціональні вимоги:

1. Забезпечити можливість віддаленого керування стендом.
2. Реалізувати система моніторингу та відображення основних параметрів роботи стенду в режимі реального часу.

3. Реалізувати автоматичні режими роботи силової частини, переміщення на певний поверх, почергового відпрацювання запитів тощо.
4. Реалізувати функціонал для створення та виконання навчальних сценаріїв для студентів та дослідників.
5. Доступ до виконання експериментів має передбачати систему авторизації та розподілу на ролі.
6. Забезпечити одночасний доступ до лабораторної установки декількох користувачів.
7. Передбачити обмеження параметрів в процесі налаштування через інтерфейс користувача.
8. Система має автоматично від'єднувати неактивних користувачів.
9. Звіт з результатами виконаних експериментів має генеруватись автоматично.

Не функціональні вимоги:

1. Забезпечити швидке та ефективне реагування системи на вхідні команди та зміни параметрів.
2. Забезпечити можливість масштабування системи.
3. Забезпечити стабільну та надійну роботу системи в різних умовах експлуатації.
4. Забезпечити захищений доступ до системи.
5. Забезпечити запобігання несанкціонованим змінам в системі.
6. Повинен бути розроблений інтерфейс, що легко сприймається та використовується користувачами які не є експертами в області.
7. Повинна бути реалізована система у вигляді модульних компонентів для полегшення розширення та обслуговування.
8. Повинні бути враховані естетичні аспекти дизайну для створення приємного візуального враження.
9. Веб-сторінка з вказівками до виконання експериментів та створення звіту повинна бути англійською мовою для можливості залучення іноземних користувачів.

Ці вимоги визначають ключові аспекти розробки та функціонування програмного забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності та ергономічності віддаленого моніторингу та керування лабораторним стендом ліфтової установки за рахунок розробки та дослідження надійного інструменту у вигляді програмного забезпечення. У вигляді програмного забез

Для досягнення зазначеної мети поставлено і вирішено такі **задачі**:

- виконано аналіз існуючих програмно-апаратних рішень для реалізації віртуальних та віддалених лабораторій;
- виконано аналіз електричної та механічних складових наявного лабораторного стенду для якого реалізується віддалене керування;
- сформовано перелік функціональних та не функціональних вимог до програмного забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки;
- розроблено та реалізовано архітектуру апаратного рішення системи віддаленого моніторингу та керування;
- розроблено та досліджено програмне забезпечення для апаратних компонентів розробленої системи;
- розроблено веб-сторінку інтерфейсу методичними рекомендаціями щодо виконання експериментів та генерації звіту;
- розроблено заходи забезпечення безпеки використання системи та надійної роботи в усіх режимах функціонування ліфтової установки.
- здійснено комплексне експериментальне дослідження розробленої системи в різних умовах з метою забезпечити мінімальний рівень затримок та оптимізації для виконання експериментів в реальному часі.

Об'єкт дослідження – процеси збору, обробки та передачі інформації в системі віддаленого моніторингу та керування лабораторним стендом ліфтової установки.

Предмет дослідження – програмне забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки.

1.5 Висновки за розділом

Аналіз існуючих систем віддаленого керування, статей та проектів підкреслюють значний потенціал використання технологій в навчальних та науково-дослідницьких цілях. Враховуючи позитивний вплив віддалених лабораторій на якість навчання, можна зробити висновок, що використання технологій у навчальному процесі, так само як і в дослідницьких лабораторіях, може значно збагатити досвід студентів і допомогти вирішувати проблеми, пов'язані з фізичним обмеженням доступу до матеріально-технічної бази.

За результатами аналізу існуючих систем віддаленого керування, статей та проектів, а також наявної фізичної системи лабораторної ліфтової установки було сформовано перелік функціональних та не функціональних вимог до програмного забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки. Сформована мета, задачі, об'єкт та предмет дослідження даної магістерської роботи.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І ПІДХОДИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Узагальнена структурно-алгоритмічна організація досліджуваної системи

На Рис. 2.1 наведена структурна схема розробленого архітектурного рішення апаратної частини для можливості реалізації концепції віддаленого моніторингу та керування, та подальшої розробки програмного забезпечення.

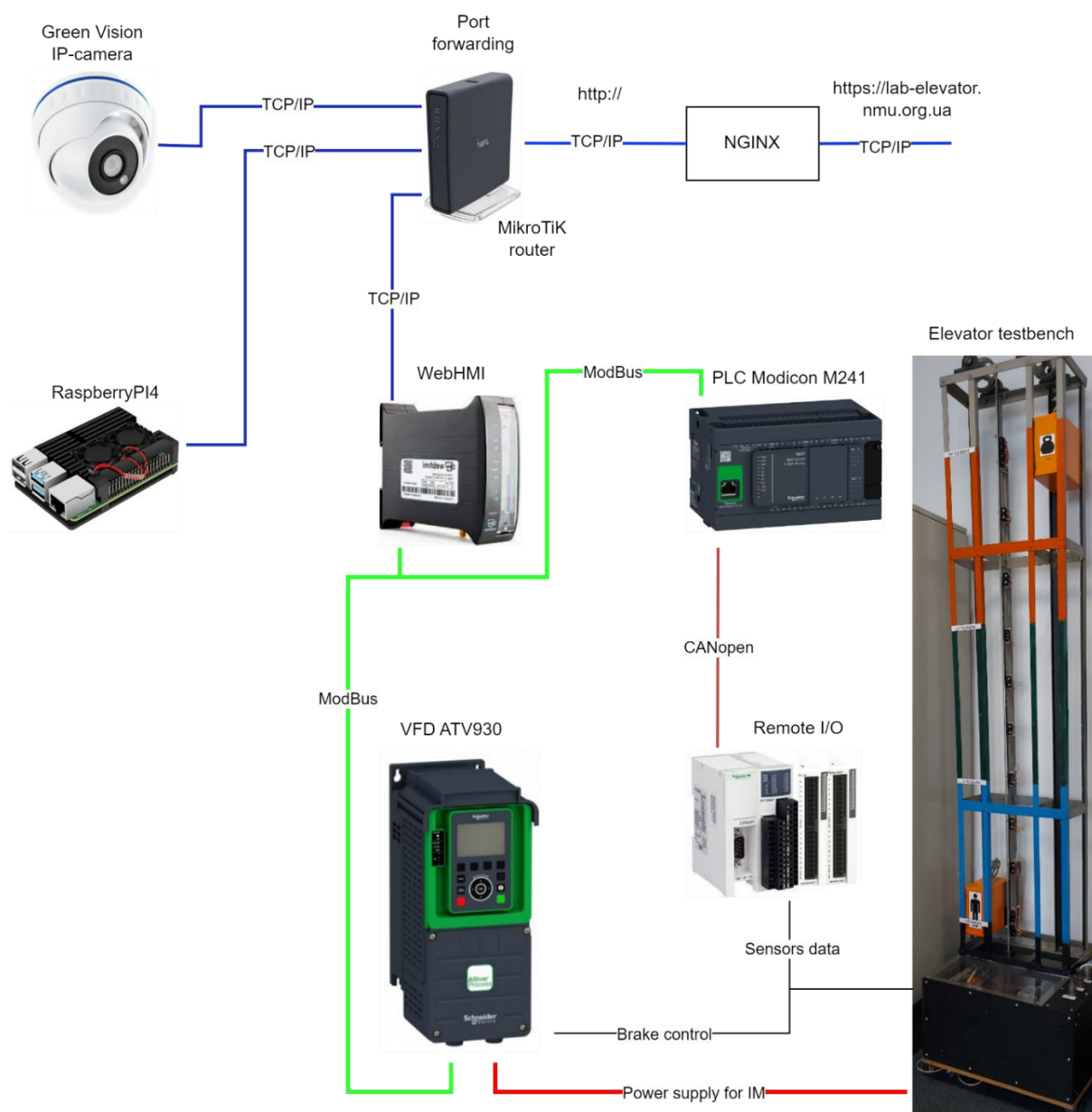


Рис. 2.1. Структурна організація досліджуваної системи

Структурна організація досліджуваної системи (Рис. 2.1) складається з інтегрованих компонентів, що спільно працюють для забезпечення ефективного та функціонального віддаленого моніторингу та керування лабораторним стендом. До основних елементів цієї системи входять:

- WebHMI виступає в ролі мастер-пристрою та центральної точки доступу для користувачів до системи. По суті, це SCADA-система з вбудованим веб-сервером, що дозволяє контролювати і керувати будь-якою системою автоматизації в локальній мережі і через Інтернет з комп'ютера і мобільних пристроїв. Надає користувачам зручний та безпечний доступ до інтерфейсу керування лабораторією через веб-браузер. Комунікація з ПЛК та ПЧ відбувається за допомогою протоколу ModBus.
- ПЛК відповідає за алгоритм керування ліфтовою установкою. Взаємодіє з моделлю віддалених входів/виходів по шині CANopen, забезпечуючи передачу даних та керування відповідно до заданих параметрів.
- Частотний перетворювач [20] взаємодіє з WebHMI через шину ModBus. Цей елемент в системі електроприводу ліфта використовується для контролю швидкості та напруги, які подаються на електродвигун ліфта. Він дозволяє регулювати швидкість руху ліфта і забезпечує більш точний та ефективний контроль над приводом ліфта.
- Модуль віддалених входів/виходів використовується для збору та передачі інформації до ПЛК. Комунікація відбувається по шині CANopen.
- Відеопотік з IP камери захоплюється та транскодується за допомогою RaspberryPI, що дозволяє зменшити навантаження на WebHMI та оптимізувати передачу відеоданих до інтерфейсу користувача через мережу.

Загальна структура цієї системи дозволяє створювати віддалені лабораторні експерименти, об'єднуючи різноманітні технічні засоби та забезпечуючи зручний інтерфейс для користувачів, що сприяє успішній міжнародній співпраці та науковим дослідженням.

2.2 Опис обмежень при розробці системи віддаленого керування

При розробці системи віддаленого керування з описаною структурою апаратної частини можуть виникати ряд обмежень та викликів, які слід урахувати для успішної і стабільної роботи системи:

- Затримка та швидкість мережі: затримка у передачі даних через мережу по TCP/IP може вплинути на реальний час віддалених експериментів. При розробці системи слід урахувати можливість оптимізації протоколів та алгоритмів для зменшення затримок. Завдання, що вимагають високої точності та швидкості, можуть вимагати спеціалізованих алгоритмів передачі даних. Такий об'єкт керування як ліфт має досить швидкі перехідні процеси. Тому, планується підведення гігабітного інтернет з'єднання враховуючи той факт, що лабораторний стенд ліфтової установки є одним з багатьох, що розташовані в одному приміщенні і під'єднанні до однієї точки доступу.
- Безпека даних: безпека даних має вирішальне значення, особливо при передачі чутливої інформації через відкриті мережі. Важливо застосовувати сучасні методи шифрування та автентифікації для захисту конфіденційності та цілісності даних. Регулярне оновлення заходів безпеки важливе для запобігання можливим загрозам. У нашому випадку цей пункт реалізується за допомогою налаштування авторизованого доступу до виконання експерименту. Чутлива інформація не передається.
- Стабільність з'єднання: забезпечення стабільності з'єднання важливо для уникнення втрати даних чи відключення віддаленого доступу. Механізми відновлення та обробка помилок повинні бути належним чином реалізовані для забезпечення найвищої стабільності системи в умовах можливих перебоїв мережі.
- Керування завданнями в реальному часі: управління в реальному часі вимагає високої точності та надійності. Необхідно докладно налаштовувати синхронізацію між компонентами системи та ретельно

тестувати керування у режимі реального часу, щоб уникнути відхилень від запланованого графіка дій.

- Інтеграція різних протоколів: Взаємодія з різними протоколами може потребувати вивчення деталей специфікацій та правильної інтеграції. Необхідно враховувати можливі конфлікти та зберігати сумісність між пристроями для ефективного обміну даними. Так, наприклад, потрібно враховувати той факт, що протокол ModBus не є дуже швидким, але може забезпечити дискретизацію даних вимірювань на рівні 100 мс, що є достатнім для програмного забезпечення системи віддаленого керування лабораторною ліфтовою установкою.
- Життєвий цикл обладнання: система повинна бути адаптивною до змін в життєвому циклі обладнання, таких як оновлення чи заміна компонентів. Слід забезпечити можливість легкої інтеграції нових пристроїв та резервних механізмів для забезпечення неперервної роботи системи.
- Оптимізація використання ресурсів: RaspberryPI та інші компоненти повинні ефективно використовувати ресурси для запобігання перевантаженню системи. Оптимізація коду та ресурсозберігаючі підходи допоможуть забезпечити стабільну та продуктивну роботу системи при мінімальному споживанні ресурсів.

Розробка системи віддаленого керування вимагає глибокого розуміння цих обмежень та вдосконалення системи для ефективного управління різноманітними завданнями в реальному часі в умовах різних мережевих умов та варіацій в життєвому циклі обладнання.

2.3 Опис алгоритмів роботи досліджуваної системи

У цьому пункті представлено, як експеримент стає доступним в Інтернеті. Сюди входять сценарії взаємодії користувача з програмним забезпеченням (Рис. 2.3), а також внутрішній інтерфейс і обробка даних за університетським брандмауером (Рис. 2.2). Чиста передача даних від користувача до експерименту

і назад – це лише один з аспектів розділу. Показано, які заходи безпеки застосовуються для захисту даних. Розглядаються такі аспекти, як конфіденційність, цілісність, доступність і шифрування.

Відносно новою тенденцією є те, що внутрішній вміст університету передається назовні за межі локальної мережі. В даному випадку це буде саме передача чистих пакетів даних зі значеннями датчиків і параметрів з внутрішньої комп'ютерної мережі (веб-сервер) до користувача (зовнішня мережа) і навпаки. Звичайно, інформаційно-комп'ютерний комплекс (ІКК) університету НТУ «Дніпровська політехніка» дозволяє випускати не всі типи даних, щоб запобігти можливим зловмисникам та атакам. Попередня концепція була перевірена і вдосконалена в цьому проєкті. Це було зроблено в тісній консультації з ІКК, щоб відповідати вимогам і отримати схвалення.

В університеті Ройтлінген вже існує система дистанційного керування для лабораторії робототехніки (контактні особи: Prof. Buschhaus, Prof. Gruhler). Незалежно від їх системи стоїть задача створити нову, легко відтворювану і розширювану концепцію віддаленого доступу за допомогою промислового обладнання (Рис. 2.2).

Окремі компоненти концепції обговорюються нижче. Метою цього є ізоляція користувацького інтерфейсу від центральної мережі університету. Для ліфтової установки виділено два зашифрованих з'єднання https між WebHMI та відеопотоком з Raspberry і сервером NGINX. Одне з'єднання призначене для передачі даних експерименту, а інше – для передачі зображення з веб-камери в реальному часі. Це з'єднання проходить через брандмауер Дніпровської політехніки. Далі починається внутрішня частина без шифрування, яка включає в себе веб-сервер, Raspberry Pi і сам експеримент на ПЛК. Концепція полягає у використанні окремого WebHMI як SCADA системи та веб-додатку який агрегує в собі дані та забезпечує передачу даних між іншими елементами, що забезпечують виконання експериментом. Для керування двигуном використовується ПЧ. Команди на цього напряму від ПЛК не приходять. Це

робиться через WebHMI. Всі три елементи підтримують ModBus протокол за яким відбувається обмін даними між ними.

Залежно від апаратного забезпечення, може бути обраний інший доступний інтерфейс. Важливо, щоб цей інтерфейс міг працювати в режимі реального часу.

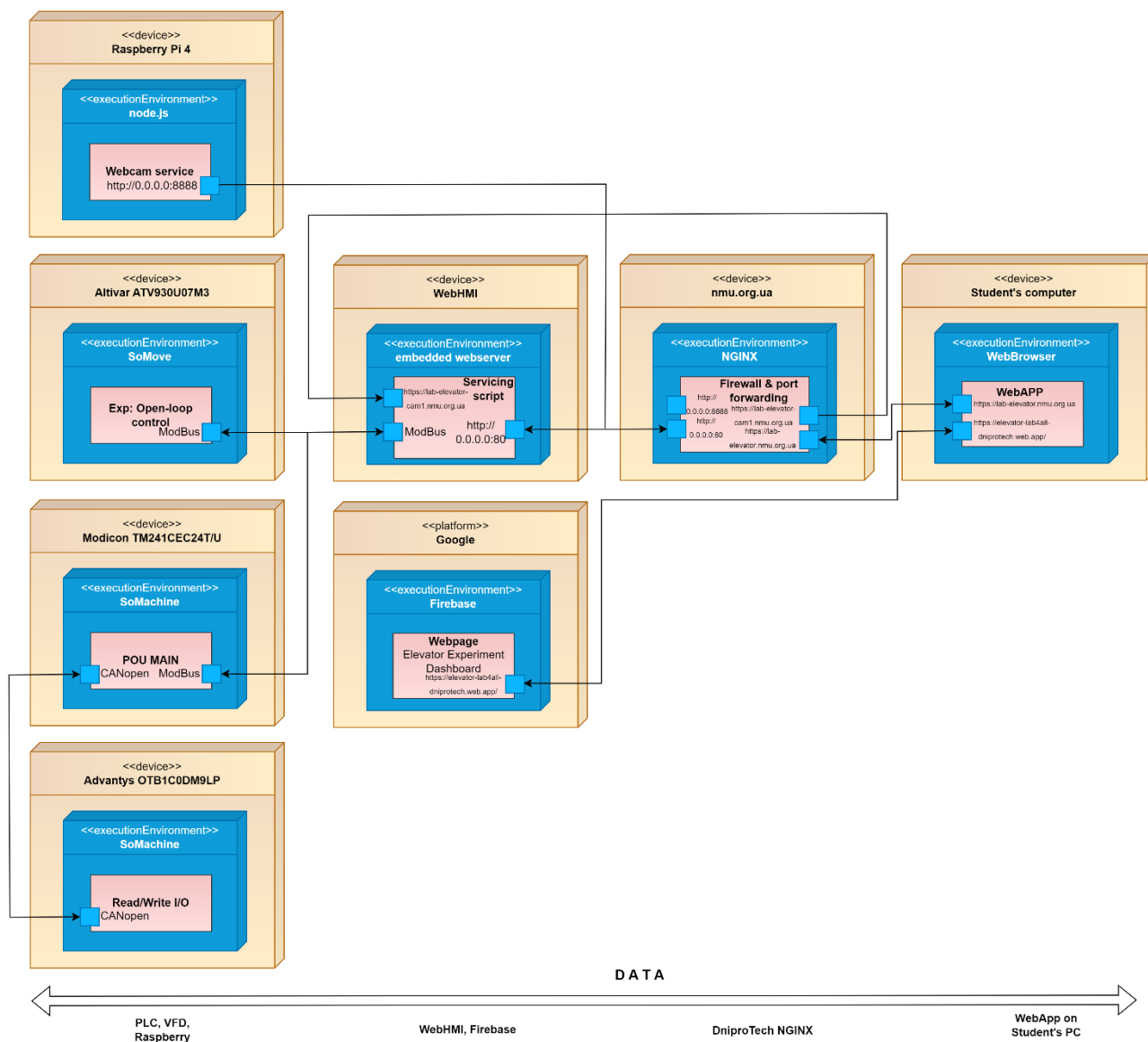
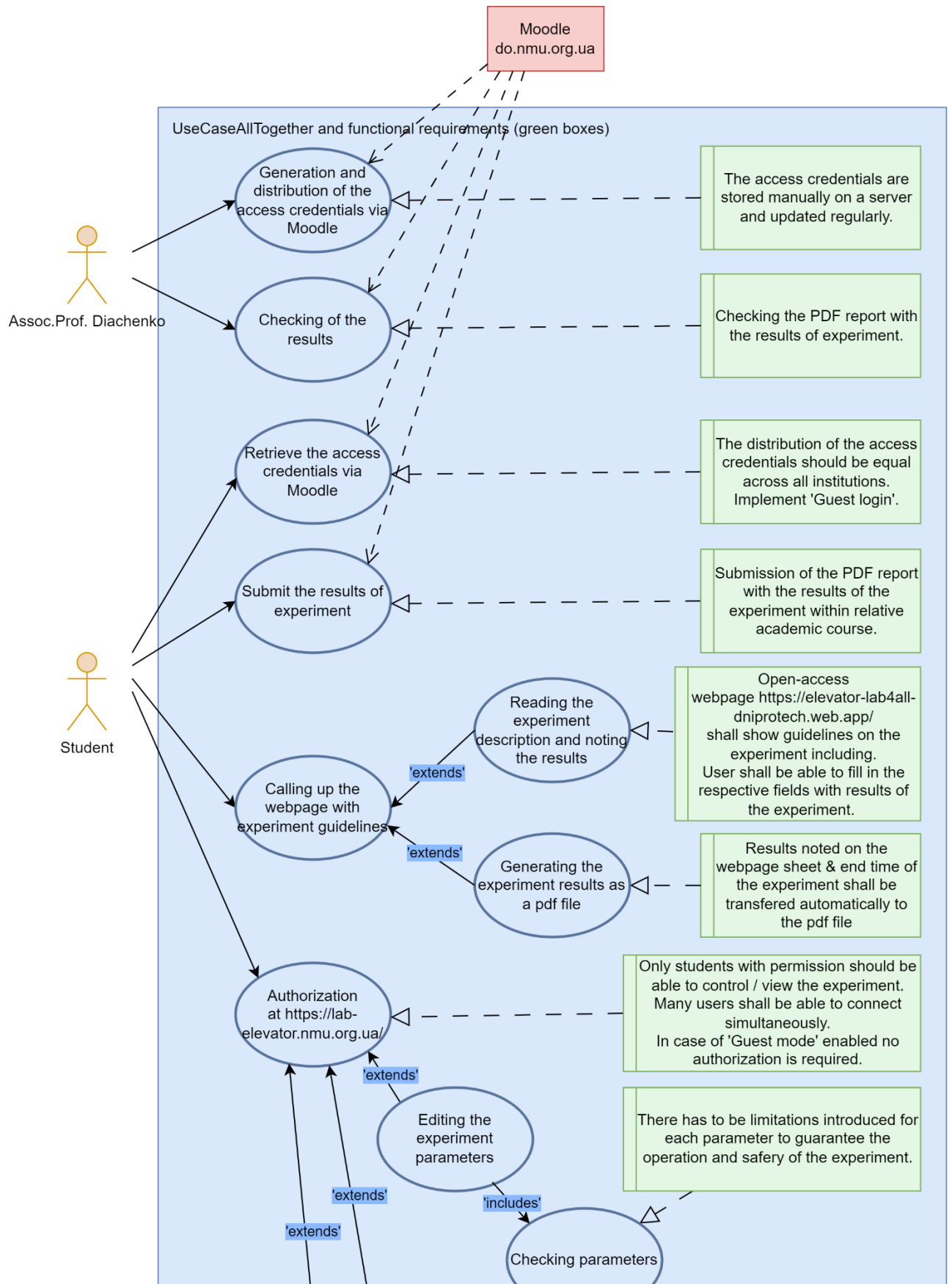


Рис. 2.2 Базова концепція віддаленого керування (remote-control-pipeline)

Типовий сценарій взаємодії з програмним забезпечення віддаленого керування наведено на Рис. 2.3. Він визначає процес, який відбувається під час звичайного використання експерименту. Сценарій використання слід розуміти і читати як послідовність кроків зверху вниз.



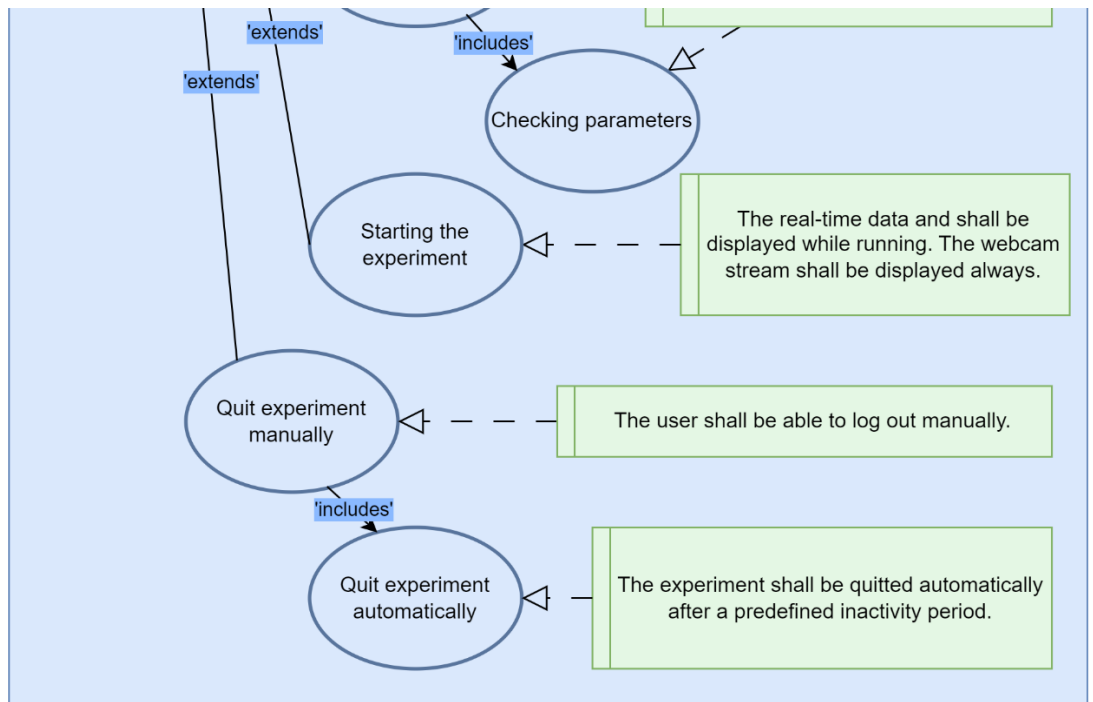


Рис. 2.3. Сценарії взаємодії з розробленим програмним забезпеченням

Алгоритм який взято за основу при програмуванні роботи ліфту на ПЛК відповідає Down Collective Operation ("DC Operation") – часто застосовується в житлових будинках, де частота руху між поверхами (за винятком першого поверху) є відносно низькою [36].

2.4 Методика проведення досліджень

Для програмування ПЛК, налаштування станції віддалених входів/виходів, налаштування комунікаційних параметрів між ПЛК та станцією віддалених входів/виходів, налаштування комунікаційних параметрів між ПЛК та WebHMI використано SoMachine Software v4.1.0.1 (14.12.12.3) Final. У таблиці 2.1 наведено використані програмні компоненти SoMachine. Використані мови програмування: Sequential Function Chart (SFC), Structured Text (ST).

Компоненти SoMachine

Component name	Version (Build)	Description
LogicBuilder	4.1.0.4 (14.12.12.2)	LogicBuilder is the main application for programming controllers. Ample commands are configured and commissioned to control how automation devices would function in a system.
Gateway	4.1.0.2 (14.12.4.1)	Gateway installs the gateway service allowing connection to SoMachine controllers.
ControllerAssistant	4.1.0.3 (14.12.4.1)	Controller Assistant is used to download the firmware to most of the controllers.
SoftSPS	4.1.0.1 (14.12.4.1)	The SoftSPS is a software PLC which runs as service on the PC for testing and simulation purposes.
M241	4.1.15.1 (14.12.4.1801)	M241 Controllers Firmware Package fw 4.0.2.42.
IOScanner for Modbus TCP	4.1.0.0 (14.11.7.4)	Necessary device description to use the IOScanner with ModBus TCP.
TM3Satefy	4.1.0.1 (14.10.16.1)	TM3Safety
Advantys (DTM)	8.1.0.0 (14.8.13.2)	Device Type manager (DTM) for Advantys field devices and communication equipment.
Altivar (DTM)	11.0.20.0 (15.11.23.3)	Device Type manager (DTM) for Altivar field devices and communication equipment.
Modbus (DTM)	2.6.25.0 (0.0.0.0)	Device Type manager (DTM) for Modbus field devices and communication equipment.
LearningCenter	4.1.0.1 (14.12.8.1)	The LearningCenter provides supporting documentation and examples to aid user with learning and operating SoMachine software.
TVDA	4.1.0.2 (14.12.8.1)	TVDA contains tested, validated and documented Examples from Schneider-Electric.

Налаштування перетворювача частоти ATV930U07M3 виконано за допомогою програмного забезпечення SoMove V2.9. Для можливості

комунікації з ПЧ, додатково встановлено бібліотеку *Scheider Electric Altivar Process ATV9xx DTM Library 3.8.7*.

Для програмування WebHMI використано мову програмування *LUA* та функціонал вбудованого веб-серверу (*Kernel version 4.1.23*), що дозволяє контролювати і керувати будь-якою системою автоматизації в локальній мережі і через Інтернет з комп'ютера і мобільних пристроїв.

2.5 Висновки за розділом

У цьому розділі було розроблено архітектурне рішення апаратної частини для можливості реалізації концепції віддаленого моніторингу та керування. Проаналізовано ряд обмежень та викликів, які слід урахувати для успішної і стабільної роботи системи. Наведено структурні схеми на описання концепції віддаленого керування (*remote-control-pipeline*). Також представлено сценарій взаємодії користувачів з розроблюваним програмним забезпеченням системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програмне забезпечення

Для розробки програмного забезпечення системи керування лабораторним стендом ліфтової установки використано SoMachine. Це середовище розробки для програмування програмованих логічних контролерів (ПЛК) Schneider Electric, людино-машинних інтерфейсів (HMI) та інших пристроїв автоматизації. SoMachine дозволяє програмувати та конфігурувати пристрої за допомогою єдиного програмного пакету, що спрощує процес розробки. Підтримуються різні мови програмування, такі як ladder logic, structured text, function block diagrams та інші. Крім того, він включає інструменти для керування рухом, візуалізації та зв'язку з іншими пристроями.

Процес роботи включає декілька етапів (Рис. 3.1):

- Configuration – крок конфігурації пропонує можливість додавати і видаляти пристрої до/з поточного відкритого проекту.
- Application design – тут є можливість відкрити логічний контролер, щоб додати або змінити логічні об'єкти, вбудовані візуалізації або виконати онлайн діагностику програмного коду.
- Multiple download – на цьому кроці можна обрати один або декілька пристроїв для завантаження розробленого програмного забезпечення.
- Maintenance – обслуговування пристроїв.

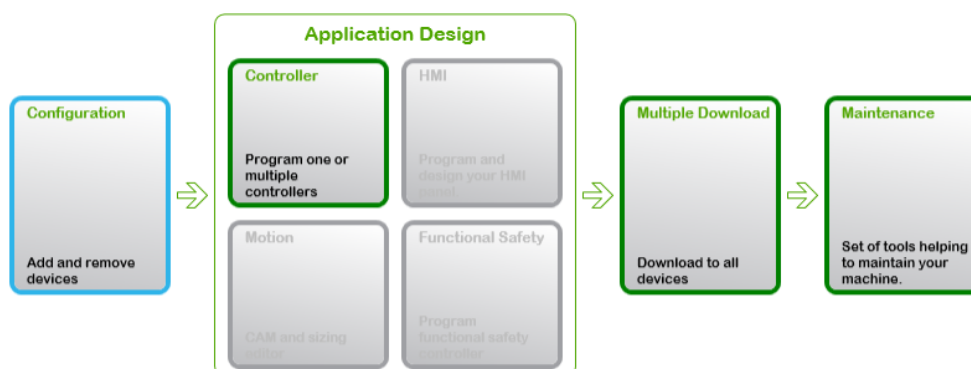


Рис. 3.1. Процес роботи в SoMachine V4.1

На кроці [Configuration] додаємо ПЛК з яким працюємо TM241CEC24T/U (Рис. 3.2) [22].

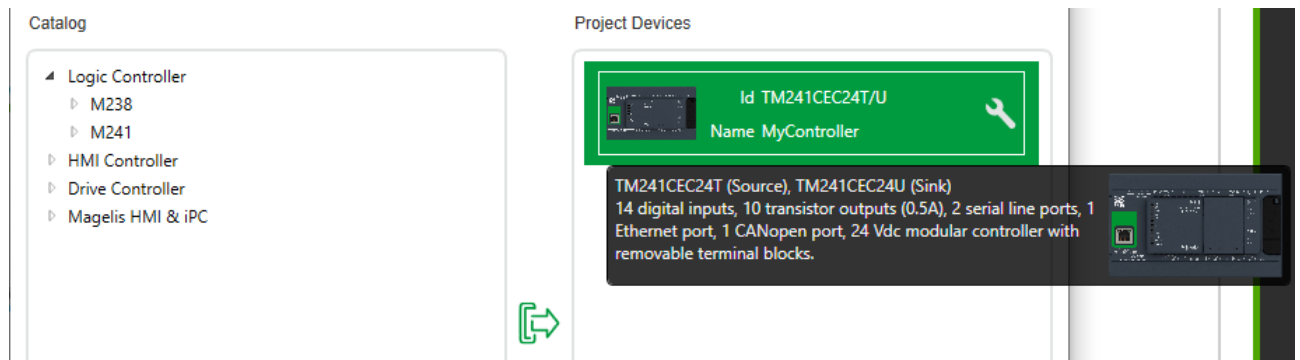


Рис. 3.2. Вікно додавання пристроїв до проекту

Всі послідуочі дії виконуються в [Application Design] -> [Controller].

В [Devices tree] -> CAN_1 (CANopen bus) додано менеджер CANopen Performance ID 131a 0031, version 3.0.1.22 для послідуочої можливості додавання Slave пристроїв по шині CANopen. Для ПЛК Node ID = 127. Через доданий CANopen Performance додано Slave пристрій OTB1C0DM9LP (Рис. 3.3) [21].

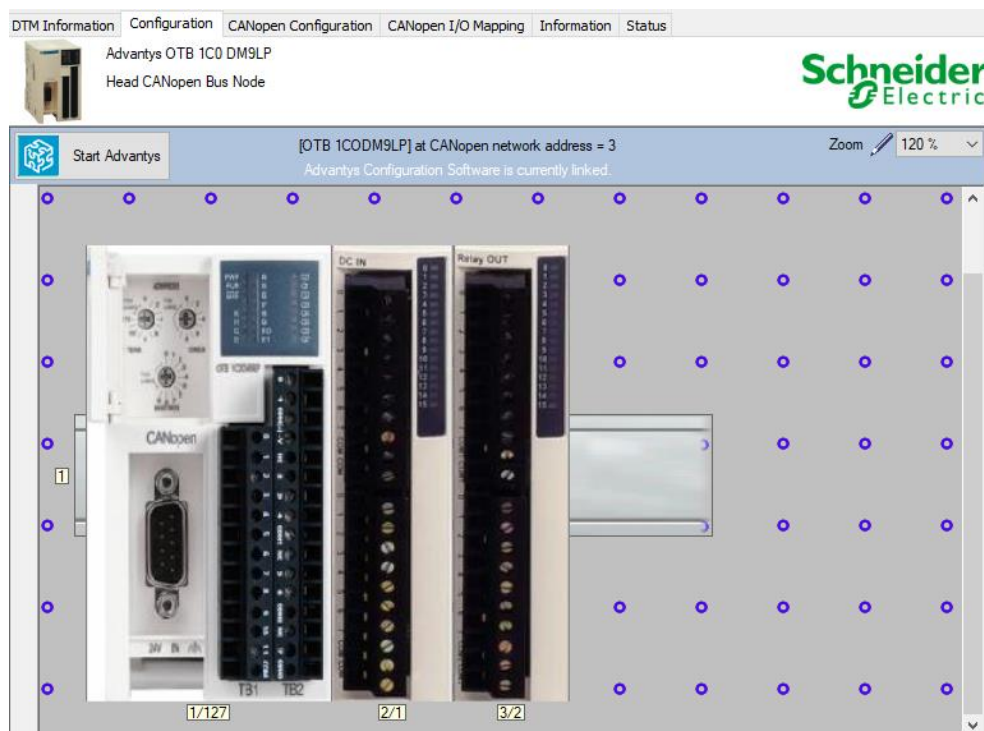


Рис. 3.3. Вікно конфігурації станції віддалених входів/виходів Advantys OTB1C0DM9LP

Серія Advantys ОТВ – це лінійка модулів розподіленого вводу/виводу, призначених для використання в системах промислової автоматизації та управління.

На Рис. 3.3 на першій позиції 1/127 розташовано ОТВ1С0DM9LP – це модуль мережевого інтерфейсу (Network Interface Module, NIM) для CANopen з наступними функціями: 12 digital inputs, 6 relay outputs, 2 source transistor outputs, 2 remote Fast Counters (RFC), 2 Remote Very Fast Counters (RVFC), 2 impulsion generators (RPLS or RPWM). Цей модуль може керувати до семи модулів вводу/виводу. Максимальна кількість даних у PDO (Process Data Object) для цього модуля: 32 слова на вході, 32 слова на виході. Максимальна кількість аналогових каналів: 24 вхідних канали, 14 вихідних каналів.

Далі, на другій позиції 2/1 розташовано ТМ2DDI16DT – це модуль розширення цифрових входів зі знімними гвинтовими роз'ємами. Він має 16 входів 24 В постійного струму.

Нарешті, на останній позиції 3/2 знаходиться ТМ2DRA16RT – це модуль розширення релейних виходів зі знімними гвинтовими роз'ємами. Він має 16 виходів 24 В постійного струму.

Після завершення конфігурації шини CANopen для станції віддалених входів/виходів Advantys ОТВ1С0DM9LP виконано мапінг з змінними PLC Modicon M241 в меню CANopen I/O Mapping. Налаштування наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

CANopen I/O Mapping

Variable	Channel	Address	Type	Default value
R1_S3 (ОТВ ТМ2DRA16RT): Write Output 8 to 15				
Application.DI8	Bit0	%QX6.0	BOOL	FALSE
Application.DI1	Bit1	%QX6.1	BOOL	FALSE
Application.DI2	Bit2	%QX6.2	BOOL	FALSE
N/A	Bit3	%QX6.3	BOOL	FALSE
Application.A12_Lamp	Bit4	%QX6.4	BOOL	FALSE

Application.A22_Lamp	Bit5	%QX6.5	BOOL	FALSE
Application.A32_Lamp	Bit6	%QX6.6	BOOL	FALSE
Application.A42_Lamp	Bit7	%QX6.7	BOOL	FALSE
R1_S1 (OTB 1C0DM9LP): Read Input 0 to 7				
Application.A12	Bit0	%IX3.0	BOOL	FALSE
Application.N12	Bit1	%IX3.1	BOOL	FALSE
Application.B22	Bit2	%IX3.2	BOOL	FALSE
Application.A22	Bit3	%IX3.3	BOOL	FALSE
Application.N22	Bit4	%IX3.4	BOOL	FALSE
Application.B32	Bit5	%IX3.5	BOOL	FALSE
Application.A32	Bit6	%IX3.6	BOOL	FALSE
Application.N32	Bit7	%IX3.7	BOOL	FALSE
R1_S1 (OTB 1C0DM9LP): Read Input 8 to 11				
Application.B42	Bit0	%IX4.0	BOOL	FALSE
Application.A42	Bit1	%IX4.1	BOOL	FALSE
Application.AB12	Bit2	%IX4.2	BOOL	FALSE
Application.AB2	Bit3	%IX4.3	BOOL	FALSE
R1_S2 (OTB TM2DDI16DT): Read Input 0 to 7				
Application.F_A12	Bit0	%IX5.0	BOOL	FALSE
Application.F_A22	Bit1	%IX5.1	BOOL	FALSE
Application.F_A32	Bit2	%IX5.2	BOOL	FALSE
Application.F_A42	Bit3	%IX5.3	BOOL	FALSE
Application.StartMovingButton	Bit4	%IX5.4	BOOL	FALSE
Application.StopMovingButton	Bit5	%IX5.5	BOOL	FALSE
R1_S2 (OTB TM2DDI16DT): Read Input 8 to 15				
Application.I_A12	Bit4	%IX6.4	BOOL	FALSE
Application.I_A22	Bit5	%IX6.5	BOOL	FALSE
Application.I_A32	Bit6	%IX6.6	BOOL	FALSE
Application.I_A42	Bit7	%IX6.7	BOOL	FALSE

Далі виконано налаштування шини Serial Line:

- Baud rate: 19200;
- Parity: None;
- Data bits: 8;
- Stop bits: 1;
- Physical Medium: RS485. No polarization resistor.

В [Devices tree] -> Serial_Line_1 (Serial line) додано Modbus Manager ID 101a 000c, Type 41101, version 4.0.0.2 (Рис. 3.4).

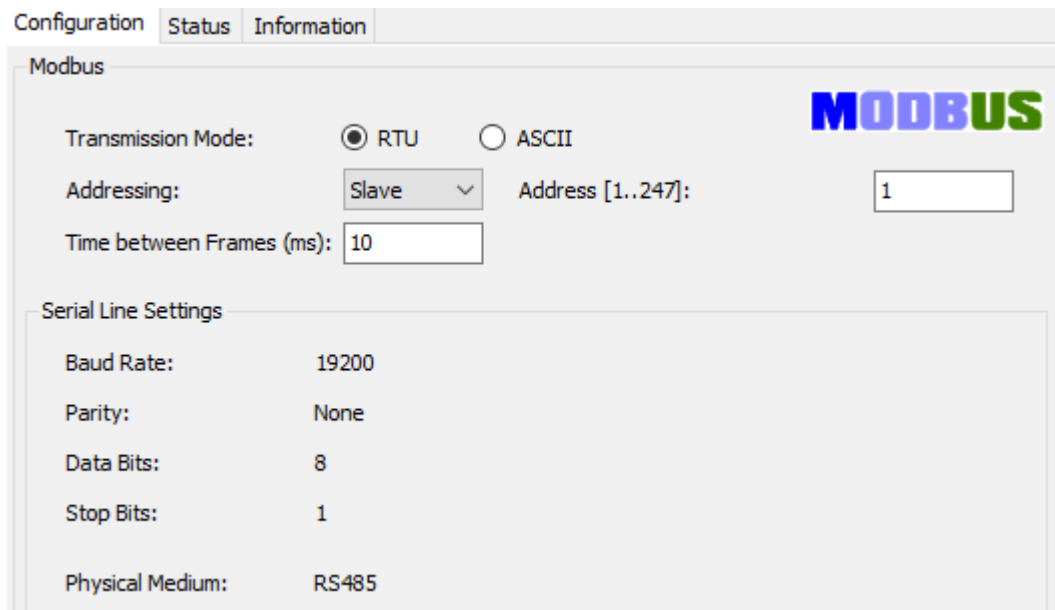


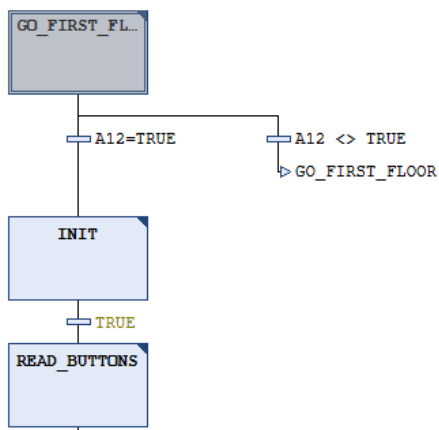
Рис. 3.4. Налаштування ModBus в Modicon M241

Етап налаштування пристроїв на з'єднань завершено. Далі робота виконується у вкладці [Applications tree], а саме створення програмного коду керування ліфтовою установкою. Головна програма наведена на Рис. 3.5.

```

1 PROGRAM POU_MAIN
2 VAR
3 i : BYTE ;
4 closestSelectedFloorFromInside : INT ;
5 closestSelectedFloorFromOutside : INT ;
6 END_VAR

```



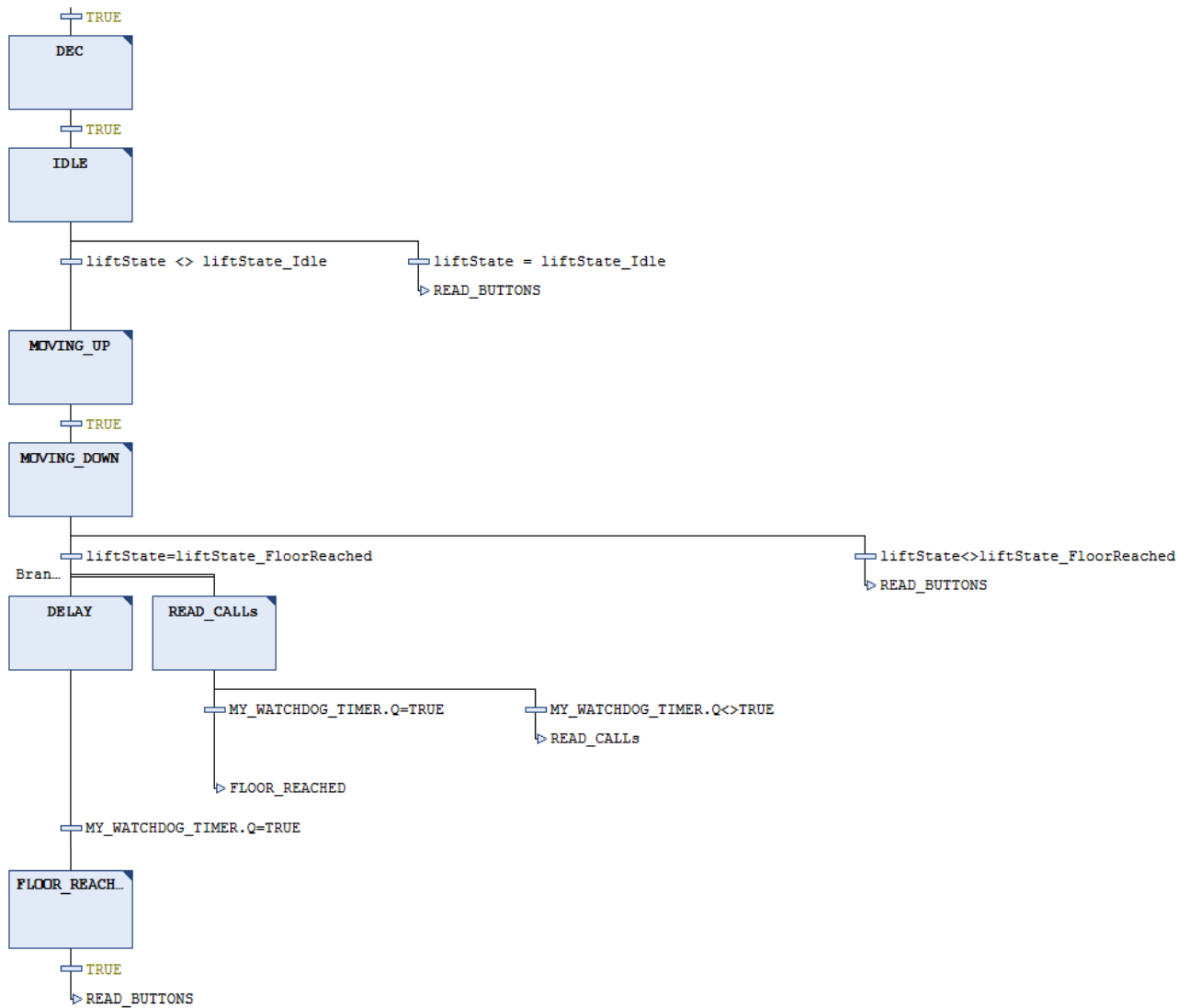


Рис. 3.5. POU_MAIN алгоритм роботи ліфта на мові SFC

Всі змінні, використані під час розробки, є глобальними. Їх опис наведено у Додатку А -> 1 Global Variable List: GVL. Мапінг цих змінних з реальними сигналами, що надходять від кінцевих вимикачів та кнопок керування електричної схеми до віддаленої станції входів/виходів, наведено у таблиці 3.1.

Алгоритм на Рис. 3.5 створено за допомогою мови SFC або, інша назва, Grafset. Grafset, що означає «GRAPhe Fonctionnel de Commande Etape-Transition» або Sequential Functional Chart (Послідовна функціональна діаграма) англійською мовою, є графічною мовою програмування, що використовується в галузі промислової автоматизації. Grafset призначена для представлення логічного потоку управління послідовним процесом у чіткій та наочній формі. Ось просте пояснення того, як Grafset працює в контролерах Modicon:

1. Стани та переходи (States or Transitions): Grafset розділяє процес керування на різні стани, де кожен стан представляє певну умову або крок у процесі. Переходи з'єднують ці стани і визначають умови, за яких система переходить з одного стану в інший.
2. Початковий крок (Initial Step): Діаграма Графсета починається з початкового кроку, який представляє вихідну точку процесу.
3. Кроки (Steps): Кожен крок у Графсеті представляє певну умову або дію, яку система повинна виконати або здійснити. Кроки активуються або деактивуються на основі логічних умов, визначених у переходах.
4. Переходи (Transitions): Переходи з'єднують кроки і визначають умови, за яких система переходить від одного кроку до іншого. Переходи пов'язані з логічними умовами, такими як стан входів, таймерів або інших подій.
5. Дії (Actions): Дії, пов'язані з кожним кроком, представляють завдання або операції, які необхідно виконати, коли система знаходиться в цьому конкретному стані. Ці дії можуть включати вмикання або вимикання виходів, ініціювання процесу або виконання певних операцій.
6. Паралелізм (Parallelism): Grafset підтримує паралелізм, що дозволяє одночасно виконувати декілька кроків. Це може представляти паралельні процеси в системі.
7. Цикли (Cycles): Система може циклічно проходити через різні стани і переходи в залежності від вхідних умов. Цикл триває до тих пір, поки не будуть виконані бажані умови для завершення процесу.
8. Кінцевий стан (End state): Діаграма Grafset може включати кінцевий стан або завершальний крок, який означає завершення процесу.

Таким чином, обґрунтовуючи вибір Grafset для створення основного алгоритму в контролері Modicon, отримуємо такі переваги: забезпечується візуальне представлення послідовної логіки керування; спрощується програмування складних послідовностей керування, полегшуючи розробку, розуміння та модифікацію програм автоматизації; можна створити чітке та інтуїтивно зрозуміле зображення процесу керування.

У таблиці 3.2 наведено які дії (Actions) виконуються на кожному кроці діаграми на Рис. 3.5. Програмний код відповідних дій наведено у Додатку А.

Таблиця 3.2

Відповідність між SFC Steps та Actions

Step name	Property: value
GO_FIRST_FLOOR	Initial step: Yes, Action Step Active: Init0
INIT	Action Step Active: Init2
READ_BUTTONS	Action Step Active: ReadButtons
DEC	Action Step Active: Lift_Dec
IDLE	Action Step Active: Lift_IDLE
MOVING_UP	Action Step Active: Lift_MovingUp
MOVING_DOWN	Action Step Active: Lift_MovingDown
DELAY	Action Step Active: Lift_Delay
READ_CALLs	Action Step Active: ReadButtons
FLOOR_REACHED	Action Step Active: Lift_FloorReached

Коли контролер налаштовано як Modbus Slave, підтримуються запити Modbus які наведено у таблиці 3.3 [23]:

Таблиця 3.3

Можливі запити до Modbus Slave (Modicon M241)

Function Code Dec (Hex)	Sub-Function Dec (Hex)	Function
1 (1 hex)	-	Read digital outputs (%Q)
2 (2 hex)	-	Read digital inputs (%I)
3 (3 hex)	-	Read multiple register (%MW)
5 (5 hex)	-	Write single coil (%M)
6 (6 hex)	-	Write single register (%MW)
8 (8 hex)	-	Diagnostic
15 (15 hex)	-	Write multiple digital outputs (%Q)
16 (10 hex)	-	Write multiple registers (%MW)
23 (17 hex)	-	Read/write multiple registers (%MW)
43 (2B hex)	14 (E hex)	Read device identification

Далі надано короткий опис відмінності між мапінгом пам'яті Modbus контролера та НМІ Modbus. Якщо при налагодженні комунікації між ПЛК та

WebHMI в програмі не врахувати цю відмінність, то ПЛК і WebHMI не зможуть обмінюватися даними належним чином. Це може призвести до того що в області пам'яті, що відповідають за операції виводу, можуть бути записані неправильні дані. Дані, що надає Modicon M241 по шині Modbus при комунікації з WebHMI наведено у Додатку А -> POU: POU_MB.

Коли контролер і WebHMI з'єднані через шину Modbus (WebHMI є Master для запитів Modbus), для обміну даними використовуються запити у вигляді простих слів. Існує перекриття простих слів пам'яті WebHMI під час використання подвійних слів, але не для пам'яті контролера. (див. схему на Рис. 3.6). Для того, щоб забезпечити відповідність між областю пам'яті WebHMI та областю пам'яті контролера, співвідношення між подвійними словами пам'яті HMI та подвійними словами пам'яті контролера має дорівнювати 2.

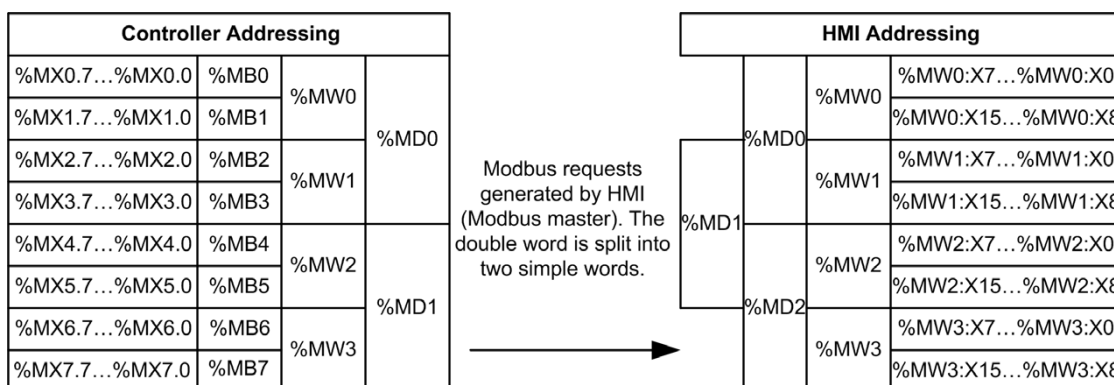


Рис. 3.6. Відповідність між адресацією пам'яті в Modicon та WebHMI [23]

Останнім кроком в розробці ПЗ для ПЛК Modicon M241 є налаштування MAST Task [24]. Завдання MAST існує у всіх програмах, що створюються. Це циклічне завдання, яке викликає POU(и) програми та контролює їх виконання. В розроблюваному ПЗ для керування ліфтовою уставкою таких POU два: POU_MAIN (програма на Рис. 3.5) та POU_MB (наведено у Додатку А -> POU: POU_MB). Потрібно додати їх до завдання MAST (Рис. 3.7). POU НЕ додається автоматично до завдання MAST після створення. POU виконуються в тому порядку, в якому вони з'являються в завданні MAST. Час циклу для завдання MAST за замовчуванням становить 15 мс.

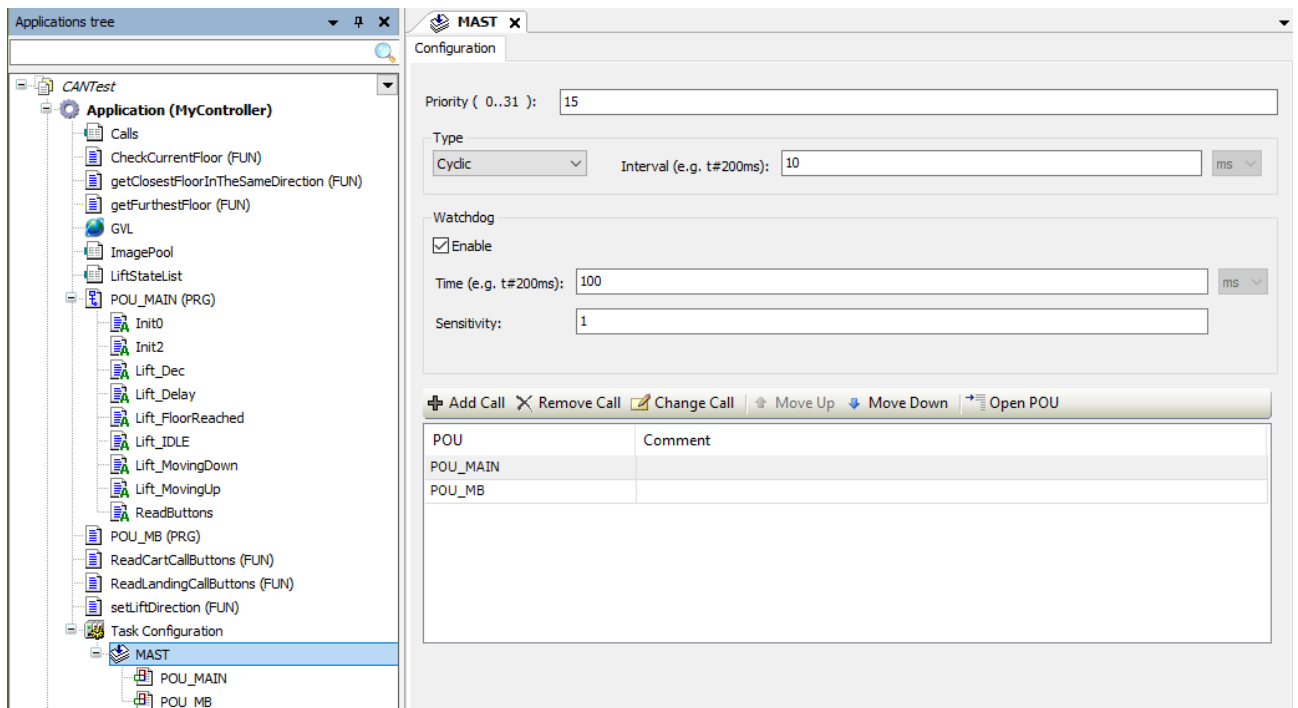


Рис. 3.7. Налаштування MAST Task

Для керування двигуном ліфтової установки використовується, як вже зазначалось, перетворювач частоти Altivar 930. Його налаштування виконані шляхом підключення до нього за допомогою ПК, на якому встановлено SoMove з відповідною бібліотекою DTM ATV9xx [25], та Ethernet-USB кабелю. Слідуючи інструкціям посібника з програмування [26] та карті комунікаційних параметрів [27] було змінено стандартні налаштування. Усі зміни зафіксовано у Додатку Б.

Останній пристрій який треба налаштувати перед тим як описувати WebNMI – це IP camera, а саме отримання з камери відеопотоку який спримає WebNMI. На сьогоднішній день виробники IP-камер не надають несанкціонованого доступу до відеопотоку з міркувань безпеки. Для використання відеопотоку в WebNMI він повинен бути без логіна/пароля для доступу [28]. Крім того, використання сервера між комп'ютером та IP-камерою дозволить отримати доступ багатьом користувачам, що є справжньою трансляцією, на відміну від прямого підключення IP-камери, яке зазвичай обмежене 10 користувачами.

Рішенням є сервер в локальній мережі, який буде перекодувати H.264 в MJPEG. (наприклад, Raspberry Pi). Крім того, це може бути машина під управлінням Linux або Windows. В цьому проєкті використовується Raspberry Pi 4 [29].

При першому запуску налаштовуємо Raspberry Pi відповідно до кроків наданих в [30]. Далі виконуємо команди:

```
sudo apt update
sudo apt upgrade
sudo apt-get install nodejs          #runtime environment node.js [31]
sudo apt-get install vlc             #vlc player installation [32]
```

Доступ до потоку IP-камери [33] можна отримати через RTSP. Створюємо .js скрипт з наступним змістом:

```
const vlcProcess = spawn('cvlc', [
  '-Idummy',
  'rtsp://login:password@ip-address:554/link_to_stream',
  '--sout',
  '#transcode{vcodec=MJPEG,fps=20,vfilter=canvas{width=320,
  height=240}}:standard{access=http{mime=multipart/x-mixed-
  replace;boundary=--
  7b3cc56e5f51db803f790dad720ed50a},mux=mpjpeg,dst=:8888/}',
  '--no-sout-all',
  '--sout-keep'
]);
```

У команді вище вхідний відеопотік `rtsp://login:password@ip-address:port/link_to_stream`, де `login` та `password` – це логін та пароль для авторизації в камері, `ip-address:port/link_to_stream` – посилання на rtsp стрім, що прописано у налаштуваннях камери. Також можна вказати лише порт призначення `dst=:8888`, а IP-адресою буде IP-адреса Raspberry Pi для отримання доступу до потоку. Вихідна URL-адреса трансляції має вигляд `http://localhost:8888`, або, натомість `localhost`, IP-адреса Raspberry Pi.

За допомогою PM2 [34] налаштовано автозапуск скрипта при рестарті Raspberry Pi або у разі виникнення помилок транскодування відеопотоку.

Наступний крок полягає у налаштуванні Master пристрою, у даному випадку – це WebHMI. Для можливості комунікації з вже налаштованими ПЛК Modicon M241 та ПЧ Altivar930 потрібно, по-перше, в інтерфейсі WebHMI додати нові з'єднання. Для цього треба зайти на веб-сторінку WebHMI, в головному меню [Settings] обрати [Registers]. Далі створити два з'єднання. Налаштування комунікації з Altivar930 наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Налаштування з'єднання між WebHMI та Altivar930

Title	Value
Basic info:	
Title	Altivar930
Serial number	ATV930U07M3
Category	No category
Device model	ModBus
Protocol	ModBus RTU
Device address	10
Address base (offset)	0
Communication:	
Device	RS-485 (WebHMI)
Baud rate	38400
Parity	Even
Stop bits	1
Timeout, ms	100
Stabilization pause, ms	0
Read errors to skip scan	5
Mode	Normal

Налаштування комунікації з Modicon M241 наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Налаштування з'єднання між WebHMI та Modicon M241

Title	Value
-------	-------

Basic info:	
Title	ModiconM241
Serial number	TM241CEC24T
Category	No category
Device model	ModBus
Protocol	ModBus RTU
Device address	1
Address base (offset)	0
Communication:	
Device	RS-485 (WebHMI)
Baud rate	19200
Parity	None
Stop bits	1
Timeout, ms	100
Stabilization pause, ms	0
Read errors to skip scan	5
Mode	Normal

Після цього, у [Registers] для з'єднань [Altivar930] та [ModiconM241] налаштовані параметри реєстрів для всіх змінних, що використовуються у процесі віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки. Далі реєстрів наведено у додатку В. У деяких реєстрів, у полі [Dictionary] натомість [Raw value, no text] використані наперед створені словники (dictionary), тобто числовому значенню поставлено у відповідність рядок символів у форматі «Raw value, String». Створено наступні словники:

Dictionary: ATV930 drive state – для відображення поточного стану ПЧ

- 0, Drive automatic tuning (TUN)
- 1, DC injection (DCB)
- 2, Ready (RDY)
- 3, Freewheel stop (NST)
- 4, Running (RUN)
- 5, Accelerating (ACC)
- 6, Decelerating (DEC)
- 7, In current limitation (CLI)
- 8, Fast stop (FST)
- 9, Motor fluxing (FLU)
- 11, No mains voltage (NLP)

13,Control stopping (CTL)
14,Dec ramp adaptation (OBR)
15,Output cut (SOC)
17,Undervoltage warning (USA)
18,TC Mode Active (TC)
19,In autotest] (ST)
20,Autotest error (FA)
21,Autotest OK (OK)
22,EEprom test (EP)
23,Operating State "Fault" (FLT)
25,DCP Flashing Mode (DCP)
30,STO active (STO)
35,Energy Saving (IDLE)
36,Firmware Update (FWUP)
37,AFE Mains undervoltage] (URA)
38,Angle test (ASA)
39,Backspin control function is active (BSC)

Dictionary: RPT Ramp type – для відображення типу кривої ЗІ

0,Linear ramp (LIN)
1,S-Ramp (S)
2,U-Ramp (U)
3,Ramp customized (CUS)

Dictionary: Elevator state – для відображення стану ліфтової установки

0,Idle
1,FloorReached
2,MovingDown
3,MovingUp

Dictionary: NextFloor – для відображення номеру наступного поверху

0, ---
1, 1
2, 2
3, 3
4, 4

Було створено декілька скриптів на мові Lua. Скрипти «InitialReference» та «InitialReferenceforMAIN»:

```
function main (userId)
  -- Add your code here
  SetReg(20, 25); -- LFR, Reference frequency (HR8502@Altivar930)
```

```

WriteReg(20, 25); -- LFR, Reference frequency (HR8502@Altivar930)
SetReg(60, 12); -- SP2, Preset speed 2 (HR11410@Altivar930)
WriteReg(60, 12); -- SP2, Preset speed 2 (HR11410@Altivar930)
SetReg("SPG", 60); -- SPG, Speed proportional gain (HR9103@Altivar930)
WriteReg("SPG", 60); -- SPG, Speed proportional gain
(HR9103@Altivar930)
SetReg("SIT", 40); -- SIT, Speed time integral (HR9104@Altivar930)
WriteReg("SIT", 40); -- SIT, Speed time integral (HR9104@Altivar930)
SetReg("SFC", 65); -- SFC, K speed loop filter (HR9105@Altivar930)
WriteReg("SFC", 65); -- SFC, K speed loop filter (HR9105@Altivar930)
SetReg(61, 0.1); -- ACC, Acceleration ramp time (HR9001@Altivar930)
WriteReg(61, 0.1); -- ACC, Acceleration ramp time (HR9001@Altivar930)
SetReg(62, 0.1); -- DEC, Deceleration ramp time (HR9002@Altivar930)
WriteReg(62, 0.1); -- DEC, Deceleration ramp time (HR9002@Altivar930)
SetReg("RPT", 0); -- RPT, Type of ramp (HR9004@Altivar930)
WriteReg("RPT", 0); -- RPT, Type of ramp (HR9004@Altivar930)
end

```

Вони мають однаковий код і їх роль в ініціалізації стандартних параметрів системи керування. Відмінність полягає у тому, що є тригером на виконання зазначених скриптів. У випадку «InitialReference», налаштування виконано так, що він виконується лише один раз при рестарті WebHMI. Для «InitialReferenceforMAIN» налаштовано запуск на виконання по натисненні на відповідну кнопку в інтерфейсі користувача.

Третій, і останній, скрипт «SetCommandWord»:

```

function main (userId)
  local goForward = GetReg("DI1"); -- DI1, Move forward
(HR1@ModiconM241)
  local goReverse = GetReg("DI2"); -- DI2, Move reverse direction
(HR1@ModiconM241)
  local goPreset = GetReg(55); -- DI8, Go to preset speed SP2
(HR1@ModiconM241)
  if goForward == 1 then
    if goPreset == 1 then
      WriteReg("CmdW", 9);
    else
      WriteReg("CmdW", 1);
    end
  elseif goReverse == 1 then

```

```

if goPreset == 1 then
    WriteReg("CmdW", 10);
else
    WriteReg("CmdW", 2);
end
else
    WriteReg("CmdW", 0);
end
end

```

Його роль полягає у зміні слова стану перетворювача частоти ATV930, для відправки сигналу завдання на обертання вперед, назад, перехід на понижену швидкість, зупинку, скид помилок та ін.

Було створено та налаштовано додатково до Admin дві ролі для користувачів Operator та Read-only user. Налаштування прав наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Налаштування прав доступу користувачів

	Admin	Operator	Read-only user
Alerts level:			
Information	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Warning	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Alert	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Permissions:			
Access dashboards	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Access screens	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Access graphs	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Access trends	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Access custom graphs	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access custom trends	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access custom diagrams	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access raw values	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access registers log	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access user actions log	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Access meters' readings	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Access messages page	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access alerts	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access reports	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access video	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Access calendar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Access weather	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access user documents	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access "About page"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access communication log	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access Level2 log	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access kernel messages	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access disk usage	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reboot and shut down	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage registers and connections	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage recipes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage events	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage scripts	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage calendar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage images	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage dashboards	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage screens	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage graphs	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage trends	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage alerts	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Network setup menu items	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage video streams	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Adjust meters' readings	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage user documents	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Communication Level2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage settings	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage branding	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage users and roles	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Change user's role	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Backup, restore, clean	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Access API keys	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Change register values	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Request on-demand registers	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Run dashboard scripts	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Apply recipes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acknowledge alerts	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Detect 1-Wire devices	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manage Modbus TCP server	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Крім того, для Operator та Read-only user було заблоковано використання контекстного меню для навігації на інші сторінки або інтерактивні елементи інтерфейсу користувача. В налаштуваннях таймеру не активності клієнта встановлено значення 5 хвилин. Тобто, незалежно від ролі авторизованого користувача або гостя (Guest login – має права ролі Operator), тайм-аут становить 5 хвилин якщо нічого не робити на сторінці інтерфейсу керування. Також розрив з'єднання відбувається одразу у разі переходу на іншу вкладку веб-браузера. У якості сторінки за замовчуванням при вході в систему встановлено – «Screen - MAIN», головний інтерфейс віддаленого керування лабораторною ліфтовою установкою (Рис. 3.8).

Транскодоване відео з IP-камери, яке Raspberry PI трансліює на <http://localhost:8888/>, за допомогою перенаправлення портів у налаштуваннях роутера та NGINX на сервері НТУ «Дніпровська політехніка» отримує домен за посиланням <https://lab-elevator-cam1.nmu.org.ua/>. Ця адреса прописується у налаштуваннях WebHMI в [Settings] -> [Video] (Type: MJPEG Video Stream), і потім додається до інтерфейсу користувача який доступний за посиланням <https://lab-elevator.nmu.org.ua/> у робочі дні (Рис. 3.8).

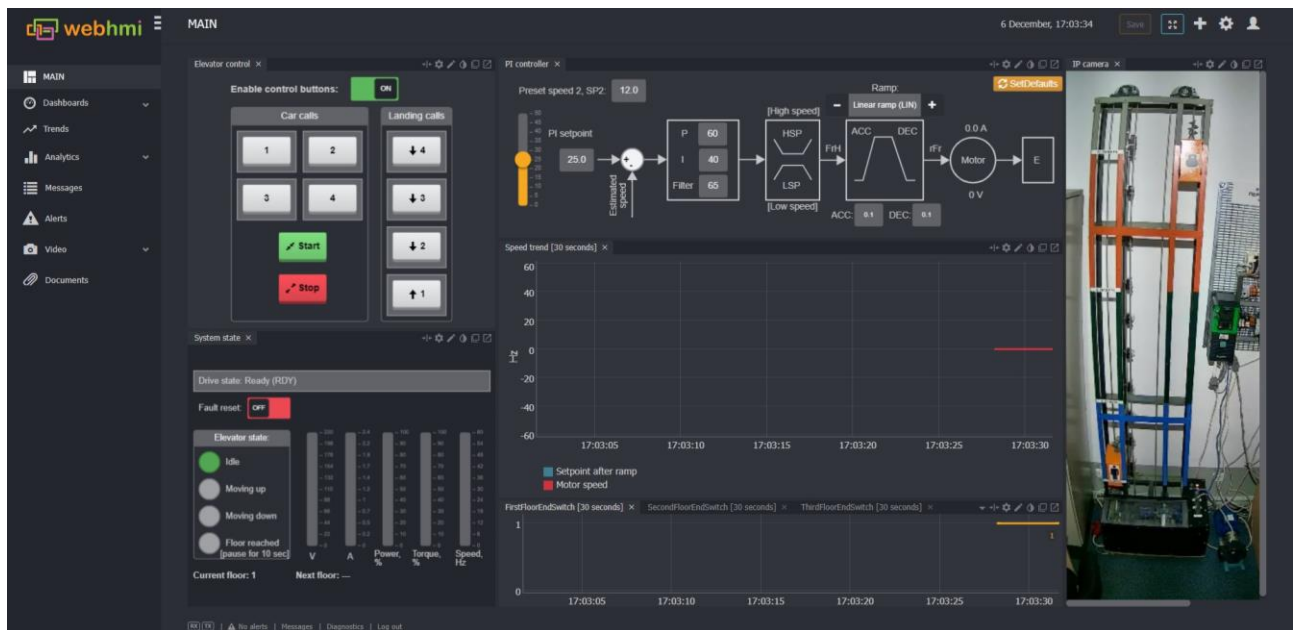


Рис. 3.8. Панель віддаленого керування лабораторним стендом

Інтерфейс на Рис. 3.8 складається з п'яти ключових модулів:

- Elevator control – панель виклику кабіни ліфта. Вказувати цільовий поверх можна як з середини кабіни [Car calls] так і з поверхів [Landing calls]. Для можливості відправляти команди на лабораторний стенд, потрібно перевести в стан «ON» перемикач «Enable control buttons».
- System state – панель, де зведена інформація про стан системи: стан перетворювача частоти, стан ліфтової установки, ключові параметри двигуна, поточний поверх та наступний поверх у черзі (оновлюється після 10 секундної затримки з моменту переходу в стан «Floor reached»). Крім того, сюди виведено кнопку для скиду можливих помилок в ATV930, наприклад, обрив зворотного зв'язку гальма.
- PI controller – панель, для налаштування внутрішнього контуру швидкості ПЧ. Тут графічно представлена мнемонічна схема з офіційної документації. Крім параметрів завдання на швидкість, пониженої швидкості, параметрів ПІ-регулятора та ЗІ, винесено на панель кнопку яка запускає скрипт «InitialReferenceforMAIN».
- IP camera – виводиться транскодований відеопотік від Raspberry Pi.

- Real-time trends – будуються графіки у реальному часі для швидкості обертання двигуна у Герцах, виходу з ЗІ та стани поверхових кінцевих вимикачів.

3.2 Веб-сторінка

Для виконання експериментів з використанням програмного забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки було розроблено веб-сторінку яка доступна за посиланням <https://elevator-lab4all-dniprotech.web.app/> (Рис. 3.9). Ця сторінка має детальні інструкції щодо виконання конкретних експериментів стосовно налаштування ПІ-регулятора швидкості та ЗІ внутрішнього контуру швидкості ПЧ. Саму сторінку та супровідні файли, такі як стилі CSS та темплейт звіту розміщено на Firebase [35]. Код та темплейт звіту наведено у Додатку Г.

В залежності від обраної вкладки [‘Home’, ‘Controller’, ‘Ramp’, ‘Save your work’] у лівому стовбці меню, контент сторінки змінюється.

У вкладці Home користувачу надається загальна інформація щодо створення звіту та надано декілька полів до заповнення обов’язкової інформації про себе.

У вкладці ‘Controller’ надано інструкції щодо виконання експерименту пов’язаного з параметризацією контуру швидкості шляхом зміни пропорційної та інтегральної ланок регулятора швидкості. Для звіту параметри вносяться до відповідних полів вкладки ‘Controller’. Крім того, користувачу потрібно надати скріншоти з WebНМІ з графіками отриманих перехідних процесів для трьох варіантів налаштування ПІ-регулятора.

У вкладці ‘Ramp’ надано інструкції щодо виконання експерименту пов’язаного з параметризацією задатчика інтенсивності. Користувачу потрібно змінювати параметри часу розгону, гальмування, а також типу кривої [‘Linear’, ‘S type’, ‘U type’]. Для звіту параметри вносяться до відповідних полів вкладки ‘Ramp’ аналогічно ‘Controller’.

У вкладці ‘Save your work’ (Рис. 3.9) користувач має можливість згенерувати звіт. Експериментальні дані внесені до відповідних полів на попередніх вкладках веб-сторінки автоматично заносяться до темплейту звіту.

Experiment 1 Dashboard (Preparation)

Home Save your work

Controller 4.1 Date Tue Dec 12 2023 23:41:25 GMT+0200

Ramp 4.2 Key none

Save your work Generate my report as PDF!

Download PDF (In case the file is not rendered)

Control Engineering
Innovative Energy Systems
LAB Experiments

Report
Elevator experiment

General information

1.1 Registration number
1.2 Last name, First name
1.3 Test bench Elevator

Controller

Parameter	Controller with overshoot	Controller without overshoot	Best set of parameters

DNIPRO UNIVERSITY of TECHNOLOGY 1899
LABORATORIES ACROSS BORDERS

Рис. 3.9. Розроблена веб-сторінка з інструкціями до виконання експерименту та можливістю автоматичного генерування звіту у форматі PDF

3.3 Результати тестування розробленої системи

Тестування розробленого програмного забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки проводилось у три основні етапи: тестування на етапі розробки, локальне тестування в Дніпрі та дистанційне тестування з німецькими учасниками.

На етапі розробки програмне забезпечення пройшло всебічне тестування, щоб виявити та виправити будь-які притаманні йому проблеми. Ця початкова фаза тестування була зосереджена на забезпеченні базової функціональності, стабільності програмного забезпечення та стабільності передачі даних між елементами розробленої програмно-апаратної архітектури.

Перше практичне оцінювання програмного забезпечення відбулося у Дніпровській політехніці за участю студентів та викладачів. Цей етап мав на меті оцінити продуктивність програмного забезпечення в контрольованому середовищі, що дозволило отримати швидкий зворотній зв'язок та ітеративні покращення. Локальне тестування дало змогу отримати уявлення про досвід користувача, інтуїтивність інтерфейсу.

Заключний і вирішальний етап включав дистанційне тестування за участю німецьких студентів і викладачів з Ройтлінгенського університету (<https://fb.watch/oU-vPgohBf/>). Ця фаза імітувала транскордонну співпрацю, передбачену проектом «Лабораторія без кордонів» за фінансування DAAD (<https://www.lab-project.eu/>), в межах якого виконувалась ця робота. Учасники мали віддалений доступ до стенду кафедри електропривода (<https://www.facebook.com/eldrivenmu>), використовуючи розроблене програмне забезпечення для проведення експериментів у режимі реального часу. На цьому етапі тестування оцінювали адаптивність програмного забезпечення до різних мережевих умов, управління затримками та загальну надійність у проведенні транскордонних експериментів.

Результати:

- Розроблене програмне забезпечення продемонструвало надійну роботу протягом усього етапу тестування. Воно успішно впоралося зі складнощами транскордонної комунікації, забезпечивши безперебійний обмін даними між випробувальним стендом в Дніпрі та віддаленими учасниками в Німеччині. Низька затримка та мінімальні збої, що спостерігалися під час експериментів, свідчать про ефективність програмного забезпечення у підтримці взаємодії в режимі реального часу.
- Відгуки учасників з Дніпра та Німеччини підкреслили зручність інтерфейсу програмного забезпечення. Інтуїтивно зрозумілий дизайн сприяв легкій навігації та взаємодії з функціями тестового стенду. Учасники відзначили доступність відповідних елементів керування та

чіткість інструкцій, що сприяло позитивному загальному користувацькому досвіду.

- Однією з головних цілей етапу тестування було оцінити здатність програмного забезпечення послідовно відтворювати експерименти. Результати показали високий рівень відтворюваності експериментів, з послідовними результатами, що спостерігаються як у локальних, так і у віддалених умовах. Це підкреслює надійність програмного забезпечення у забезпеченні достовірності експериментальних результатів.
- Окрім технічних аспектів, етап тестування виявив позитивні результати з точки зору досвіду спільного навчання. Залучення студентів і викладачів з різним досвідом сприяло багатому обміну ідеями та методологіями. Роль програмного забезпечення у сприянні транскордонній співпраці стала очевидною завдяки спільним успіхам та інсайтам, отриманим під час експериментів.

3.4 Перспективні напрямки подальших досліджень / розробок

У контексті постійного розвитку та вдосконалення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки, увага природним чином звертається до ключових аспектів оптимізації, які мають потенціал покращити якість та ефективність системи. Важливо розглядати довгострокові напрямки, які відображають не лише нинішній стан системи, але й її перспективи подальшого розвитку. Є кілька можливих горизонтів розвитку, які визначаються як потенційно ефективні для оптимізації роботи як програмного забезпечення, так і лабораторного стенду ліфтової установки в цілому.

З урахуванням перспектив подальшого розвитку комплексу віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки, впровадження системи черги на платформі доступу представляє значно покращений підхід. Цей напрямок розвитку орієнтований на підвищення ефективності та безпеки використання стенду, дозволяючи обмежувати доступ і управління декільком

користувачам одночасно. Це забезпечить не тільки більшу безпеку, але й оптимальну координацію роботи з системою.

При урахуванні різноманітних факторів, що впливають на роботу стенду, велика увага повинна бути приділена оптимізації внутрішньої комунікації між ключовими компонентами системи, такими як WebHMI, ПЛК та ПЧ. Запровадження більш швидких протоколів комунікації може призвести до отримання системи зі збільшеною частотою отримання та опрацювання даних, що у свою чергу допоможе витіснити обмеження, пов'язані із відносно великим періодом дискретизації, якщо говорити про швидкодіючі системи. Це сприятиме не лише покращенню швидкодії усього лабораторного комплексу, але й значно підвищить точність вимірів та регулювання.

3.5 Висновки за розділом

Результати тестування розробленого програмного забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки в рамках транскордонної лабораторної ініціативи є багатообіцяючими. Надійна робота програмного забезпечення, зручний інтерфейс, відтворюваність експериментів, цілісність даних та підтримка спільного навчання сприяють його ефективності у проведенні успішних дистанційних експериментів між НТУ «Дніпровська політехніка», Дніпро та Ройтлінгенським університетом, Німеччина. Отримані результати підтверджують життєздатність програмного забезпечення в просуванні транскордонних лабораторних ініціатив, прокладаючи шлях до посилення міжнародної співпраці в науковій та освітній сферах.

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи, присвяченої розробці та дослідженню програмного забезпечення системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки, було проведено глибокий аналіз, розроблено імплементовано та вивчено функціонал віддаленого керування для ліфтової установки. Нижче представлені основні висновки та результати отримані під час цього дослідження.

Дослідження включало в себе вивчення технічних аспектів віддаленого керування, зокрема, взаємодії програмного забезпечення з апаратною частиною ліфтової установки. Було вирішено проблеми, пов'язані зі зв'язком по мережі, оптимізацією комунікацій та забезпеченням надійності роботи.

В рамках роботи було успішно розроблено та імплементовано програмне забезпечення для віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки. Розроблене програмне забезпечення забезпечує зручний інтерфейс для віддаленого доступу та керування усіма аспектами роботи ліфтової установки.

Розроблено та реалізовано різноманітні функціональні можливості, такі як віддалений запуск/зупинка ліфта, моніторинг стану системи, збір та аналіз даних про роботу ліфта, відпрацювання алгоритму Down Collective Operation. Це розширило можливості віддаленого контролю та дозволило забезпечити оперативне реагування на події.

Програмне забезпечення було піддано ретельному тестуванню та оцінці продуктивності. Тестування включало в себе сценарії віддаленого керування в різних умовах та аналіз реакції системи на різні ситуації. Оцінка продуктивності підтвердила стабільність та ефективність розробленого рішення.

Велика увага була приділена аспектам безпеки та керування доступом. Реалізовані механізми шифрування та аутентифікації дозволяють забезпечити конфіденційність та інтегритет передачі даних.

Здобуті результати вказують на успішну реалізацію системи віддаленого керування ліфтовою установкою. Проте, є потенціал для подальшого розвитку, зокрема, розширення функціоналу, оптимізація алгоритмів та підтримка нових технологій.

Загальною висновком з роботи є успішна реалізація та дослідження системи віддаленого керування лабораторним стендом ліфтової установки в рамках проєкту “Laboratories Across Borders”. Отримані результати мають велике значення для покращення ефективності та безпеки управління ліфтовими установками в умовах віддаленого доступу.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Systemax [Електронний ресурс] АИР 63 В4 електродвигун 0.37 кВт 1500 об/хв. URL:<https://systemax.ua/elektrodivigateli/trehfaznye-obshepromyshlennye-elektrodivigateli/air/air63b4--0-37-kvt-1500-ob-min-.html>
2. Schneider Electric [Електронний ресурс] TeSys K reversing contactor - 3P - AC-3 <= 440 V 9 A - 1 NO - 220...230 VAC coil URL:<https://www.se.com/in/en/product/LC2K0910M7/tesys-k-reversing-contactor-3p-ac3-440-v-9-a-1-no-220-230-vac-coil/>
3. Purnomo, R & Mulyanti, Budi & Kustija, Jaja. (2021). PLC (Programmable Logic Controller) distance learning using remote lab system. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1098. 042014. 10.1088/1757-899X/1098/4/042014. URL:https://www.researchgate.net/publication/350474009_PLC_Programmable_Logic_Controller_distance_learning_using_remote_lab_system
4. Gillet, Denis & Salzman, Christophe & Latchman, Haniph & Crisalle, Oscar. (2000). Recent advances in remote experimentation. Proceedings of the American Control Conference. 4. 2955 - 2956 vol.4. 10.1109/ACC.2000.878752. URL:https://www.researchgate.net/publication/224762530_Recent_advances_in_remote_experimentation
5. Alkhaldi, T., Pranata, I. & Athauda, R.I. A review of contemporary virtual and remote laboratory implementations: observations and findings. J. Comput. Educ. 3, 329–351 (2016). URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40692-016-0068-z>
6. Tirado-Morueta, Ramón & Sánchez, María & Márquez, Marco & Borrero, A. & Andujar Marquez, Jose. (2015). A comparison of remote laboratories for different experimental areas. 10.13140/RG.2.1.4469.8321. URL:

- https://www.researchgate.net/publication/282704301_A_comparison_of_remote_laboratories_for_different_experimental_areas
7. Touhafi, Abdellah & Braeken, An & Tahiri, Abderrahim & Zbakh, Mostapha. (2018). CoderLabs: A cloud-based platform for real-time online labs with user collaboration. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*. 30. 10.1002/cpe.4377. URL: https://www.researchgate.net/publication/322370649_CoderLabs_A_cloud-based_platform_for_real-time_online_labs_with_user_collaboration/citation/download
 8. Joshua Grodotzki, Tobias R. Ortelt, A. Erman Tekkaya, Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0: Achievements of the ELLI project at the TU Dortmund University, *Procedia Manufacturing*, Volume 26, 2018, Pages 1349-1360, ISSN 2351-9789. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918308023>
 9. Chen, Xuemin & Song, Gangbing & Zhang, Yongpeng. (2010). Virtual and Remote Laboratory Development: A Review. 10.1061/41096(366)368. URL: https://www.researchgate.net/publication/228988059_Virtual_and_Remote_Laboratory_Development_A_Review/citation/download
 10. Laboratories Across Borders (LAB) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lab-project.eu/>
 11. Jonas Fritz, Henri Gerstadt, Prof. Dr.-Ing. Antonio Notholt (2021). Virtualizing a laboratory experiment for the control engineering practical course, Hochschule Reutlingen Reutlingen University.
 12. Process optimisation in manufacturing experiment [Электронный ресурс]. URL: <https://vvl.reutlingen-university.de/homepage/en/index.html#practical/staeubliTX60/main>
 13. Flying ball experiment [Электронный ресурс]. URL: <https://tec-control.reutlingen-university.de:8080/flyball>
 14. Labster virtual labs and science simulations [Электронный ресурс]. URL: <https://www.labster.com/>

15. Larbaoui, Yassine. (2020). Security, Control and Management of Smart Remote Laboratory for Remote Experiments in Electricity and Electronics. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 9. 4068-4076. 10.30534/ijatcse/2020/234932020. URL: https://www.academia.edu/43613311/Security_Control_and_Management_of_Smart_Remote_Laboratory_for_Remote_Experiments_in_Electricity_and_Electronics
16. Miguel A. Prada, Juan J. Fuertes, Serafin Alonso, Sergio García, Manuel Domínguez, Challenges and solutions in remote laboratories. Application to a remote laboratory of an electro-pneumatic classification cell, Computers & Education, Volume 85, 2015, Pages 180-190, ISSN 0360-1315. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131515000731>
17. Orduña, Pablo & Uribe, Sergio & Isaza, Nicolas & Sancristobal, Elio & Emaldi, Mikel & Pesquera, Alberto & DeLong, Kimberley & Bailey, Philip & López-de-Ipiña, Diego & Castro, Manuel & Garcia-Zubia, Javier. (2013). Generic integration of remote laboratories in learning and content management systems through federation protocols. Proceedings - Frontiers in Education Conference. 1372-1378. 10.1109/FIE.2013.6685057. URL: https://www.researchgate.net/publication/261047293_Generic_integration_of_remote_laboratories_in_learning_and_content_management_systems_through_federation_protocols
18. Katongole, H. (2023). A cyber security architecture for improving remote laboratories security: a case of Makerere University ILabs. (Unpublished Master's Dissertation). Makerere University, Kampala, Uganda. URL: <http://makir.mak.ac.ug/handle/10570/11939>
19. Elawady, Yasser & Tolba, Ahmad. (2011). A general framework for remote laboratory access: A standarization point of view. 485 - 490. 10.1109/ISSPIT.2010.5711755. URL:

https://www.researchgate.net/publication/224218479_A_general_framework_for_remote_laboratory_access_A_standarization_point_of_view

20. Schneider Electric [Електронний ресурс] ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ ATV930 0,75кВт 200-240В 3Ф, IP21, гальм.ключ, без EMC-фільтру

URL: <https://www.se.com/ua/uk/product/ATV930U07M3/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D1%87-%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B8-atv930-075%D0%BA%D0%B2%D1%82-200240%D0%B2-3%D1%84-ip21%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BC-%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%B1%D0%B5%D0%B7-%D0%B5%D0%BC%D1%81%D1%84%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D1%83/?%3Frange=63124-altivar-process-atv900&selectedNodeId=12641955962>

21. Schneider Electric [Електронний ресурс] Advantys ОТВ CANopen Remote Inputs and Outputs User Manual URL:

<https://media.distributordatasolutions.com/schneider2/2020q1/9ae6024177c469ec098fee05427603e5cccd7ee9.pdf>

22. Schneider Electric [Електронний ресурс] ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР M241 24 ВХ/ВИХ ТРАНЗ 2RS485 1ETH CAN URL:

<https://www.se.com/ua/uk/product/TM241CEC24T/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%80-m241-24-%D0%B2%D1%85-%D0%B2%D0%B8%D1%85-%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B7-2rs485-1eth-can/>

23. Schneider Electric [Електронний ресурс] Modicon M241 Logic Controller Programming Guide URL: <https://download.schneider->

electric.com/files?p_Doc_Ref=EIO0000001432&p_enDocType=User+guide&p_File_Name=EIO0000001432.07.pdf

24. Schneider Electric [Электронный ресурс] Getting Started With SoMachine Self Study Manual, SoMachine Ver 4.1.1 URL: <https://dl.plctraining.ir/upload/product/Somachine%20Final%20v4.3/Training%20Manual.pdf>
25. Schneider Electric [Электронный ресурс] ATV9xx DTM Library (EN) URL: https://www.se.com/in/en/download/document/ATV9xx_DTM_Library_EN/
26. Schneider Electric [Электронный ресурс] Altivar Process ATV930, Variable Speed Drives for Asynchronous and Synchronous Motors, Programming Guide URL: https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=NHA80757&p_enDocType=User+guide&p_File_Name=ATV900_Programming_Manual_EN_NHA80757_11.pdf
27. Schneider Electric [Электронный ресурс] ATV900 Communication parameters v3.1 URL: https://www.electrocentr.com.ua/files/documentation/SE/privod/altivar/atv900/communications/ATV900_Communication_parameters_V3.1.xls
28. WebHMI Docs [Электронный ресурс] Video streams URL: [https://docs.webhmi.com.ua/video_streams?s\[\]=video](https://docs.webhmi.com.ua/video_streams?s[]=video)
29. Rozetka [Электронный ресурс] Мінікомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B 8 GB (RPI4-MODBP-8GB), URL: https://rozetka.com.ua/ua/raspberry-pi-rpi4-modbp-8gb/p316787545/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA4NWrBhD-ARIsAFCKwWuKrmjem5HzF55LOgUID71AyMRICGUSWnBInyNR6jXQU R-1xqxpsRcaAjUKEALw_wcB
30. Avram P. How to Set Up a Raspberry Pi for the First Time [Электронный ресурс] / Avram Piltch // tomshardware. – 2022. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.tomshardware.com/how-to/set-up-raspberry-pi>
31. MirkoK, Stephan Augsten: Was ist Node.js?. 2020, URL: <https://www.devinsider.de/was-ist-nodejs-a-972703/>

- 32.VLC media player Documentation [Электронный ресурс] Streaming
HowTo/Command Line Examples URL:
https://wiki.videolan.org/Documentation:Streaming_HowTo/Command_Line_Examples/
- 33.Rozetka [Электронный ресурс] Купольна IP-камера GreenVision GV-073-IP-
H-DOA14-20 3MP (LP6537) URL:
https://rozetka.com.ua/ua/green_vision_lp6537/p78614684/
- 34.PM2 Process Management Quick Start [Электронный ресурс] URL:
<https://pm2.keymetrics.io/docs/usage/quick-start/>
- 35.Pato [Электронный ресурс] App hosting with Firebase in 2 Minutes (React,
Vue, Angular, etc) URL: <https://dev.to/thisdotmedia/web-app-deployment-with-firebase-in-2-minutes-4bo8>
- 36.Mitsubishi Electric [Электронный ресурс] Elevators & Escalators URL:
https://www.mitsubishielectric.com/elevator/overview/elevators/b_operations02.html

Додаток А. ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ MODICON M241

1 Global Variable List: GVL

```
1   VAR_GLOBAL
2   // OTB1C9DM9LP
3   A12 : BOOL ; // In 0 1 floor
4   N12 : BOOL ; // In 1
5   B22 : BOOL ; // In 2
6   A22 : BOOL ; // In 3 2 floor
7   N22 : BOOL ; // In 4
8   B32 : BOOL ; // In 5
9   A32 : BOOL ; // In 6 3 floor
10  N32 : BOOL ; // In 7
11  B42 : BOOL ; // In 8
12  A42 : BOOL ; // In 9 4 floor
13  AB12 : BOOL ; // In 10 bottom end switch
14  AB2 : BOOL ; // In 11 top end switch
15
16  // TM2DDI16DT
17  // Call button on a floor
18  F_A12 : BOOL ; // In 0 up
19  F_A22 : BOOL ; // In 1 down
20  F_A32 : BOOL ; // In 2 down
21  F_A42 : BOOL ; // In 3 down
22
23  StartMovingButton : BOOL ; // In 4 start
24  StopMovingButton : BOOL ; // In 5 stop
25
26  // Call button inside the elevator
27  I_A12 : BOOL ; // In 12
28  I_A22 : BOOL ; // In 13
29  I_A32 : BOOL ; // In 14
30  I_A42 : BOOL ; // In 15
31
32  // TM2DRA16RT
33  DI8 : BOOL ;
34  // Out 8 predefined speed 1: 0 - LSP, 1 - low speed
35  DI1 : BOOL ; // Out 9 forward - down
36  DI2 : BOOL ; // Out 10 backward - up
37
38  A12_Lamp : BOOL ; // Out 12 1 floor
39  A22_Lamp : BOOL ; // Out 13 2 floor
40  A32_Lamp : BOOL ; // Out 14 3 floor
41  A42_Lamp : BOOL ; // Out 15 4 floor
42  //////////////////////////////////////
43  // Controlled by visualization
44  VizTakeControl : BOOL ;
45
46  // Call button on a floor
47  VizF_A12 : BOOL ;
48  VizF_A22 : BOOL ;
49  VizF_A32 : BOOL ;
50  VizF_A42 : BOOL ;
51
52  VizStartMovingButton : BOOL ;
53  VizStopMovingButton : BOOL ;
54
55  // Call button inside the elevator
56  VizI_A12 : BOOL ;
57  VizI_A22 : BOOL ;
58  VizI_A32 : BOOL ;
59  VizI_A42 : BOOL ;
60
61  //////////////////////////////////////
62
63  MY_WATCHDOG_TIMER : TON ;
64  ReachedTime : TIME := T#10000MS ;
```

```

65
66     floorsNumber : BYTE := 4 ;
67
68     pressedButtonsInsideLift : ARRAY [ 0 .. 3 ] OF BOOL := [ FALSE , FALSE ,FALSE , FALSE ] ;
69     pressedButtonsOutsideLift : ARRAY [ 0 .. 3 ] OF BOOL := [ FALSE , FALSE ,FALSE , FALSE ] ;
70
71     tempPressedButtonsInsideLift : ARRAY [ 0 .. 3 ] OF BOOL := [ FALSE ,FALSE , FALSE , FALSE ] ;
72
73     currentFloor : INT := 0 ; // the first floor
74     nextFloor : INT := 0 ;
75
76     virtCurrentFloor : INT := 0 ;
77     virtNextFloor : INT := 0 ;
78
79     liftState_MovingUp : BYTE := 3 ;
80     liftState_MovingDown : BYTE := 2 ;
81     liftState_FloorReached : BYTE := 1 ;
82     liftState_Idle : BYTE := 0 ;
83
84     liftState : BYTE := 0 ;
85     END_VAR

```

2 POU: CheckCurrentFloor

```

1     FUNCTION CheckCurrentFloor : INT
2     VAR_INPUT
3     END_VAR
4     VAR
5     Floor1 : BOOL := A12 ;
6     Floor2 : BOOL := A22 ;
7     Floor3 : BOOL := A32 ;
8     Floor4 : BOOL := A42 ;
9     END_VAR
10

```

```

1     IF Floor1 THEN
2         CheckCurrentFloor := 0 ;
3         A12_Lamp := 1 ;
4         A22_Lamp := 0 ;
5         A32_Lamp := 0 ;
6         A42_Lamp := 0 ;
7     ELSIF Floor2 THEN
8         CheckCurrentFloor := 1 ;
9         A12_Lamp := 0 ;
10        A22_Lamp := 1 ;
11        A32_Lamp := 0 ;
12        A42_Lamp := 0 ;
13    ELSIF Floor3 THEN
14        CheckCurrentFloor := 2 ;
15        A12_Lamp := 0 ;
16        A22_Lamp := 0 ;
17        A32_Lamp := 1 ;
18        A42_Lamp := 0 ;
19    ELSIF Floor4 THEN
20        CheckCurrentFloor := 3 ;
21        A12_Lamp := 0 ;
22        A22_Lamp := 0 ;
23        A32_Lamp := 0 ;
24        A42_Lamp := 1 ;
25    ELSE
26        CheckCurrentFloor := currentFloor ;
27    END_IF

```

3 POU: getClosestFloorInTheSameDirection

```

1  FUNCTION getClosestFloorInTheSameDirection : INT
2  VAR_INPUT
3  IsMovingDown : BOOL ;
4  pressedButtons : ARRAY [ 0 .. 3 ] OF BOOL ;
5  END_VAR
6  VAR
7  floorNumber : INT ;
8  END_VAR
9


---


1  getClosestFloorInTheSameDirection := - 1 ;
2  IF IsMovingDown THEN
3  FOR floorNumber := currentFloor - 1 TO 0 BY - 1 DO
4  IF pressedButtons [ floorNumber ] THEN
5  getClosestFloorInTheSameDirection := floorNumber ;
6  EXIT ;
7  END_IF
8  END_FOR
9  ELSE
10 FOR floorNumber := currentFloor + 1 TO floorsNumber - 1 BY 1 DO
11 IF pressedButtons [ floorNumber ] THEN
12 getClosestFloorInTheSameDirection := floorNumber ;
13 EXIT ;
14 END_IF
15 END_FOR
16 END_IF
17

```

4 POU: getFurthestFloor

```

1  FUNCTION getFurthestFloor : INT
2  VAR_INPUT
3  pressedButtons : ARRAY [ 0 .. 3 ] OF BOOL ;
4  END_VAR
5  VAR
6  furthestFloor : INT := - 1 ;
7  maxDistance : INT := 0 ;
8  floorNumber : INT ;
9  distance : INT ;
10 END_VAR
11


---


1  FOR floorNumber := 0 TO floorsNumber - 1 BY 1 DO
2  IF NOT pressedButtons [ floorNumber ] THEN
3  CONTINUE ;
4  END_IF
5  distance := ABS ( floorNumber - currentFloor ) ;
6  IF distance > maxDistance THEN
7  maxDistance := distance ;
8  furthestFloor := floorNumber ;
9  END_IF
10 END_FOR
11 getFurthestFloor := furthestFloor ;
12

```

5 Action: Init0

```

1  // Initialize variables
2
3  // Go to first floor on system power on
4  IF A12 <> TRUE THEN
5  DI1 := TRUE ;
6  liftState := liftState_MovingDown ;
7  IF N12 = TRUE THEN
8  DI8 := TRUE ;
9  END_IF

```

6 Action: Init2

```

1     DI1 := FALSE ;
2     DI2 := FALSE ;
3     DI8 := FALSE ;
4
5     currentFloor := 0 ;
6     nextFloor := 0 ;
7     liftState := liftState_Idle ;
8     MY_WATCHDOG_TIMER ( IN := FALSE , PT := ReachedTime ) ;
9
10    // END Initialization
11

```

7 Action: Lift_Dec

```

1     IF nextFloor = 0 AND N12 THEN
2         DI8 := TRUE ;
3     ELSIF nextFloor = 1 THEN
4         IF liftState = liftState_MovingDown AND N22 THEN
5             DI8 := TRUE ;
6         ELSIF liftState = liftState_MovingUp AND B22 THEN
7             DI8 := TRUE ;
8         //ELSE
9         // DI8 := FALSE;
10    END_IF
11    ELSIF nextFloor = 2 THEN
12    IF liftState = liftState_MovingDown AND N32 THEN
13        DI8 := TRUE ;
14    ELSIF liftState = liftState_MovingUp AND B32 THEN
15        DI8 := TRUE ;
16    //ELSE
17    // DI8 := FALSE;
18    END_IF
19    ELSIF nextFloor = 3 AND B42 THEN
20        DI8 := TRUE ;
21    //ELSE
22    //DI8 := FALSE;
23    END_IF

```

8 Action: Lift_Delay

```

1     MY_WATCHDOG_TIMER ( IN := TRUE , PT := ReachedTime ) ;

```

9 Action: Lift_FloorReached

```

1     IF liftState = liftState_FloorReached THEN
2     IF MY_WATCHDOG_TIMER . Q THEN
3     MY_WATCHDOG_TIMER ( IN := FALSE , PT := ReachedTime ) ;
4     pressedButtonsInsideLift [ currentFloor ] := FALSE ;
5     pressedButtonsOutsideLift [ currentFloor ] := FALSE ;
6     pressedButtonsInsideLift := ReadCartCallButtons ( ) ;
7     pressedButtonsOutsideLift := ReadLandingCallButtons ( ) ;
8
9     nextFloor := getFurthestFloor ( pressedButtonsInsideLift ) ;
10    IF nextFloor > - 1 THEN
11    // if any button from inside the lift was pressed
12    setLiftDirection ( ) ;
13    ELSE
14    nextFloor := getFurthestFloor ( pressedButtonsOutsideLift ) ;
15    IF nextFloor > - 1 THEN
16    setLiftDirection ( ) ;

```

```

16     END_IF
17     END_IF
18     liftState := liftState_Idle ;
19     END_IF
20     END_IF
21

```

10 Action: Lift_IDLE

```

1     IF liftState = liftState_Idle THEN
2         DI1 := FALSE ;
3         DI2 := FALSE ;
4         DI8 := FALSE ;
5         nextFloor := getFurthestFloor ( pressedButtonsInsideLift ) ;
6         IF nextFloor > - 1 THEN
7             setLiftDirection ( ) ;
8         ELSE
9             nextFloor := getFurthestFloor ( pressedButtonsOutsideLift ) ;
10            IF nextFloor > - 1 THEN
11                setLiftDirection ( ) ;
12            END_IF
13        END_IF
14    END_IF

```

11 Action: Lift_MovingDown

```

1     IF liftState = liftState_MovingDown THEN
2         IF currentFloor = nextFloor THEN
3             liftState := liftState_FloorReached ;
4             DI1 := FALSE ;
5             DI2 := FALSE ;
6             DI8 := FALSE ;
7         ELSE
8
9             closestSelectedFloorFromInside := getClosestFloorInTheSameDirection ( IsMovingDown := TRUE , pressedButtonsInsideLift ) ;
10            closestSelectedFloorFromOutside := getClosestFloorInTheSameDirection ( IsMovingDown := TRUE , pressedButtonsOutsideLift ) ;
11
12            IF closestSelectedFloorFromInside = - 1 THEN
13                nextFloor := closestSelectedFloorFromOutside ;
14            ELSIF closestSelectedFloorFromOutside = - 1 THEN
15                nextFloor := closestSelectedFloorFromInside ;
16            ELSE
17                nextFloor := MAX ( closestSelectedFloorFromInside , closestSelectedFloorFromOutside ) ;
18            END_IF
19
20            DI1 := TRUE ;
21            DI2 := FALSE ;
22        END_IF
23    END_IF
24

```

12 Action: Lift_MovingUp

```

1     IF liftState = liftState_MovingUp THEN
2         IF currentFloor = nextFloor THEN
3             liftState := liftState_FloorReached ;
4             DI1 := FALSE ;
5             DI2 := FALSE ;
6             DI8 := FALSE ;
7         ELSE
8             nextFloor := getClosestFloorInTheSameDirection ( IsMovingDown := FALSE , pressedButtonsInsideLift ) ; // in the same direction
9             IF nextFloor = - 1 THEN
10                nextFloor := getClosestFloorInTheSameDirection ( IsMovingDown := FALSE , pressedButtonsOutsideLift ) ; // in the same direction
11            END_IF
12
13            DI1 := FALSE ;
14            DI2 := TRUE ;

```

```
15 END_IF
16 END_IF
```

13 Action: ReadButtons

```
1   pressedButtonsInsideLift := ReadCartCallButtons ();
2   pressedButtonsOutsideLift := ReadLandingCallButtons ();
3   currentFloor := CheckCurrentFloor ();
4   IF StopMovingButton OR VizStopMovingButton THEN
5     FOR i := 0 TO floorsNumber - 1 BY 1 DO
6       pressedButtonsInsideLift [ i ] := FALSE ;
7       pressedButtonsOutsideLift [ i ] := FALSE ;
8       tempPressedButtonsInsideLift [ i ] := FALSE ;
9       liftState := liftState_Idle ;
10    END_FOR
11  END_IF
12
13  IF nextFloor = 0 AND liftState = liftState_MovingDown AND AB12 THEN
14    pressedButtonsInsideLift [ 0 ] := FALSE ;
15    pressedButtonsOutsideLift [ 0 ] := FALSE ;
16    liftState := liftState_Idle ;
17    currentFloor := 0 ;
18  END_IF
19
20  IF nextFloor = 3 AND liftState = liftState_MovingUp AND AB2 THEN
21    pressedButtonsInsideLift [ 3 ] := FALSE ;
22    pressedButtonsOutsideLift [ 3 ] := FALSE ;
23    liftState := liftState_Idle ;
24    currentFloor := 3 ;
25  END_IF
26
```

14 POU: POU_MB

```
1   PROGRAM POU_MB
2   VAR
3   END_VAR
4


---


5   // Controlled by visualization
6   VizTakeControl := %MX2.0 ;
7   %MX2.1 := DI8 ;
8   %MX2.2 := DI1 ;
9   %MX2.3 := DI2 ;
10
11  // Call button on a floor
12  VizF_A12 := %MX0.0 ;
13  VizF_A22 := %MX0.1 ;
14  VizF_A32 := %MX0.2 ;
15  VizF_A42 := %MX0.3 ;
16
17  VizStartMovingButton := %MX2.4 ;
18  VizStopMovingButton := %MX2.5 ;
19
20  // Call button inside the elevator
21  VizI_A12 := %MX0.4 ;
22
23  VizI_A22 := %MX0.5 ;
24  VizI_A32 := %MX0.6 ;
25  VizI_A42 := %MX0.7 ;
26
27  //
28  virtCurrentFloor := currentFloor + 1 ;
29  virtNextFloor := nextFloor + 1 ;
30
31  %MB3 := liftState ;
32  %MW3 := virtCurrentFloor ;
33  %MW4 := virtNextFloor ;
```

```

29
30 //
31 %MX1.0 := tempPressedButtonsInsideLift [ 0 ] ;//pressedButtonsInsideLift[0];
32 %MX1.1 := tempPressedButtonsInsideLift [ 1 ] ;//pressedButtonsInsideLift[1];
33 %MX1.2 := tempPressedButtonsInsideLift [ 2 ] ;//pressedButtonsInsideLift[2];
34 %MX1.3 := tempPressedButtonsInsideLift [ 3 ] ;//pressedButtonsInsideLift[3];
35 //
36 %MX1.4 := pressedButtonsOutsideLift [ 0 ] ;
37 %MX1.5 := pressedButtonsOutsideLift [ 1 ] ;
38 %MX1.6 := pressedButtonsOutsideLift [ 2 ] ;
39 %MX1.7 := pressedButtonsOutsideLift [ 3 ] ;
40 //
41 %MX4.0 := A12 ;
42 %MX4.1 := A22 ;
43 %MX4.2 := A32 ;
44 %MX4.3 := A42 ;

```

15 POU: ReadCartCallButtons

```

1 FUNCTION ReadCartCallButtons : ARRAY [ 0 .. 3 ] OF BOOL ;
2 VAR_INPUT
3 END_VAR
4 VAR
5 statusCartCallButton : ARRAY [ 0 .. 3 ] OF BOOL :=tempPressedButtonsInsideLift ;
6 statusCartCallButtonViaStart : ARRAY [ 0 .. 3 ] OF BOOL :=pressedButtonsInsideLift ;
7 END_VAR
8


---


9 IF VizTakeControl THEN
10 IF statusCartCallButton [ 0 ] <> VizI_A12 THEN
11 IF statusCartCallButton [ 0 ] = TRUE AND ( liftState =liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 0
12 THEN
13 statusCartCallButton [ 0 ] := FALSE ;
14 //A12_Lamp:=FALSE;
15 ELSIF liftState = liftState_FloorReached OR liftState =liftState_Idle THEN
16 statusCartCallButton [ 0 ] := TRUE ;
17 //A12_Lamp:=TRUE;
18 END_IF
19 END_IF
20
21 IF statusCartCallButton [ 1 ] <> VizI_A22 THEN
22 IF statusCartCallButton [ 1 ] = TRUE AND ( liftState =liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 1
23 THEN
24 statusCartCallButton [ 1 ] := FALSE ;
25 //A22_Lamp:=FALSE;
26 ELSIF liftState = liftState_FloorReached OR liftState =liftState_Idle THEN
27 statusCartCallButton [ 1 ] := TRUE ;
28 //A22_Lamp:=TRUE;
29 END_IF
30 END_IF
31
32 IF statusCartCallButton [ 2 ] <> VizI_A32 THEN
33 IF statusCartCallButton [ 2 ] = TRUE AND ( liftState =liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 2
34 THEN
35 statusCartCallButton [ 2 ] := FALSE ;
36 //A32_Lamp:=FALSE;
37 ELSIF liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle THEN
38 statusCartCallButton [ 2 ] := TRUE ;
39 //A32_Lamp:=TRUE;
40 END_IF
41 END_IF
42
43 IF statusCartCallButton [ 3 ] <> VizI_A42 THEN
44 IF statusCartCallButton [ 3 ] = TRUE AND ( liftState =liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 3
45 THEN
46 statusCartCallButton [ 3 ] := FALSE ;
47 //A32_Lamp:=FALSE;
48 ELSIF liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle THEN

```

```

37     statusCartCallButton [ 3 ] := TRUE ;
38     //A42_Lamp:=TRUE;
39     END_IF
40     END_IF
41
42     ELSE
43
44     IF statusCartCallButton [ 0 ] <> I_A12 THEN
45     IF statusCartCallButton [ 0 ] = TRUE AND ( liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 0
46     THEN
47     statusCartCallButton [ 0 ] := FALSE ;
48     //A12_Lamp:=FALSE;
49     ELSIF liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle THEN
50     statusCartCallButton [ 0 ] := TRUE ;
51     //A12_Lamp:=TRUE;
52     END_IF
53     END_IF
54
55     IF statusCartCallButton [ 1 ] <> I_A22 THEN
56     IF statusCartCallButton [ 1 ] = TRUE AND ( liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 1
57     THEN
58     statusCartCallButton [ 1 ] := FALSE ;
59     //A22_Lamp:=FALSE;
60     ELSIF liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle THEN
61     statusCartCallButton [ 1 ] := TRUE ;
62     //A22_Lamp:=TRUE;
63     END_IF
64     END_IF
65
66     IF statusCartCallButton [ 2 ] <> I_A32 THEN
67     IF statusCartCallButton [ 2 ] = TRUE AND ( liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 2
68     THEN
69     statusCartCallButton [ 2 ] := FALSE ;
70     //A32_Lamp:=FALSE;
71     ELSIF liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle THEN
72     statusCartCallButton [ 2 ] := TRUE ;
73     //A32_Lamp:=TRUE;
74     END_IF
75     END_IF
76
77     IF statusCartCallButton [ 3 ] <> I_A42 THEN
78     IF statusCartCallButton [ 3 ] = TRUE AND ( liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 3
79     THEN
80     statusCartCallButton [ 3 ] := FALSE ;
81     //A42_Lamp:=FALSE;
82     ELSIF liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle THEN
83     statusCartCallButton [ 3 ] := TRUE ;
84     //A42_Lamp:=TRUE;
85     END_IF
86     END_IF
87     END_IF
88
89     tempPressedButtonsInsideLift := statusCartCallButton ;
90
91     IF ( StartMovingButton OR VizStartMovingButton ) AND ( liftState = liftState_Idle OR liftState = liftState_FloorReached ) THEN
92     statusCartCallButtonViaStart := statusCartCallButton ;
93     END_IF
94     ReadCartCallButtons := statusCartCallButtonViaStart ;
95

```

16 POU: ReadLandingCallButtons

```

1     FUNCTION ReadLandingCallButtons : ARRAY [ 0 .. 3 ] OF BOOL ;
2     VAR_INPUT
3     END_VAR

```



```

4     VAR
5     statusLandingCallButton : ARRAY [ 0 .. 3 ] OF BOOL := pressedButtonsOutsideLift ;
6     END_VAR
7


---


1     IF VizTakeControl THEN
2     IF statusLandingCallButton [ 0 ] <> VizF_A12 THEN
3     IF statusLandingCallButton [ 0 ] = TRUE AND ( liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 0
    THEN
4     statusLandingCallButton [ 0 ] := FALSE ;
5     //A12_Lamp:=FALSE;
6     ELSE
7     statusLandingCallButton [ 0 ] := TRUE ;
8     //A12_Lamp:=TRUE;
9     END_IF
10    END_IF
11
12    IF statusLandingCallButton [ 1 ] <> VizF_A22 THEN
13    IF statusLandingCallButton [ 1 ] = TRUE AND ( liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 1
    THEN
14    statusLandingCallButton [ 1 ] := FALSE ;
15    //A22_Lamp:=FALSE;
16    ELSE
17    statusLandingCallButton [ 1 ] := TRUE ;
18    //A22_Lamp:=TRUE;
19    END_IF
20    END_IF
21
22    IF statusLandingCallButton [ 2 ] <> VizF_A32 THEN
23    IF statusLandingCallButton [ 2 ] = TRUE AND ( liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 2
    THEN
24    statusLandingCallButton [ 2 ] := FALSE ;
25    //A32_Lamp:=FALSE;
26    ELSE
27    statusLandingCallButton [ 2 ] := TRUE ;
28    //A32_Lamp:=TRUE;
29    END_IF
30    END_IF
31
32    IF statusLandingCallButton [ 3 ] <> VizF_A42 THEN
33    IF statusLandingCallButton [ 3 ] = TRUE AND ( liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 3
    THEN
34    statusLandingCallButton [ 3 ] := FALSE ;
35    //A32_Lamp:=FALSE;
36    ELSE
37    statusLandingCallButton [ 3 ] := TRUE ;
38    //A42_Lamp:=TRUE;
39    END_IF
40    END_IF
41
42    ELSE
43
44    IF statusLandingCallButton [ 0 ] <> F_A12 THEN
45    IF statusLandingCallButton [ 0 ] = TRUE AND ( liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 0
    THEN
46    statusLandingCallButton [ 0 ] := FALSE ;
47    //A12_Lamp:=FALSE;
48    ELSE
49    statusLandingCallButton [ 0 ] := TRUE ;
50    //A12_Lamp:=TRUE;
51    END_IF
52    END_IF
53
54    IF statusLandingCallButton [ 1 ] <> F_A22 THEN
55    IF statusLandingCallButton [ 1 ] = TRUE AND ( liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 1
    THEN
56    statusLandingCallButton [ 1 ] := FALSE ;
57    //A22_Lamp:=FALSE;
58    ELSE
59    statusLandingCallButton [ 1 ] := TRUE ;

```

```

60 //A22_Lamp:=TRUE;
61 END_IF
62 END_IF
63
64 IF statusLandingCallButton [ 2 ] <> F_A32 THEN
65 IF statusLandingCallButton [ 2 ] = TRUE AND ( liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 2
THEN
66 statusLandingCallButton [ 2 ] := FALSE ;
67 //A32_Lamp:=FALSE;
68 ELSE
69 statusLandingCallButton [ 2 ] := TRUE ;
70 //A32_Lamp:=TRUE;
71 END_IF
72 END_IF
73
74 IF statusLandingCallButton [ 3 ] <> F_A42 THEN
75 IF statusLandingCallButton [ 3 ] = TRUE AND ( liftState = liftState_FloorReached OR liftState = liftState_Idle ) AND currentFloor = 3
THEN
76 statusLandingCallButton [ 3 ] := FALSE ;
77 //A32_Lamp:=FALSE;
78 ELSE
79 statusLandingCallButton [ 3 ] := TRUE ;
80 //A42_Lamp:=TRUE;
81 END_IF
82 END_IF
83 END_IF
84
85
86
87
88 ReadLandingCallButtons := statusLandingCallButton ;

```

17 POU: setLiftDirection

```

1 FUNCTION setLiftDirection : INT
2 VAR_INPUT
3 END_VAR
4 VAR
5 END_VAR
6


---


1 IF nextFloor = currentFloor THEN
2 liftState := liftState ;
3 ELSIF nextFloor < currentFloor THEN
4 liftState := liftState_MovingDown ;
5 ELSE
6 liftState := liftState_MovingUp ;
7 END_IF

```

Додаток Б. ПАРАМЕТРИ ALTIVAR930

Code	Long Label	Current Value	Default Value	Min	Max	Logical address
PS2	2 Preset Freq assignment	Bit 3 digital input ctrl word	Not assigned			11401
AC2	Acceleration 2 ramp time	10 s	5 s	0.1 s	999.9 s	9012
ACC	Acceleration ramp time	0.1 s	3 s	0 s	999.9 s	9001
LAC	Access level	Expert access	Standard access			3006
JAPL	Application Inertia	23	0	0	65535	9108
LFA	AsyncMotor Leakage inductance	40.04 mH	0 mH	0 mH	655.35 mH	9662
RSA	AsyncMotor Stator resistance	9712 mOhm	0 mOhm	0 mOhm	65535 mOhm	9642
BLC	Brake assignment	Relay R3	No			10001
BIP	Brake release pulse	Brake impulse Fwd/Rev	Brake impulse Fwd			10007
BRC	Braking resistor connected	Yes	No			14117
RSAS	Calculated SyncMotor Stator R	9712 mOhm	0 mOhm	0 mOhm	65535 mOhm	9682
CD1	Command channel 1 assign	Modbus communication	Terminal block			8423
CD2	Command channel 2 assign	Terminal block	Modbus communication			8424
CCS	Command switching	Digital input 5	Command channel 1			8421
FR1	Configuration reference frequency 1	Reference frequency via Modbus	AI1 Analog input			8413
CHCF	Control mode configuration	I/O mode	Combined channel mode			8401
BRA	Decel ramp adaptation	No	Yes			9003
DE2	Deceleration 2	10 s	5 s	0.1 s	999.9 s	9013

Code	Long Label	Current Value	Default Value	Min	Max	Logical address
DEC	Deceleration ramp time	0.1 s	3 s	0 s	999.9 s	9002
ADD	Device modbus address	10	Off	0	247	6001
DCF	Fast Stop ramp Divider	3	4	0	10	11230
RSF	Fault reset input assignment	Bit 7 digital input ctrl word	Digital input 4			7124
IPL	Input Phase Loss assignment	Ignore	Freewheel stop			7002
CRFA	Internal currents filter time	3.1 ms	0 ms	0 ms	100 ms	9118
IDA	Magnetizing current	1.58 A	0 A	0 A	655.35 A	9652
TFR	Max frequency	50 Hz	60 Hz	10 Hz	500 Hz	3103
TBR	Modbus baud rate	38.4 Kbps	19200 bps			6003
ITH	Motor Thermal current	2 A	3.5 A	0.92 A	5.06 A	9622
NCR	Nominal motor current	2 A	3.5 A	1.15 A	6.9 A	9603
NPR	Nominal motor power	0.37 kW	0.75 kW	0.09 kW	2.2 kW	9613
NSP	Nominal motor speed	1320 rpm	1400 rpm	0 rpm	65535 rpm	9604
UNS	Nominal motor voltage	220 V	230 V	100 V	240 V	9601
SP2	Preset speed 2	12 Hz	10 Hz	0 Hz	599 Hz	11410
R3	R3 assignment	Brake sequence	Not assigned			5003
IRD	Rev. brake release curr.	2 A	0 A	0 A	5.06 A	10011
RRS	Reverse assignment	Bit 1 digital input ctrl word	Digital input 2			11105
TRA	Rotor time constant	30.6 ms	0 ms	0 ms	6553.5 ms	9667
SPG	Speed proportional gain	60 %	40 %	0 %	1000 %	9103
SIT	Speed time integral	40 ms	64 ms	1 ms	65535 ms	9104
PHS	Sync. EMF constant	103.1 mV/rpm	0 mV/rpm	0 mV/rpm	6553.5 mV/rpm	9673
LDS	Sync motor d inductance	40.04 mH	0 mH	0 mH	655.35 mH	9674

Code	Long Label	Current Value	Default Value	Min	Max	Logical address
LQS	Sync motor q inductance	40.04 mH	0 mH	0 mH	655.35 mH	9675
TST	Torque control stop type	Speed	Freewheel stop			9227
PS2	2 Preset Freq assignment	Bit 3 digital input ctrl word	Not assigned			11401
AC2	Acceleration 2 ramp time	10 s	5 s	0.1 s	999.9 s	9012
ACC	Acceleration ramp time	0.1 s	3 s	0 s	999.9 s	9001
LAC	Access level	Expert access	Standard access			3006
JAPL	Application Inertia	23	0	0	65535	9108
LFA	AsyncMotor Leakage inductance	40.04 mH	0 mH	0 mH	655.35 mH	9662
RSA	AsyncMotor Stator resistance	9712 mOhm	0 mOhm	0 mOhm	65535 mOhm	9642

Додаток В. РЕГІСТРИ WEBHMI

Connection	Title	Address	Priority	Com. interval	Data type	Value format	Bit mask	Dictionary
Category: Command register								
Altivar930	CMD, Command register: bit 1 Reverse direction	HR8501	Normal	10 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0002	Raw value, no text
Altivar930	CMD, Command register: bit 0 Reverse direction	HR8501	Normal	10 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0001	Raw value, no text
Altivar930	CMD, Command word	HR8501	High	10 ms	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	CMD, Command register: bit 3 Enable go to preset speed SP2	HR8501	Normal	10 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0004	Raw value, no text
Altivar930	CMD, Command register: bit 7 Fault reset/error cleared on transition 0 to 1	HR8501	Normal	10 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0080	Raw value, no text
Category: Logic inputs states								
Altivar930	IL1R, Logic inputs states: bit 14 "LI15" logic inputs real image	HR5202	High	10 ms	Word	Unsigned, Integer	0x4000	Raw value, no text
Altivar930	IL1R, Logic inputs states: bit 10 "LI11" logic inputs real image	HR5202	High	10 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0400	Raw value, no text
Altivar930	IL1R, Logic inputs states: bit 11 "LI12" logic inputs real image	HR5202	Normal	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0800	Raw value, no text
Altivar930	IL1R, Logic inputs states: bit 12 "LI13" logic inputs real image	HR5202	Normal	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x1000	Raw value, no text
Altivar930	IL1R, Logic inputs states: bit 13 "LI14" logic inputs real image	HR5202	Normal	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x2000	Raw value, no text
Category: Motor data								

Connection	Title	Address	Priority	Com. interval	Data type	Value format	Bit mask	Dictionary
Altivar930	LCR, Motor current	HR3204	Normal	500 ms	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	OPR, Motor power	HR3211	Normal	500 ms	Word	Signed, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	OTR, Motor torque	HR3205	Normal	500 ms	Word	Signed, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	RFR, Motor frequency	HR3202	High	10 ms	Word	Signed, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	SPD, Motor speed	HR12004	Normal	Default	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	UOP, Motor voltage	HR3208	Normal	500 ms	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Category: Ramp								
Altivar930	ACC, Acceleration ramp time	HR9001	Normal	1 s	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	RPT, Type of ramp	HR9004	Normal	1 s	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	RPT Ramp type
Altivar930	DEC, Deceleration ramp time	HR9002	Normal	1 s	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Category: Speed controller								
Altivar930	SFC, K speed loop filter	HR9105	Normal	5 s	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	SPG, Speed proportional gain	HR9103	Normal	1 s	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	SIT, Speed time integral	HR9104	Normal	1 s	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Category: N/A								

Connection	Title	Address	Priority	Com. interval	Data type	Value format	Bit mask	Dictionary
Altivar930	FRH, Reference frequency before ramp	HR3203	Normal	500 ms	Word	Signed, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	FRO, Frequency reference after ramp	HR9021	High	10 ms	Word	Signed, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	HMIS, Drive state	HR3240	Normal	1 s	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	ATV930 drive state
Altivar930	LFR, Reference frequency	HR8502	Normal	500 ms	Word	Signed, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	LFRD, Speed setpoint	HR8602	Normal	500 ms	Word	Signed, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Altivar930	SP2, Preset speed 2	HR11410	Normal	1 s	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
Category: Car calls								
ModiconM241	Pressed Button Inside Lift: Floor 1	HR0	Normal	200 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0100	Raw value, no text
ModiconM241	Pressed Button Inside Lift: Floor 2	HR0	Normal	200 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0200	Raw value, no text
ModiconM241	Pressed Button Inside Lift: Floor 3	HR0	Normal	200 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0400	Raw value, no text
ModiconM241	Pressed Button Inside Lift: Floor 4	HR0	Normal	200 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0800	Raw value, no text
Category: End Switches States								
ModiconM241	FirstFloorSwitch	HR2	High	10 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0001	Raw value, no text
ModiconM241	SecondFloorSwitch	HR2	High	10 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0002	Raw value, no text

Connection	Title	Address	Priority	Com. interval	Data type	Value format	Bit mask	Dictionary
ModiconM241	ThirdFloorSwitch	HR2	High	10 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0004	Raw value, no text
ModiconM241	FourthFloorSwitch	HR2	High	10 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0008	Raw value, no text
Category: Landing Calls								
ModiconM241	Pressed Button Outside Lift: Floor 1	HR0	Normal	200 ms	Word	Unsigned, Integer	0x1000	Raw value, no text
ModiconM241	Pressed Button Outside Lift: Floor 2	HR0	Normal	200 ms	Word	Unsigned, Integer	0x2000	Raw value, no text
ModiconM241	Pressed Button Outside Lift: Floor 3	HR0	Normal	200 ms	Word	Unsigned, Integer	0x4000	Raw value, no text
ModiconM241	Pressed Button Outside Lift: Floor 4	HR0	Normal	200 ms	Word	Unsigned, Integer	0x8000	Raw value, no text
Category: Virtual Car control buttons								
ModiconM241	IA12, Car call Floor 1	HR0	Normal	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0010	Raw value, no text
ModiconM241	IA22, Car call Floor 2	HR0	Normal	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0020	Raw value, no text
ModiconM241	IA32, Car call Floor 3	HR0	Normal	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0040	Raw value, no text
ModiconM241	IA42, Car call Floor 4	HR0	Normal	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0080	Raw value, no text
ModiconM241	StartMovingButton	HR1	Normal	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0010	Raw value, no text
ModiconM241	StopMovingButton	HR1	High	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0020	Raw value, no text
Category: Virtual Landing call buttons								

Connection	Title	Address	Priority	Com. interval	Data type	Value format	Bit mask	Dictionary
ModiconM241	FA12, Landing call Floor 1	HR0	Normal	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0001	Raw value, no text
ModiconM241	FA22, Landing call Floor 2	HR0	Normal	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0002	Raw value, no text
ModiconM241	FA32, Landing call Floor 3	HR0	Normal	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0004	Raw value, no text
ModiconM241	FA42, Landing call Floor 4	HR0	Normal	50 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0008	Raw value, no text
Category: N/A								
ModiconM241	Current floor	HR3	Normal	100 ms	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	Raw value, no text
ModiconM241	Elevator state	HR1	Normal	100 ms	Word	Unsigned, Integer	0xFF00	Elevator state
ModiconM241	Next floor	HR4	Normal	100 ms	Word	Unsigned, Integer	0xFFFF	NextFloor
ModiconM241	DI8, Go to preset speed SP2	HR1	Normal	Default	Word	Unsigned, Integer	0x0002	Raw value, no text
ModiconM241	DI1, Move forward	HR1	Normal	Default	Word	Unsigned, Integer	0x0004	Raw value, no text
ModiconM241	DI2, Move reverse direction	HR1	Normal	Default	Word	Unsigned, Integer	0x0008	Raw value, no text
ModiconM241	Take control	HR1	High	200 ms	Word	Unsigned, Integer	0x0001	Raw value, no text

Додаток Г. ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ НА FIREBASE

Файл index.html

```
<html>
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <title>Experiment Dashboard</title>
  <link rel="stylesheet" href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/css/bootstrap.min.css" integrity="sha384-
Gn5384xqQ1aoWXA+058RXPxPg6fy4IWvTNh0E263XmFcJISAWiGgFAW/dAiS6JXm" crossorigin="anonymous">
  <link href="https://cdn.jsdelivr.net/gh/gitbrent/bootstrap4-toggle@3.6.1/css/bootstrap4-toggle.min.css" rel="stylesheet">
  <link rel="stylesheet" href="https://use.fontawesome.com/releases/v5.7.0/css/all.css" integrity="sha384-
IZN37f5QGTy3VHgisS14W3ExzMWZxybE1SJSesQp9S+oqd12jhcu+A56Ebc1zFSJ" crossorigin="anonymous">
  <link rel="stylesheet" href="app.css">
</head>
<body onload="init()" id="root">
  <h1>Experiment 1 Dashboard (Preparation)</h1>

  <!-- Initial Modal -->
  <div class="modal fade" id="selectExperiment" data-backdrop="static" data-keyboard="false" tabindex="-1" aria-
labelledby="exampleModalLabel" aria-hidden="true">
    <div class="modal-dialog">
      <div class="modal-content">
        <div class="modal-header">
          <h5 class="modal-title" id="exampleModalLabel">Information</h5>
          <!--<button type="button" class="close" data-dismiss="modal" aria-label="Close">
            <span aria-hidden="true">&times;</span>
          </button-->
        </div>
        <div class="modal-body">By opening the web app with this button, you just are able to watch the experiment webpage with the
experiment guidelines. Afterwards, you can choose the "Open test bench control" button to bring up the webpage of the elevator control
panel (WebHMI) in a new browser tab. </div>
        <div class="modal-body"> Do NOT reload the webpage! Do NOT press F5! Otherwise, all your work will be lost. In case of an error
(Drive status: FAULT), please try resetting it with the 'Fault reset' button, else contact your professor via email. He / She then has to fix the
experiment locally. </div>
        <div class="modal-footer">
          <button type="button" class="btn btn-primary" data-dismiss="modal"> Open Elevator Experiment Screen</button>
        </div>
      </div>
    </div>
  </div>

  <div class="container-fluid">

    <!--<button type="button" class="btn btn-info btn-lg" data-toggle="modal" data-target="#selectExperiment">Open Modal</button-->
    <!-- Content here -->
    <div class="row">

      <div class="nav flex-column nav-pills" id="v-pills-tab" role="tablist" aria-orientation="vertical">
        <a class="nav-link active" id="home-tab" data-toggle="pill" href="#home" role="tab" aria-controls="home" aria-
selected="true">Home</a>
        <a class="nav-link" id="controller-tab" data-toggle="pill" href="#controller" role="tab" aria-controls="controller" aria-
selected="false">Controller</a>
        <a class="nav-link" id="ramp-tab" data-toggle="pill" href="#ramp" role="tab" aria-controls="ramp" aria-
selected="false">Ramp</a>
        <a class="nav-link" id="save-tab" data-toggle="pill" href="#save" role="tab" aria-controls="save" aria-selected="false">Save your
work</a>
      </div>
      <div class="col">
        <div class="tab-content" id="v-pills-tabContent">

          <!-- TAB home -->
          <div class="tab-pane fade show active" id="home" role="tabpanel" aria-labelledby="home-tab">
            <h2>Getting started</h2>

            Let's begin with some information about you
          </div>
        </div>
      </div>
    </div>
  </div>
```

```

<div class="alert alert-success alert-dismissible fade show" role="alert">
  <small>The information you introduce in this web app remains in your device and will not be sent or stored anywhere else.
  Use the generate PDF function to save your work via "Save your work tab"</small>
  <button type="button" class="close" data-dismiss="alert" aria-label="Close">
    <span aria-hidden="true">&times;</span>
  </button>
</div>

<div class="alert alert-warning alert-dismissible fade show" role="alert">
  <small><i class="fas fa-info-circle"></i> &nbsp;&nbsp;&nbsp; Note: Please before starting the experiment use the generate PDF
  function to save your work via "Save your work tab" to make sure the function is generating the report. The function operates normally on
  PC (systems like Android do not support PDF generation). If it's not working please use the following link to download report template and
  fill it in manually in Adobe Acrobat. </small>
  <button type="button" class="close" data-dismiss="alert" aria-label="Close">
    <span aria-hidden="true">&times;</span>
  </button>
  <a href="report_en_dniprotech_template_x.pdf" download>Download PDF (In case the the generate PDF function is not
  working)</a>
</div>

<div class="input-group mb-3">
  <div class="input-group-prepend">
    <span class="input-group-text">1.1</span>
    <span class="input-group-text" id="matNr-lbl">Registration ID</span>
  </div>
  <input id="matNr" type="text" maxlength="6" class="form-control" placeholder="Matriculation number" aria-
  label="Registration number" aria-describedby="matNr-lbl">
</div>

<div class="input-group mb-3">
  <div class="input-group-prepend">
    <span class="input-group-text">1.2</span>
    <span class="input-group-text" id="name-lbl">Name</span>
  </div>
  <input id="name" type="text" class="form-control" placeholder="Last name, First name" aria-label="Last name, First name"
  aria-describedby="name-lbl">
</div>

<div class="input-group mb-3">
  <div class="input-group-prepend">
    <span class="input-group-text">1.3</span>
    <span class="input-group-text" id="name-lbl">Test bench</span>
  </div>
  <input id="tB" type="text" class="form-control" readonly value="Elevator" placeholder="TB" aria-label="TB" aria-
  describedby="tB-lbl">
</div>
<a target="_blank" class="btn btn-primary" href="https://lab-elevator.nmu.org.ua/">Open test bench control panel</a>

</div>

<!-- TAB Controller -->
<div class="tab-pane fade" id="controller" role="tabpanel" aria-labelledby="controller-tab">
  <h2>Controller</h2>

  <div class="alert alert-success alert-dismissible fade show" role="alert">
    <small>Please follow the instructions. In this section you will first need to run the experiment and then write your
    results</small>
    <button type="button" class="close" data-dismiss="alert" aria-label="Close">
      <span aria-hidden="true">&times;</span>
    </button>
  </div>

  <p>
    In this phase, you will tune the [Standard] speed loop PI controller of Altivar 930. The controller setting rules per Altivar
    Process ATV900 [1]
    give you a simple way to parametrise your controller (see Documentation, p. 178 – for gain limits and p. 363 – for the influence
    of gains):
  </p>

```

<p style="text-align: center;">\(P + I \dfrac{1}{s})\</p>

<p>

Now you may set the gain parameters of the proportional [Speed prop. gain] SPG and integral time constant [Speed time integral] Sit of the controller.

Leave the [K speed loop filter] SFC factory value.

</p>

<p>

<small>
[1] Altivar Process ATV900 Variable Speed Drives for Asynchronous and Synchronous Motors Programming Manual, Schneider Electric, NHA80757.11, 03/2023.

</small>

</p>

<h3>Run the experiment</h3>

Please write the Factory setting: According to the drive rating of \((P = 60)\) and \((I = 40)\) in the controller dashboard.

Set the [PI setpoint] to 40.

Preset speed 2, SP2 is the value of the speed reference [PI setpoint] at which the motor switches as it approaches the target floor. It can be set less or equal to the initial setpoint.

Change the state of the [Enable control button] switch to ON.

To make the Elevator Car move please choose the target floor from the Landing Calls panel or choose the target floor from the Car calls panel and click the green [Start] button.

<div class="alert alert-warning alert-dismissible fade show" role="alert">

<small><i class="fas fa-info-circle"></i> Note: To immediately STOP the motor and clear the Car calls and Landing Calls queue, please press the red [Stop] button.</small>

<button type="button" class="close" data-dismiss="alert" aria-label="Close">

×

</button>

</div>

After each experiment you should take a look at the speed response and target floor end-switch state (0 – no car, 1 – car at the floor). Before changing the parameters make a snapshot of your findings in png format. Write down the Step time in ms, Overshoot value in Hz, Settling time in ms at motor start and time elapsed from target end-switch on state and motor halt.

For each set of controller parameters (Overshoot is present, No overshoot), run the experiment (for the same setpoint). Try a few other combinations you think are the best fit for the elevator application.

<div class="alert alert-warning alert-dismissible fade show" role="alert">

<small><i class="fas fa-exclamation-triangle"></i> Note: The recommended minimum values for \((P = 20)\) and \((I = 15)\) to avoid the drive fault. The integral gain is usually set to be equal to half of the proportional gain.</small>

<button type="button" class="close" data-dismiss="alert" aria-label="Close">

×

</button>

</div>

<h3>Document your results</h3>

<table class="table table-striped">

<thead>

<tr>

<th>Parameter </th>

<th>Controller with overshoot </th>

<th>Controller without overshoot</th>

<th>Best set of parameters</th>

</tr>

</thead>

<tbody>

<tr>

<th>Proportional gain</th>

<td>

<input id="P_Overshoot" type="text" class="form-control" placeholder="P for overshoot" aria-label="P_Overshoot" aria-describedby="P_Overshoot-lbl" size="6">

</td>

```

        <td>
            <input id="P_NoOvershoot" type="text" class="form-control" placeholder="P without overshoot" aria-label="P_NoOvershoot" aria-describedby="P_NoOvershoot-lbl" size="6">
        </td>
        <td>
            <input id="P_BestOpt" type="text" class="form-control" placeholder="P for best option" aria-label="P_BestOpt" aria-describedby="P_BestOpt-lbl" size="6">
        </td>
    </tr>
    <tr>
        <th>Integral gain</th>
        <td>
            <input id="I_Overshoot" type="text" class="form-control" placeholder="I for overshoot" aria-label="I_Overshoot" aria-describedby="I_Overshoot-lbl" size="6">
        </td>
        <td>
            <input id="I_NoOvershoot" type="text" class="form-control" placeholder="I without overshoot" aria-label="I_NoOvershoot" aria-describedby="I_NoOvershoot-lbl" size="6">
        </td>
        <td>
            <input id="I_BestOpt" type="text" class="form-control" placeholder="I for best option" aria-label="I_BestOpt" aria-describedby="I_BestOpt-lbl" size="6">
        </td>
    </tr>
    <tr>
        <th>Step time, ms</th>
        <td>
            <input id="St_Overshoot" type="text" class="form-control" placeholder="St for overshoot" aria-label="St_Overshoot" aria-describedby="St_Overshoot-lbl" size="6">
        </td>
        <td>
            <input id="St_NoOvershoot" type="text" class="form-control" placeholder="St without overshoot" aria-label="St_NoOvershoot" aria-describedby="St_NoOvershoot-lbl" size="6">
        </td>
        <td>
            <input id="St_BestOpt" type="text" class="form-control" placeholder="St for best option" aria-label="St_BestOpt" aria-describedby="St_BestOpt-lbl" size="6">
        </td>
    </tr>
    <tr>
        <th>Overshoot, Hz</th>
        <td>
            <input id="Os_Overshoot" type="text" class="form-control" placeholder="Os for overshoot" aria-label="Os_Overshoot" aria-describedby="Os_Overshoot-lbl" size="6">
        </td>
        <td>
            <input id="Os_NoOvershoot" type="text" class="form-control" placeholder="Os without overshoot" aria-label="Os_NoOvershoot" aria-describedby="Os_NoOvershoot-lbl" size="6">
        </td>
        <td>
            <input id="Os_BestOpt" type="text" class="form-control" placeholder="Os for best option" aria-label="Os_BestOpt" aria-describedby="Os_BestOpt-lbl" size="6">
        </td>
    </tr>
    <tr>
        <th>Settling time, ms</th>
        <td>
            <input id="Sett_Overshoot" type="text" class="form-control" placeholder="Sett for overshoot" aria-label="Sett_Overshoot" aria-describedby="Sett_Overshoot-lbl" size="6">
        </td>
        <td>
            <input id="Sett_NoOvershoot" type="text" class="form-control" placeholder="Sett without overshoot" aria-label="Sett_NoOvershoot" aria-describedby="Sett_NoOvershoot-lbl" size="6">
        </td>
        <td>
            <input id="Sett_BestOpt" type="text" class="form-control" placeholder="Sett for best option" aria-label="Sett_BestOpt" aria-describedby="Sett_BestOpt-lbl" size="6">
        </td>
    </tr>
    <tr>

```

```

        <th>Halt time, ms</th>
        <td>
            <input id="Ht_Overshoot" type="text" class="form-control" placeholder="Ht for overshoot" aria-
label="Ht_Overshoot" aria-describedby="Ht_Overshoot-lbl" size="6">
        </td>
        <td>
            <input id="Ht_NoOvershoot" type="text" class="form-control" placeholder="Ht without overshoot" aria-
label="Ht_NoOvershoot" aria-describedby="Ht_NoOvershoot-lbl" size="6">
        </td>
        <td>
            <input id="Ht_BestOpt" type="text" class="form-control" placeholder="Ht for best option" aria-label="Ht_BestOpt"
aria-describedby="Ht_BestOpt-lbl" size="6">
        </td>
    </tr>
    <tr>
        <th>Screenshots</th>
        <td>
            <!-- Button to trigger file input -->
            <button type="button" class="btn btn-primary " onclick="uploadImage('screenshot_c1')">Upload Image</button>

            <!-- Image display area -->

            <div>
                <p></p>
                </img>
            </div>

        </td>
        <td>
            <!-- Button to trigger file input -->
            <button type="button" class="btn btn-primary " onclick="uploadImage('screenshot_c2')">Upload Image</button>

            <!-- Image display area -->

            <div>
                <p></p>
                </img>
            </div>

        </td>
        <td>
            <!-- Button to trigger file input -->
            <button type="button" class="btn btn-primary " onclick="uploadImage('screenshot_c3')">Upload Image</button>

            <!-- Image display area -->

            <div>
                <p></p>
                </img>
            </div>

        </td>
    </tr>
</tbody>
</table>

<div class="alert alert-success alert-dismissible fade show" role="alert">
    <small> <i class="fas fa-pencil-alt"></i> &nbsp;&nbsp;&nbsp; Values of \(\P\) and \(\I\) from the last column will be needed in the
next section</small>
    <button type="button" class="close" data-dismiss="alert" aria-label="Close">
        <span aria-hidden="true">&times;</span>
    </button>
</div>

<p>Which differences were you able to see between the controller parametrisations?</p>
<div class="input-group mb-3">
    <div class="input-group-prepend">
        <span class="input-group-text" id="controllerexp-lbl">2.1</span>
    </div>

```

```
        <textarea id="ControllerText" type="text" class="form-control" placeholder="Type your text here." aria-
label="ControllerText" aria-describedby="ControllerText"></textarea>
    </div>
```

```
</div>
```

```
<!-- TAB Ramp -->
```

```
<div class="tab-pane fade" id="ramp" role="tabpanel" aria-labelledby="ramp-tab">
    <h2>Ramp</h2>
```

```
    <div class="alert alert-success alert-dismissible fade show" role="alert">
        <small>Please follow the instructions. In this section you will also need to run the experiment and then write your
results</small>
```

```
        <button type="button" class="close" data-dismiss="alert" aria-label="Close">
```

```
            <span aria-hidden="true">&times;</span>
```

```
        </button>
```

```
    </div>
```

```
<p>
```

```
    In this phase, you will tune the [Ramp] of Altivar 930. The [Ramp Type] RPT per Altivar Process ATV900 [1] gives you a simple
way to parametrise the [Ramp Type] RPT,
```

```
    [Acceleration] ACC and [Deceleration] DEC (see Documentation, p. 330):
```

```
</p>
```

```
<p>
```

```
    <small>
```

```
        <a
```

```
            target="_blank"
```

```
            href="https://download.schneider-
```

```
electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=ATV900_Programming_Manual_EN_NHA80757_11.pdf&p_Doc_Ref=NHA8075
7">[1] Altivar Process ATV900 Variable Speed Drives for Asynchronous and Synchronous Motors Programming Manual, Schneider Electric,
NHA80757.11, 03/2023.</a>
```

```
    </small>
```

```
</p>
```

```
<h3>Run the experiment</h3>
```

```
<ul>
```

```
    <li>Utilising the best set of speed controller gains from the previous step, change the [Ramp Type] RPT ([Linear], [S-Ramp],
[U-Ramp]) as well as [Acceleration] ACC time and [Deceleration] DEC time. [Ramp increment] INR is set to Factory setting = 0.1. </li>
```

```
    <li>Before changing the parameters make a snapshot of your findings in png format. Write down the Step time in ms,
Overshoot value in Hz, Settling time in ms at motor start and time elapsed from target end-switch on state and motor halt.</li>
```

```
</ul>
```

```
<div class="alert alert-warning alert-dismissible fade show" role="alert">
```

```
    <small><i class="fas fa-info-circle"></i> &nbsp;&nbsp;&nbsp; Note: To immediately STOP the motor and clear the Car calls and
Landing Calls queue, please press the red [Stop] button.</small>
```

```
    <button type="button" class="close" data-dismiss="alert" aria-label="Close">
```

```
        <span aria-hidden="true">&times;</span>
```

```
    </button>
```

```
</div>
```

```
<div class="alert alert-warning alert-dismissible fade show" role="alert">
```

```
    <small><i class="fas fa-exclamation-triangle"></i> &nbsp;&nbsp;&nbsp; Note: ACC and DEC must be set according to the possibility
of the application. It is recommended not to exceed 5 seconds setpoint.</small>
```

```
    <button type="button" class="close" data-dismiss="alert" aria-label="Close">
```

```
        <span aria-hidden="true">&times;</span>
```

```
    </button>
```

```
</div>
```

```
<h3>Document your results</h3>
```

```
<table class="table table-striped">
```

```
    <thead>
```

```
        <tr>
```

```
            <th>Parameter </th>
```

```
            <th>Linear </th>
```

```
            <th>S-Ramp </th>
```

```
            <th>U-ramp </th>
```



```

</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<th>ACC, s</th>
<td>
<input id="ACC_Linear" type="text" class="form-control" placeholder="ACC for linear" aria-label="ACC_Linear" aria-
describedby="ACC_Linear-lbl" size="6">
</td>
<td>
<input id="ACC_S-Ramp" type="text" class="form-control" placeholder="ACC for S-Ramp" aria-label="ACC_S-Ramp"
aria-describedby="ACC_S-Ramp-lbl" size="6">
</td>
<td>
<input id="ACC_U-Ramp" type="text" class="form-control" placeholder="ACC for U-Ramp" aria-label="ACC_U-Ramp"
aria-describedby="ACC_U-Ramp-lbl" size="6">
</td>
</tr>
<tr>
<th>DEC, s</th>
<td>
<input id="DEC_Linear" type="text" class="form-control" placeholder="DEC for linear" aria-label="DEC_Linear" aria-
describedby="DEC_Linear-lbl" size="6">
</td>
<td>
<input id="DEC_S-Ramp" type="text" class="form-control" placeholder="DEC for S-Ramp" aria-label="DEC_S-Ramp"
aria-describedby="DEC_S-Ramp-lbl" size="6">
</td>
<td>
<input id="DEC_U-Ramp" type="text" class="form-control" placeholder="DEC for U-Ramp" aria-label="DEC_U-Ramp"
aria-describedby="DEC_U-Ramp-lbl" size="6">
</td>
</tr>
<tr>
<th>Step time, ms</th>
<td>
<input id="St_Linear" type="text" class="form-control" placeholder="St for Linear" aria-label="St_Linear" aria-
describedby="St_Linear-lbl" size="6">
</td>
<td>
<input id="St_S-Ramp" type="text" class="form-control" placeholder="St for S-Ramp" aria-label="St_S-Ramp" aria-
describedby="St_S-Ramp-lbl" size="6">
</td>
<td>
<input id="St_U-Ramp" type="text" class="form-control" placeholder="St for U-Ramp" aria-label="St_U-Ramp" aria-
describedby="St_U-Ramp-lbl" size="6">
</td>
</tr>
<tr>
<th>Overshoot, Hz</th>
<td>
<input id="Os_Linear" type="text" class="form-control" placeholder="Os for Linear" aria-label="Os_Linear" aria-
describedby="Os_Linear-lbl" size="6">
</td>
<td>
<input id="Os_S-Ramp" type="text" class="form-control" placeholder="Os for S-Ramp" aria-label="Os_S-Ramp" aria-
describedby="Os_S-Ramp-lbl" size="6">
</td>
<td>
<input id="Os_U-Ramp" type="text" class="form-control" placeholder="Os for U-Ramp" aria-label="Os_U-Ramp" aria-
describedby="Os_U-Ramp-lbl" size="6">
</td>
</tr>
<tr>
<th>Settling time, ms</th>
<td>
<input id="Sett_Linear" type="text" class="form-control" placeholder="Sett for Linear" aria-label="Sett_Linear" aria-
describedby="Sett_Linear-lbl" size="6">
</td>
<td>

```

```

        <input id="Sett_S-Ramp" type="text" class="form-control" placeholder="Sett for S-Ramp" aria-label="Sett_S-Ramp"
aria-describedby="Sett_S-Ramp-lbl" size="6">
    </td>
    <td>
        <input id="Sett_U-Ramp" type="text" class="form-control" placeholder="Sett for U-Ramp" aria-label="Sett_U-Ramp"
aria-describedby="Sett_U-Ramp-lbl" size="6">
    </td>
</tr>
<tr>
<th>Halt time, ms</th>
<td>
        <input id="Ht_Linear" type="text" class="form-control" placeholder="Ht for Linear" aria-label="Ht_Linear" aria-
describedby="Ht_Linear-lbl" size="6">
    </td>
<td>
        <input id="Ht_S-Ramp" type="text" class="form-control" placeholder="Ht for S-Ramp" aria-label="Ht_S-Ramp" aria-
describedby="Ht_S-Ramp-lbl" size="6">
    </td>
<td>
        <input id="Ht_U-Ramp" type="text" class="form-control" placeholder="Ht for U-Ramp" aria-label="Ht_U-Ramp" aria-
describedby="Ht_U-Ramp-lbl" size="6">
    </td>
</tr>
<tr>
<th>Screenshots</th>
<td>
        <!-- Button to trigger file input -->
        <button type="button" class="btn btn-primary " onclick="uploadImage('screenshot_r1')">Upload Image</button>

        <!-- Image display area -->

        <div>
            <p></p>
            </img>
        </div>

</td>
<td>
        <!-- Button to trigger file input -->
        <button type="button" class="btn btn-primary " onclick="uploadImage('screenshot_r2')">Upload Image</button>

        <!-- Image display area -->

        <div>
            <p></p>
            </img>
        </div>

</td>
<td>
        <!-- Button to trigger file input -->
        <button type="button" class="btn btn-primary " onclick="uploadImage('screenshot_r3')">Upload Image</button>

        <!-- Image display area -->

        <div>
            <p></p>
            </img>
        </div>

</td>
</tr>
</tbody>
</table>

```

<p>Which differences were you able to see between the ramp parametrisations? Which [Ramp Type] RPT do you think is the best fit for Passenger elevator applications?</p>

```

<div class="input-group mb-3">
    <div class="input-group-prepend">

```

```

        <span class="input-group-text" id="rampexp-lbl">3.1</span>
    </div>
    <textarea id="RampText" type="text" class="form-control" placeholder="Type your text here." aria-label="RampText" aria-
describedby="RampText-lbl"></textarea>
</div>

</div>

<!-- SAVE -->
<div class="tab-pane fade" id="save" role="tabpanel" aria-labelledby="save-tab">
<h2>Save your work </h2>
<div class="input-group mb-3">
    <div class="input-group-prepend">
        <span class="input-group-text">4.1</span>
        <span class="input-group-text" id="name-lbl">Date</span>
    </div>
    <input id="datum" type="text" class="form-control" readonly value="Date" placeholder="TB" aria-label="TB" aria-
describedby="tB-lbl">
</div>
<div class="input-group mb-3">
<div class="input-group-prepend">
    <span class="input-group-text">4.2</span>
    <span class="input-group-text" id="name-lbl">Key</span>
</div>
    <input id="key" type="text" class="form-control" readonly value="none" placeholder="TB" aria-label="TB" aria-
describedby="tB-lbl">
</div>

    <button type="button" class="btn btn-primary " style="width: 100%" onclick="generatePdfDocument();">Generate my report
as PDF!</button>

    <a id="pdfd" href="#" download>Download PDF (In case the file is not rendered)</a>
    <iframe id="pdf" style="width: 100%; height: 800px;"></iframe>

</div>

</div>
<!--<div>
    <iframe src="https://lab-elevator.nmu.org.ua/" title="Lab4All Elevator Experiment" style="width: 100%; height:
1000px;"></iframe>
</div-->
</div>

<!-- Function to handle image upload and display -->
<script type="text/javascript">

function uploadImage(imgId) {
    const imageContainer = document.getElementById(imgId);

    // Create an input element for file selection
    const fileInput = document.createElement('input');
    fileInput.type = 'file';
    fileInput.accept = 'image/*';

    // Add an event listener to handle file selection
    fileInput.addEventListener('change', function (event) {
        const file = event.target.files[0];

        if (file) {
            // Create a FileReader to read the selected image as a data URL
            const reader = new FileReader();
            reader.onload = function (e) {
                // Set the src and alt attributes of the existing image element
                imageContainer.src = e.target.result;
                imageContainer.alt = 'Uploaded Image';
                imageContainer.style.width = '100%'; // Adjust as needed
                imageContainer.style.height = 'auto'; // Maintain aspect ratio
            };
            reader.readAsDataURL(file);
        }
    });
}

```

```

    } else {
      // Handle case where no file was selected
      imageContainer.src = "";
      imageContainer.alt = 'No image selected';
    }
  });

  // Trigger the file input dialog
  fileInput.click();
}
</script>

<!-- PDF Generierung -->
<script type="text/javascript">

  // Config

  // ***** PDF Generierung *****
  async function generatePdfDocument() {

    const { PDFDocument, rgb } = PDFLib;
    //Startuhrzeit
    document.getElementById("datum").value = (new Date()).toString().substring(0,34);
    document.getElementById("key").value = "none";

    // Fetch the PDF with form fields
    const url = "report_en_dniprotech_template.pdf";
    const response = await fetch(url);

    if (response.ok) { // if HTTP-status is 200-299
      // get the response body (the method explained below)

    } else {
      alert("HTTP-Error: " + response.status);
    }

    let existingPdfBytes = await response.arrayBuffer();
    const pdfDoc = await PDFDocument.load(existingPdfBytes);

    const formUrl1 = document.getElementById('screenshot_c1').src;
    const formPdfBytes1 = await fetch(formUrl1).then(res => res.arrayBuffer())
    const formUrl2 = document.getElementById('screenshot_c2').src;
    const formPdfBytes2 = await fetch(formUrl2).then(res => res.arrayBuffer())
    const formUrl3 = document.getElementById('screenshot_c3').src;
    const formPdfBytes3 = await fetch(formUrl3).then(res => res.arrayBuffer())
    const formUrl4 = document.getElementById('screenshot_r1').src;
    const formPdfBytes4 = await fetch(formUrl4).then(res => res.arrayBuffer())
    const formUrl5 = document.getElementById('screenshot_r2').src;
    const formPdfBytes5 = await fetch(formUrl5).then(res => res.arrayBuffer())
    const formUrl6 = document.getElementById('screenshot_r3').src;
    const formPdfBytes6 = await fetch(formUrl6).then(res => res.arrayBuffer())

    const fig1 = await pdfDoc.embedPng(formPdfBytes1);
    const fig2 = await pdfDoc.embedPng(formPdfBytes2);
    const fig3 = await pdfDoc.embedPng(formPdfBytes3);
    const fig4 = await pdfDoc.embedPng(formPdfBytes4);
    const fig5 = await pdfDoc.embedPng(formPdfBytes5);
    const fig6 = await pdfDoc.embedPng(formPdfBytes6);

    var pages = pdfDoc.getPages();

    // Get all fields
    var form = pdfDoc.getForm();

    const ImageField1 = form.getButton('screenshot_c1');
    const ImageField2 = form.getButton('screenshot_c2');
    const ImageField3 = form.getButton('screenshot_c3');
    const ImageField4 = form.getButton('screenshot_r1');
    const ImageField5 = form.getButton('screenshot_r2');
    const ImageField6 = form.getButton('screenshot_r3');

```

```

// Set fields Section 2
setField(form, 'matNr', 'matNr');
setField(form, 'name', 'name');

setField(form, 'P_Overshoot', 'P_Overshoot');
setField(form, 'P_NoOvershoot', 'P_NoOvershoot');
setField(form, 'P_BestOpt', 'P_BestOpt');

setField(form, 'I_Overshoot', 'I_Overshoot');
setField(form, 'I_NoOvershoot', 'I_NoOvershoot');
setField(form, 'I_BestOpt', 'I_BestOpt');

setField(form, 'St_Overshoot', 'St_Overshoot');
setField(form, 'St_NoOvershoot', 'St_NoOvershoot');
setField(form, 'St_BestOpt', 'St_BestOpt');

setField(form, 'Os_Overshoot', 'Os_Overshoot');
setField(form, 'Os_NoOvershoot', 'Os_NoOvershoot');
setField(form, 'Os_BestOpt', 'Os_BestOpt');

setField(form, 'Sett_Overshoot', 'Sett_Overshoot');
setField(form, 'Sett_NoOvershoot', 'Sett_NoOvershoot');
setField(form, 'Sett_BestOpt', 'Sett_BestOpt');

setField(form, 'Ht_Overshoot', 'Ht_Overshoot');
setField(form, 'Ht_NoOvershoot', 'Ht_NoOvershoot');
setField(form, 'Ht_BestOpt', 'Ht_BestOpt');

setField(form, 'ControllerText', 'ControllerText');

await ImageField1.setImage(fig1);
await ImageField2.setImage(fig2);
await ImageField3.setImage(fig3);

// Set fields Section 3

setField(form, 'ACC_Linear', 'ACC_Linear');
setField(form, 'ACC_S-Ramp', 'ACC_S-Ramp');
setField(form, 'ACC_U-Ramp', 'ACC_U-Ramp');

setField(form, 'DEC_Linear', 'DEC_Linear');
setField(form, 'DEC_S-Ramp', 'DEC_S-Ramp');
setField(form, 'DEC_U-Ramp', 'DEC_U-Ramp');

setField(form, 'St_Linear', 'St_Linear');
setField(form, 'St_S-Ramp', 'St_S-Ramp');
setField(form, 'St_U-Ramp', 'St_U-Ramp');

setField(form, 'Os_Linear', 'Os_Linear');
setField(form, 'Os_S-Ramp', 'Os_S-Ramp');
setField(form, 'Os_U-Ramp', 'Os_U-Ramp');

setField(form, 'Sett_Linear', 'Sett_Linear');
setField(form, 'Sett_S-Ramp', 'Sett_S-Ramp');
setField(form, 'Sett_U-Ramp', 'Sett_U-Ramp');

setField(form, 'Ht_Linear', 'Ht_Linear');
setField(form, 'Ht_S-Ramp', 'Ht_S-Ramp');
setField(form, 'Ht_U-Ramp', 'Ht_U-Ramp');

setField(form, 'RampText', 'RampText');

await ImageField4.setImage(fig4);
await ImageField5.setImage(fig5);
await ImageField6.setImage(fig6);

// Set fields Section 4

```

```

setField(form, 'datum', 'datum');
setField(form, 'key', 'key');

//const pdfDataUri = await pdfDoc.saveAsBase64({ dataUri: true });
//document.getElementById('pdf').src = pdfDataUri;
//document.getElementById('pdfd').href = pdfDataUri;
const pdfBytes = await pdfDoc.save();
renderInIframe(pdfBytes);

}

function setField(form, field, id) {
  var fld = form.getTextField(field);
  fld.setText(document.getElementById(id).value);
}

const renderInIframe = (pdfBytes) => {
  const blob = new Blob([pdfBytes], { type: 'application/pdf' });
  const blobUrl = URL.createObjectURL(blob);
  document.getElementById('pdf').src = blobUrl;
  document.getElementById('pdfd').href = blobUrl;
};

// ***** END PDF Generierung *****

function init() {
  if (navigator.language == "de-de" || navigator.language == "de") {
    console.log("Lang: " + navigator.language + ". Content in German");
    document.getElementById("root").lang = "de-de";
  }
  else {
    console.log("Lang: " + navigator.language + ". Content in English");
    document.getElementById("root").lang = "en";
  }
  $('#selectExperiment').modal('show');
}

</script>
<script src="https://cdn.plot.ly/plotly-latest.js" charset="utf-8"></script>
<script src="https://www.gstatic.com/charts/loader.js"></script>
<script>
  MathJax = {
    chtml: {
      scale: 0.87,          // global scaling factor for all expressions
      minScale: .5,        // smallest scaling factor to use
      matchFontHeight: true, // true to match ex-height of surrounding font
      mtextInheritFont: false, // true to make mtext elements use surrounding font
      merrrorInheritFont: false, // true to make merrror text use surrounding font
      mtextFont: "",        // font to use for mtext, if not inheriting (empty means use MathJax fonts)
      merrrorFont: 'serif', // font to use for merrror, if not inheriting (empty means use MathJax fonts)
      mathmlSpacing: false, // true for MathML spacing rules, false for TeX rules
      skipAttributes: {},   // RFDa and other attributes NOT to copy to the output
      exFactor: .5,        // default size of ex in em units
      displayAlign: 'center', // default for indentalign when set to 'auto'
      displayIndent: '0'    // default for indentshift when set to 'auto'
    }
  };
</script>

<script src="https://polyfill.io/v3/polyfill.min.js?features=es6"></script>
<script id="MathJax-script" async src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/mathjax@3/es5/tex-mml-cthtml.js"></script>

<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.2.1.slim.min.js" integrity="sha384-
KJ3o2DKtIkVYIK3UENzmM7KCKRr/rE9/Qpg6aAZGJwFDMVNA/GpGFF93hXpG5KkN" crossorigin="anonymous"></script>
<script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/popper.js/1.12.9/umd/popper.min.js" integrity="sha384-
ApNbgh9B+Y1QKtv3Rn7W3mgPxhU9K/ScQsAP7hUibX39j7fakFPskvXusvfa0b4Q" crossorigin="anonymous"></script>
<script src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.0.0/js/bootstrap.min.js" integrity="sha384-
JZR6Spejh4U02d8jOt6vLEHfe/JQGiRRSQQxSfFWpi1MquVdAyjUar5+76PVCmYI" crossorigin="anonymous"></script>
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/gh/gitbrent/bootstrap4-toggle@3.6.1/js/bootstrap4-toggle.min.js"></script>
<script src="https://unpkg.com/pdf-lib@1.16.0/dist/pdf-lib.min.js"></script>

```

```
</body>
</html>
```

Файл app.css

```
@import url('https://fonts.googleapis.com/css2?family=Source+Sans+Pro:wght@200;300;400;600&display=swap');
```

```
body:not(.theme-preset-active) #page-sub-header h1
{
    color:var(--primary);
    line-height: 1.1;
    font-weight:500;
}
```

```
/* Header color*/
header#masthead{background-color: var(--primary);}
```

```
/* Body format*/
body{font-size: 1.25rem;
    font-weight:300; }
```

```
h1.entry-title{color:var(--primary);
    font-size: 1.75rem;
    font-weight: 300;}
```

```
h1{color:var(--primary);
    font-size:2.5rem;
    font-weight:600;}
```

```
h1, h2, h3, h4, h5, h6 {
    font-family: 'Source Sans Pro', sans-serif;
}
```

```
body {
    font-family: 'Source Sans Pro', sans-serif;
}
```

```
.navbar-brand a {
    font-family: 'Source Sans Pro', sans-serif;
    font-size:1.5rem;
    font-weight:300;
}
```

```
:root {
    --tec-blue1:#0076bd;
    --tec-blue0:#0076bd;
    --primary: var(--tec-blue1);
    --secondary: #00757d;
    --success: #28a745;
    --info: #17a2b8;
    --warning: #ffc107;
    --danger: #dc3545;
    --light: #f8f9fa;
    --dark: #343a40;
    --breakpoint-xs: 0;
    --breakpoint-sm: 576px;
    --breakpoint-md: 768px;
    --breakpoint-lg: 992px;
    --breakpoint-xl: 1200px;
    --font-family-sans-serif: 'Source Sans Pro', sans-serif;
}
```

```
/* CSS to control table layout */
table {
    table-layout: fixed;
    width: 100%;
}
```

```
td {
```

```

word-wrap: break-word; /* Wrap long text */
max-width: 33%; /* Set a fixed width for table cells */
}

img {
max-width: 100%; /* Ensure images don't exceed the cell width */
height: auto;
}

```

Файл report_en_dniprotech_template.pdf

Control Engineering
 Innovative Energy Systems
 LAB Experiments



Report

Elevator experiment

General information

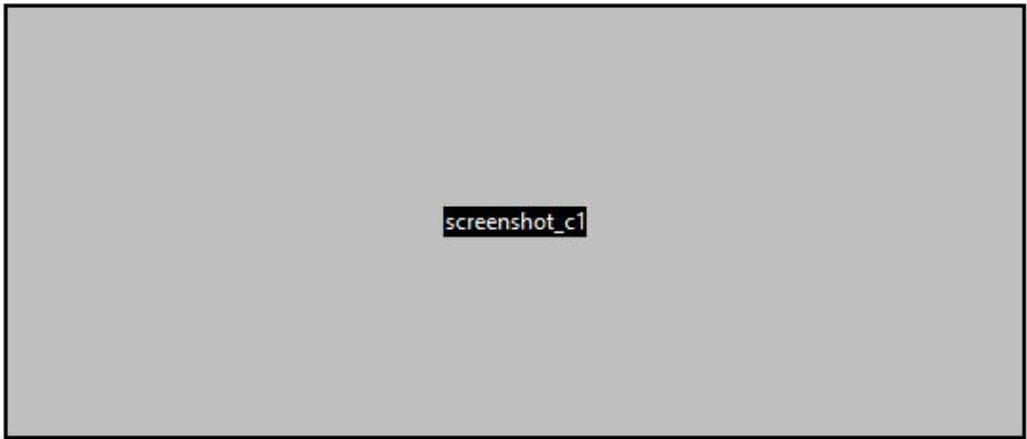
1.1 Registration number	<input type="text" value="matNr"/>
1.2 Last name, First name	<input type="text" value="name"/>
1.3 Test bench	Elevator

Controller

Parameter	Controller with overshoot	Controller without overshoot	Best set of parameters
Proportional gain	<input type="text" value="P_Overshoot"/>	<input type="text" value="P_NoOvershoot"/>	<input type="text" value="P_BestOpt"/>
Integral gain	<input type="text" value="I_Overshoot"/>	<input type="text" value="I_NoOvershoot"/>	<input type="text" value="I_BestOpt"/>
Step time, ms	<input type="text" value="St_Overshoot"/>	<input type="text" value="St_NoOvershoot"/>	<input type="text" value="St_BestOpt"/>
Overshoot, Hz	<input type="text" value="Os_Overshoot"/>	<input type="text" value="Os_NoOvershoot"/>	<input type="text" value="Os_BestOpt"/>
Settling time, ms	<input type="text" value="Sett_Overshoot"/>	<input type="text" value="Sett_NoOvershoot"/>	<input type="text" value="Sett_BestOpt"/>
Halt time, ms	<input type="text" value="Ht_Overshoot"/>	<input type="text" value="Ht_NoOvershoot"/>	<input type="text" value="Ht_BestOpt"/>

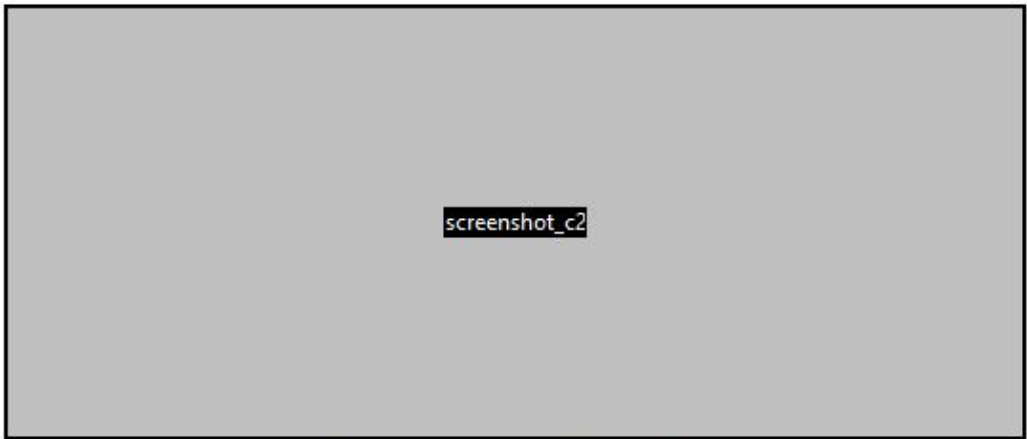
2.1 Which differences were you able to see between the controller parametrizations?

ControllerText



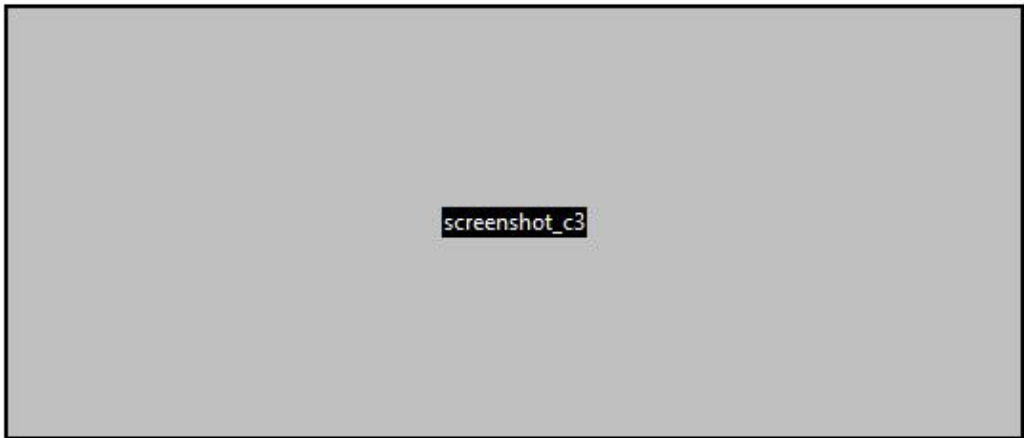
screenshot_c1

Fig. 1. Controller with overshoot



screenshot_c2

Fig. 2. Controller without overshoot



screenshot_c3

Fig. 3. Best fit

Ramp

Parameter	Linear	S-Ramp	U-ramp
ACC, s	ACC_Linear	ACC_S-Ramp	ACC_U-Ramp
DEC, s	DEC_Linear	DEC_S-Ramp	DEC_U-Ramp
Step time, ms	St_Linear	St_S-Ramp	St_U-Ramp
Overshoot, Hz	Os_Linear	Os_S-Ramp	Os_U-Ramp
Settling time, ms	Sett_Linear	Sett_S-Ramp	Sett_U-Ramp
Halt time, ms	Ht_Linear	Ht_S-Ramp	Ht_U-Ramp

3.1 Which differences were you able to see between the ramp parametrisations? Which [Ramp Type] RPT do you think is the best fit for Passenger elevator applications?

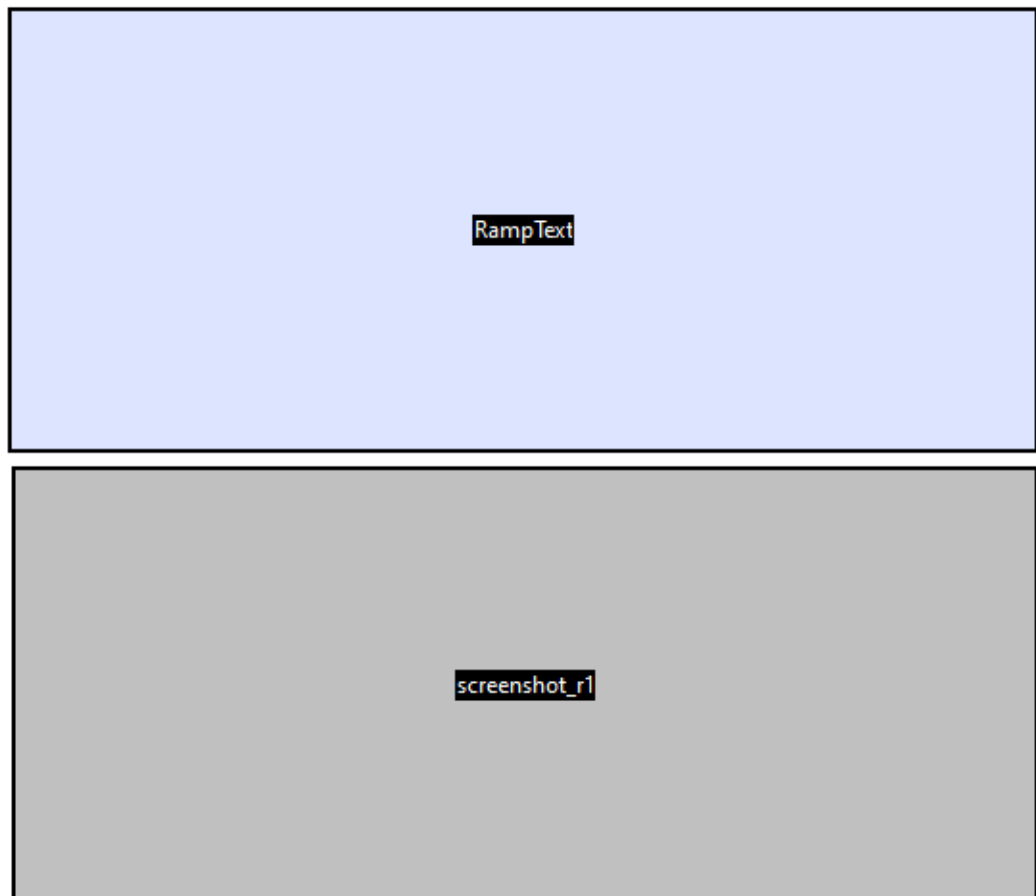


Fig. 4. Linear ramp



Fig. 5. S-ramp



Fig. 6. U-ramp

General data	
4.1 Date	datum
4.2 Key	key

Додаток Г. ПЕРЕЛІК ДОКУМЕНТІВ НА ОПТИЧНОМУ НОСІЇ

Ім'я файла	Опис
Пояснювальні документи	
ДяченкоГГ_121м-22з-1_ПЗ.docx	Пояснювальна записка роботи. Документ Word.
ДяченкоГГ_121м-22з-1_ПЗ.pdf	Пояснювальна записка роботи в форматі PDF
Програма	
Program.rar	Архів. Містить коди програми
Презентація	
ДяченкоГГ_121м-22з-1_ДМ.pptx	Презентація роботи