

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра інформаційних та комп'ютерних технологій

Дипломна магістерська робота

на тему «Комп'ютерно-інтегрована система керування переміщенням
мобільних стелажів»

Виконав: студент групи МгАК-21
спеціальності 151 – Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
за освітньою програмою
Комп'ютерно-інтегровані
технологічні процеси і виробництва

Олександр КОРЖ

Керівник к.т.н., доц. Валерія ДРОМЕНКО

Рецензент к.ф.-м.н., доц. Юрій ПИЛИПЕНКО

Київ 2022

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра інформаційних та комп'ютерних технологій

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІКТ

доц., к.т.н. Владислава СКІДАН

«14» листопада 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

КОРЖУ Олександрю Олексійовичу

1. Тема роботи: Комп'ютерно-інтегрована система керування переміщенням мобільних стелажів

Науковий керівник роботи Дроменко В.Б. кандидат технічних наук, доцент,

затвержені наказом вищого навчального закладу від «28» вересня 2022 року № 180 уч

2. Строк подання студентом роботи 08.11.2022.

3. Вихідні дані до роботи: 12 відсіків мобільних стелажів з максимальною масою навантаженого відсіку до 350 000 кг; функціонування при температурі навколишнього середовища від мінус 30°C до плюс 30°C і відносній вологості до 85 %.

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Розділ 1. Дослідження та аналіз об'єкту керування і елементів системи. Розділ 2. Обґрунтування апаратної платформи комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів. Розділ 3. Розрахунок електричних кіл комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів. Розділ 4. Розроблення програми керування для контролера. Загальні висновки.

5. Консультанти розділів дипломної магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Розділ 1	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Розділ 2	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Розділ 3	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Розділ 4	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		
Висновки	Дроменко В.Б., к.т.н., доц.		

6. Дата видачі завдання 12.09.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної магістерської роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	19.09.2022	
2	Розділ 1 Дослідження та аналіз об'єкту керування і елементів системи	26.09.2022	
3	Розділ 2 Обґрунтування апаратної платформи комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів	5.10.2022	
4	Розділ 3 Розрахунок електричних кіл комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів	15.10.2022	
5	Розділ 4. Розроблення програми керування для контролера	25.10.2022	
6	Висновки	1.11.2022	
7	Оформлення дипломної магістерської роботи (чистовий варіант)	7.11.2022	
8	Здача дипломної магістерської роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	8.11.2022	
9	Перевірка дипломної магістерської роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	11.11.2022 13.11.22	13% - 10%
10	Подання дипломної магістерської роботи у відділ магістратури для перевірки виконання до індивідуального навчального плану (за 10 днів до захисту)	11.11.2022	
11	Подання дипломної магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)	14.11.2022	

Студент
Науковий керівник роботи
Директор НМЦУПФ

Олександр КОРЖ
Валерія ДРОМЕНКО
Олена ГРИГОРЕВСЬКА

АНОТАЦІЯ

Корж О.О. Комп'ютерно-інтегрована система керування переміщенням мобільних стелажів. – Рукопис.

Дипломна магістерська робота за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва). – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2022 рік.

Дипломну магістерську роботу присвячено дослідженню технічних рішень для функціонування комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів, що складається з 12 відсіків з максимальною масою навантаженого відсіку до 350 000 кг. Запропоноване рішення стосується галузі автоматизації і керування.

Досліджувана комп'ютерно-інтегрована система керування переміщенням мобільних стелажів забезпечує безпеку функціонування і можливість керування як дистанційно через мережу Ethernet, так і локально через панель керування, що встановлена на кожному відсіку. Система датчиків світлової і звукової сигналізації дозволяє контролювати наявність перешкод на шляху переміщення і наявність об'єктів в робочій зоні в процесі переміщення відсіків. Система контролю забезпечує безпеку роботи і для електронних пристроїв у разі перегрівання, електричного пробоя або короткого замикання у виконавчих пристроях або електричних колах. Оперативне реагування на сигнали від датчиків та інформування оператора про стан системи відбувається через розроблену програму для контролера.

Ключові слова: переміщення мобільних стелажів, комп'ютерно-інтегрована система керування, система контролю, програма для контролера.

ABSTRACT

Korzh O.O. Computer-integrated system for managing the movement of mobile racks. - Manuscript.

Master's thesis in specialty 151 – Automation and computer-integrated technologies (Computer-integrated technological processes and production). – Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2022.

The master's thesis is devoted to the study of technical solutions for the operation of a computer-integrated system for managing the movement of mobile racks, consisting of 12 compartments with a maximum weight of a loaded compartment of up to 350 000 kg. The proposed solution concerns the field of automation and control.

The researched computer-integrated system for managing the movement of mobile racks ensures the safety of operation and the ability to control both remotely via an Ethernet network and locally via a control panel installed on each compartment. The system of light and sound signaling sensors allows you to monitor the presence of obstacles on the way of movement and the presence of objects in the working area during the movement of compartments. The control system ensures the safety of operation and for electronic devices in case of overheating, electrical breakdown or short circuit in executive devices or electrical circuits. Prompt response to signals from sensors and informing the operator about the state of the system takes place through the developed program for the controller.

Keywords: moving mobile racks, computer-integrated control system, controller program.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

$ЧВ\%$ – відносний час ввімкнення електродвигуна;

$S_{\text{зазору}}$ – відстань між бічними поверхнями відсіків в зімкнутому стані і між бічною поверхнею відсіку і стінами складу;

P_{min} – необхідна потужність;

M_{min} – необхідний момент на валу двигуна;

ρ – питомий опір дроту, Ом·мм²/м;

F_F – сила опору коченню;

F_V – загальний опір пересуванню візка від статичних навантажень;

$F_{\text{опору.повітря}}$ – сила опору зустрічного повітря;

$F_{\text{ухилу}}$ – сила опору на ухил шляху;

l – довжина дроту, м;

S – площа поперечного перерізу дроту, мм²;

$S1, S2, S3, S4$ – режим роботи електродвигуна;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга живлення;

V – швидкість переміщення;

η_T – ККД приводної системи;

ω – кутова швидкість обертання валу двигуна;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ОБК – основний блок керування;

ПЧ – перетворювач частоти.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ І ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ	13
1.1. Система автоматизованого керування переміщенням мобільних стелажів.....	13
1.2. Система контролю	14
1.3. Режими роботи системи.....	16
1.3.1. Рух в автоматичному режимі	16
1.3.2. Рух в ручному (аварійному) режимі роботи.....	17
1.4. Вимоги до пуско-налагоджувальних робіт.....	18
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	19
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯМ МОБІЛЬНИХ СТЕЛАЖІВ	20
2.1. Розрахунок виконавчих елементів системи.....	21
2.1.1. Режим роботи електроприводу	21
2.1.2. ККД приводної системи	23
2.1.3. Загальний опір пересуванню візка від статичних навантажень	23
2.1.4. Побудова діаграми навантаження і діаграми швидкості	25
2.1.5. Визначення необхідного моменту приведенного до валу електродвигуна	25
2.1.6. Визначення необхідного динамічного моменту приведенного до валу електродвигуна	27
2.1.7. Визначення еквівалентного моменту і потужності електродвигуна	28
2.1.8. Визначення необхідної потужності для роботи електродвигуна	29
2.1.9. Розрахунок передавального числа редуктора	30
2.1.10. Вибір мотора-редуктора	31
2.1.11. Перевірка приводу на пробуксування провідних коліс	32
2.1.12. Час аварійного гальмування.....	33
2.2. Елементи керування і контролю системи.....	34
2.2.1. Вибір частотного перетворювача.....	34
2.2.2. Вибір датчиків для системи контролю	38
2.2.2.1. Датчик світлового затвора відсіку	39
2.2.2.2. Датчик контролю положення стелажів один відносно одного	40

2.2.2.3. Датчик положення відсіку в складському просторі.....	42
2.2.2.4. Датчики фронтального світлового затвора	42
2.3. Система сповіщення про переміщення	43
2.3.1. Звукова система сповіщення	43
2.3.2. Візуально-світлова система сповіщення.....	44
2.4. Термінали керування	45
2.4.1. Термінал дистанційного керування (автоматичний режим)	46
2.4.2. Термінал керування відсіками в ручному режимі.....	48
2.5. Контролер автоматичного керування переміщенням мобільних стелажів.....	48
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	50
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ КОМП'ЮТЕРНО- ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯМ МОБІЛЬНИХ СТЕЛАЖІВ	51
3.1. Струми електричного кола 3*380 В.....	51
3.2. Струми електричного кола 24 В.....	52
3.2.1. Розрахунок струмів і елементів вузла кола ручного керування відсіку мобільних стелажів	52
3.2.2. Розрахунок струмів і елементів пульта керування	56
3.2.3. Розрахунок струмів і елементів ОБК	58
3.2.4. Розрахунок струмів і елементів в звуковій системі сповіщення	60
3.2.5. Струми, що протікають в колі 24 В	61
3.3. Перерізи провідників	62
3.3.1. Переріз провідників для мережі 3*380 В.....	62
3.3.2. Переріз провідників для мережі 24 В	63
3.3.3. Струми короткого замикання.....	64
3.3.4. Вибір елементів захисту електричних кіл і перетворювачів	65
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	66
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМИ КЕРУВАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЕРА.....	67
4.1. Налаштування модулів	67
4.2. Налаштування портів.....	67
4.3. Програма керування.....	68
4.3.1. Основна програма мовою FBD	69
4.3.2. Підпрограма AVARIA_STOP мовою FBD	74

4.3.3. Підпрограма CLOCK мовою FBD.....	77
4.3.4. Підпрограма CLOCK2 мовою FBD.....	77
4.3.5. Підпрограма OTCEK_DH_STOP мовою FBD.....	78
4.3.6. Підпрограма PRIVOD_CONTROL мовою FBD.....	79
4.4. Налагодження програми.....	80
4.5. Дистанційне керування переміщенням мобільних стелажів через мережу Ethernet.....	81
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4.....	82
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	84
Додатки.....	87
Додаток А.....	88
Додаток Б.....	90
Додаток В.....	96
Додаток Г.....	109

ВСТУП

Мобільні стелажі (також звані: пересувні стелажі, перекатні стелажі, розсувні стелажі) призначені для максимізації місткості зберігання складу зі збереженням доступу до кожної адреси зберігання у будь-який момент часу.

Мобільні стелажі є здвоєними рядами вантажних стелажів, які встановлюються на мобільні основи, де за допомогою електроприводів та систем автоматизації відбувається їх пересування по рейкових направляючих, які вмонтованим в підлогу складського приміщення.

Актуальність теми дипломної роботи. Такий тип стелажного зберігання особливо актуальний на складах з високими експлуатаційними витратами (холодильні склади, приміщення з мікрокліматом). Застосування мобільних стелажів залишає на загальній площі всього один або декілька проїздів між стелажима. Переміщаючи мобільні основи, оператор може відкрити проїзд в потрібному місці і отримати доступ до будь-якої адреси зберігання.

Якщо порівнювати мобільні стелажі, із звичайними фронтальними, висотними і вузькопрохідними, то результатом буде значна економія площі складу. Застосування мобільних стелажів дозволяє збільшити місткість зберігання складського приміщення у 1,5-2 рази в порівнянні із застосуванням стаціонарних фронтальних стелажів.

Метою дослідження дипломної роботи є розроблення комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів.

Завдання дослідження які були поставлені у дипломній магістерській роботі:

- 1) розрахувати і підібрати найбільш оптимальні елементи системи керування, які забезпечують безпечне переміщення відсіків мобільних стелажів по рейкових направляючих в заданий інтервал часу;
- 2) спроектувати систему з можливістю дистанційного керування з єдиної панелі оператора. Забезпечити можливість локального керування відсіками усередині складського комплексу. Для цього необхідно:

- розрахувати параметри навантажень електродвигуна, визначити їх кількість і розташування на один відсік;
- визначити систему керування пуском, гальмування і супроводу при переміщенні відсіків;
- вибрати елементи забезпечення безпеки в процесі переміщення відсіків;
- вибрати перерізи провідників і їх з'єднання з елементами системи;
- визначити систему сповіщення при переміщенні відсіків (звукова і візуальна);
- визначити елементи керування системою (пульти керування);
- розробити програму керування для контролера.

Об'єктом дослідження є процес керування переміщенням мобільних стелажів.

Предметом дослідження дипломної магістерської роботи є методи і засоби створення та реалізації комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів.

У процесі роботи над роботою було використано такі **методи дослідження**:

- спостереження;
- аналізу та синтезу;
- порівняння;
- комп'ютерного моделювання.

Інформаційна база дослідження: при написанні дипломної магістерської роботи використані наукові публікації та технічна література з методів і засобів створення та реалізації комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів, а також документація офіційних виробників приладів з фондів бібліотеки КНУТД, Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського та глобальної мережі Інтернет.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що на основі аналізу існуючих систем керування переміщенням мобільних стелажів запропоновано нові технологічні прийоми та рішення, які дають можливість

безпечної експлуатації переміщенням мобільних стелажів в дистанційному або локальному режимах.

Практичне значення одержаних результатів: запропонована модель комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів є більш енергоефективною у порівнянні з існуючими, а також відповідає основним вимогам доступності обладнання та його невисокої вартості.

Апробація результатів магістерської роботи: результати доповідались та обговорювались на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Мехатронні системи: інновації та інжиніринг», 24 листопада 2022 року, м. Київ (Додаток Г).

Структура і обсяг роботи: робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (25 найменування), 4 додатків. Загальний обсяг магістерської роботи 86 сторінок комп'ютерного тексту.

РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ І ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ

Об'єктом керування є встановлювана на рейкові шляхи спеціальна мобільна основа на колісній базі. На мобільну основу встановлюються палетні стелажі. Переміщення мобільних стелажів (далі стелажів) здійснюється по рейковому шляху за допомогою електродвигунів. Пересувні стелажі оснащені системою керування, яка забезпечує синхронну роботу усіх електродвигунів, і має систему датчиків контролю, що дозволяє гарантувати безпечну роботу для людини в зоні переміщення стелажів (рис. 1.1) [1].

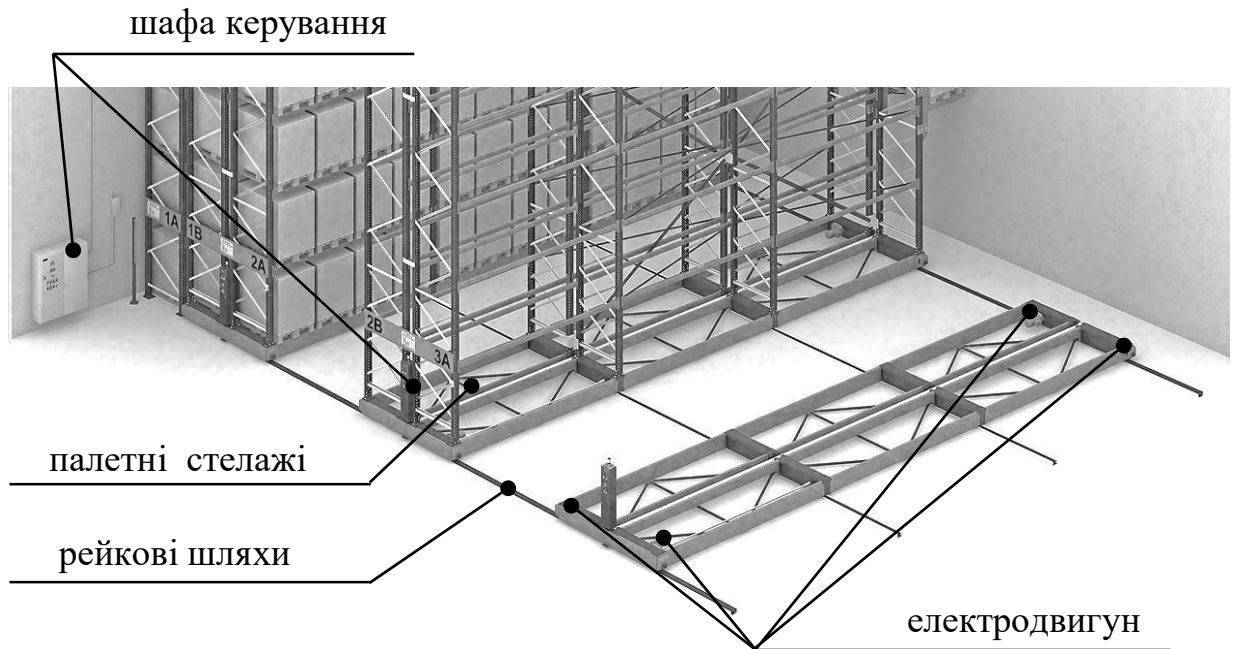


Рис. 1.1 – Конструкція мобільних відсіків

1.1. Система автоматизованого керування переміщенням мобільних стелажів

Переміщення мобільних стелажів керується і контролюється основним блоком керування (ОБК). ОБК змонтований в шафі керування. Шафа керування може знаходитися поза основним приміщенням, але у безпосередній близькості до нього.

Усі сигнали проходять через ОБК (рис. 1.2), оцінюються і потім формується сигнал для керування.

Рух відсіків (мобільних стелажів) забезпечується електроприводами. На кожному відсіку встановлено декілька електроприводів, які через редуктор зв'язані з валом шасі. Електроприводи керуються за допомогою подачі сигналів з ОБК на частотний трифазний перетворювач, який забезпечує плавний пуск і гальмування групи електроприводів, встановлених на відсіку. Електропривод буде знаходитися в активному режимі, доки мобільний стелаж не досягне нового положення.

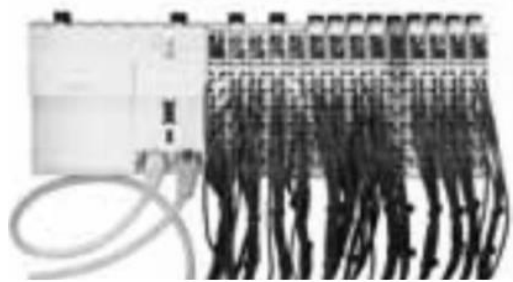


Рис. 1.2 – Основний блок керування

Для ручного керування переміщенням стелажів на території складського комплексу на кожному стелажному модулі, знаходяться кнопки пуску руху і «аварійної зупинки».

1.2. Система контролю

Комплекс має ряд датчиків (систем контролю), розташованих як на відсіках, так і в приміщенні складського комплексу.

Живлення і усі сигнали передаються на відсіки через кабелеукладальні кола (рис. 1.3), які монтуються на стелі.



Рис. 1.3 – Кабелеукладальне коло

Застосовувані у відсіках датчики представлені наступними групами:

- 1) датчики світлового затвора (рис. 1.4) – забезпечують контроль відсутності предметів на шляху руху стелажу. Масивний косинець

служить захистом світлового затвора на візку від механічних ушкоджень [2-3].

- 2) датчик контролю положення стелажів відносно один одного (рис. 1.4). На косинець, що захищає світловий затор, кріпитися датчик положення, який забезпечує своєчасний контроль положення стелажів (відсіків) щодо один одного.



Рис. 1.4 – Кріплення датчиків світлового затвора і положення на відсіку

Датчики, які розташовані усередині складського комплексу, представлені наступними групами:

- 1) датчик положення. Комплекс міток і датчиків, розташованих на відсіках і кріпильних панелях складського комплексу. Кріпильна панель з міткою монтується на верхній точці стелажу. Датчик встановлюється на кріпильну панель, приєднану до стелі складського комплексу. При перетині датчиком контрольної мітки відбувається визначення положення відсіку.
- 2) Фронтальний світловий затвор. Розпізнає присутність штабелера або людини в робочій зоні (коридорі), забезпечуючи високі вимоги техніки безпеки (рис. 1.5).

У разі знаходження об'єктів в робочій зоні, при дистанційній подачі команди на переміщення відсіків, виконує блокування цієї команди до моменту покидання об'єктом робочої зони, або до підтвердження виконання

команди з пульта ручного керування, що знаходиться в зоні складського комплексу. Схема розташування фронтальних світлових затворів наведена на рис. 1.6.



Рис. 1.5 –Кріплення датчиків на фронтальному світловому затворі

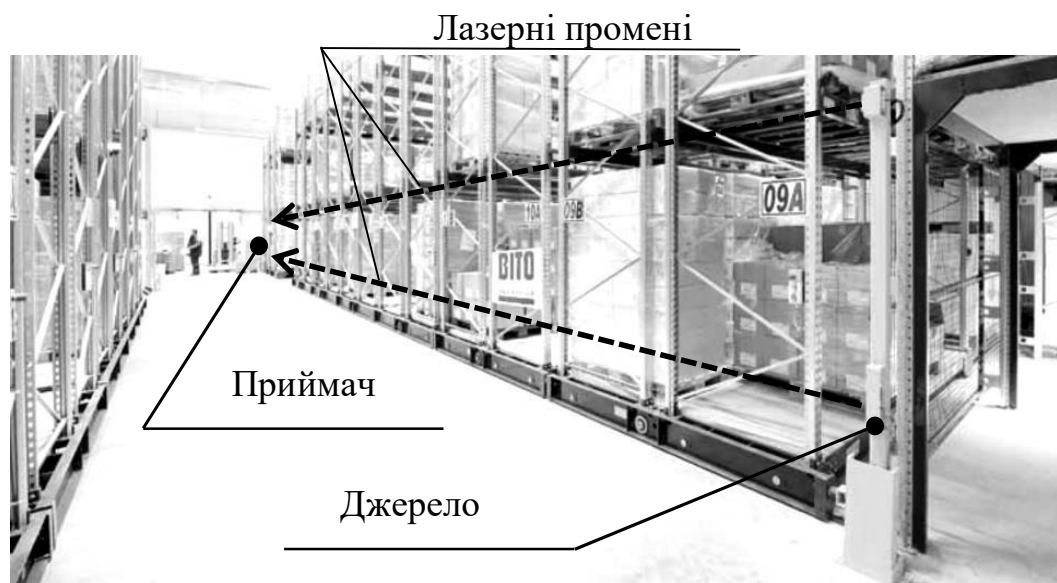


Рис. 1.6 – Положення світлових затворів в робочій зоні

1.3. Режими роботи системи

Комплекс може працювати як в автоматичному, так і в ручному (аварійному) режимі керування.

1.3.1. Рух в автоматичному режимі

Запуск автоматичного режиму керування можливий тільки після контролю проходу і його звільнення. Система може бути переведена в

«АВТОМАТИЧНИЙ РЕЖИМ» відповідним положенням перемикача, розташованим на панелі шафи керування.

Після переведення системи в «АВТОМАТИЧНИЙ РЕЖИМ» система контролює працездатність усіх датчиків і встановлює усі відсіки в початкове положення (крайнє ліве, із звільненням проїзду з правого боку).

Після подачі дистанційної команди на ОБК про вивільнення певного проходу між стелажими, система керування обробляє інформацію з датчиків і приводить в дію електроприводи тих стелажів, що необхідно перемістити.

Перед початком руху стелажів, обов'язково відбувається сповіщення звуковим сигналом тривалістю 5 секунд. Сповіщення світловим застережливим сигналом триває упродовж переміщення стелажів і відключається тільки після повної зупинки усіх електродвигунів.

Електродвигуни зупиняються після досягнення відсіку крайнього положення.

1.3.2. Рух в ручному (аварійному) режимі роботи

Перехід в цей режим здійснюється шляхом переведення перемикача в положення «РУЧНЕ КЕРУВАННЯ», розташованим на панелі шафи керування.

Робота системи в аварійному режимі позначається світловим сигналом і має обмежені функціональні можливості.

При застосування аварійного режиму у будь-який момент часу може рухатися тільки один відсік, керування яким здійснюється з панелі, яка розташована на торці кожного відсіку.

Вибір напрямку руху в аварійному режимі здійснюється натисненням на кнопку що відповідає вибраному напрямку переміщення. На пульті є присутніми індикатори, які інформують оператора про можливий напрям переміщення. Після натиснення на кнопку з відповідним напрямком руху, відбувається переміщення відсіку. Для зупинки переміщення, операторові необхідно натиснути кнопку «СТОП», відсік при цьому перейде в режим гальмування.

Якщо оператор не встигне вчасно натиснути кнопку «СТОП», то відсік перейде в режим гальмування при спрацьовуванні датчиків положення, які реагують на зближення відсіків з перешкодою.

При ручному керуванні функціонують датчики світлового затвора. У разі виявлення на шляху переміщення відсіку перешкоди, відсік перейде в режим гальмування і обмежить можливість переміщення до усунення перешкоди на шляху.

1.4. Вимоги до пуско-налагоджувальних робіт

Уся система мобільних стелажів може бути запущена в роботу якщо:

- 1) усі пристрої безпеки працюють і знаходяться в справному стані;
- 2) на рейкових шляхах немає предметів, що заважають руху;
- 3) у робочій зоні (проході) відсутні предмети і люди;
- 4) пуск електродвигунів контролюється фахівцями.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Розглянуті та проаналізовані об'єкт керування, функціональні вузли та елементи системи керування переміщенням мобільних стелажів. Проведений аналіз датчиків, які забезпечують систему контролю переміщенням мобільних стелажів, режимів роботи системи керування.
2. Сформовані вимоги до пуско-налагоджувальних робіт системи керування переміщенням мобільних стелажів. Уся система мобільних стелажів може бути запущена в роботу якщо:
 - усі пристрої безпеки працюють і знаходяться в справному стані;
 - на рейкових шляхах немає предметів, що заважають руху;
 - у робочій зоні (проході) відсутні предмети і люди;
 - пуск електродвигунів контролюється фахівцями.
3. Враховуючи вимоги до пуско-налагоджувальних робіт визначено, що розроблювана комп'ютерно-інтегрована система керування переміщенням мобільних стелажів повинна містити у своєму складі наступні елементи:
 - 1) електродвигуни;
 - 2) систему плавного пуску і гальмування;
 - 3) датчики контролю положення стелажів;
 - 4) датчики забезпечення безпеки переміщення;
 - 5) контролерну програму керування;
 - б) можливість роботи в ручному режимі керування.

РОЗДІЛ 2.
ОБҐРУНТУВАННЯ АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ КОМП'ЮТЕРНО-
ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯМ
МОБІЛЬНИХ СТЕЛАЖІВ

Для забезпечення переміщення відсіків мобільних стелажів необхідно визначити кількість електродвигунів, розрахувати їх параметри і вибрати систему керування пуском, гальмуванням і супроводом в процесі роботи. Для цього, розглянемо технічні параметри для переміщення відсіку, наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Технічні параметри відсіку для переміщення

Параметр	Позначення	Значення	Одиниці вимірювання
Маса візка	m_0	13200	кг
Маса вантажу	m_L	350000	кг
Швидкість	V	0,067	м/с
Діаметр колеса	D	0,25	м
Діаметр цапфи	d	0,06	м
Пара тертя		сталь/сталь	
Плече сили тертя кочення	f	0,5 (коефіцієнт тертя ковзання)	мм, табличне значення
Коефіцієнт тертя обода та реборди колеса	c	0,003 (коефіцієнт колеса на підшипниках кочення)	табличне значення
Коефіцієнт тертя в підшипниках	μ_L	0,005 (коефіцієнт підшипник кочення)	табличне значення
К-ть увімкнень на годину		10	увімкн./год.
Допустимий ухил рейкових шляхів	a_y $\sin \alpha$	10/4000 ($2,5 \cdot 10^{-3}$)	—
Примітка: при рушанні з місця не допускається пробуксування коліс.			

Для вибору електродвигуна, відносно виконавчого механізму потрібно визначити наступні параметри:

- 1) режим роботи електродвигуна ($S1, S2, S3, S4$);

- 2) номінальна напруга живлення ($U_{ном}$);
- 3) необхідна потужність ($P_{мін}$);
- 4) необхідний момент на валу двигуна ($M_{мін}$);
- 5) номінальна швидкість обертання ($n_{ном}$).

2.1. Розрахунок виконавчих елементів системи

2.1.1. Режим роботи електроприводу

Для визначення режиму роботи електродвигуна, треба побудувати тахограму його роботи. Тахограма приведена на рис. 2.1.

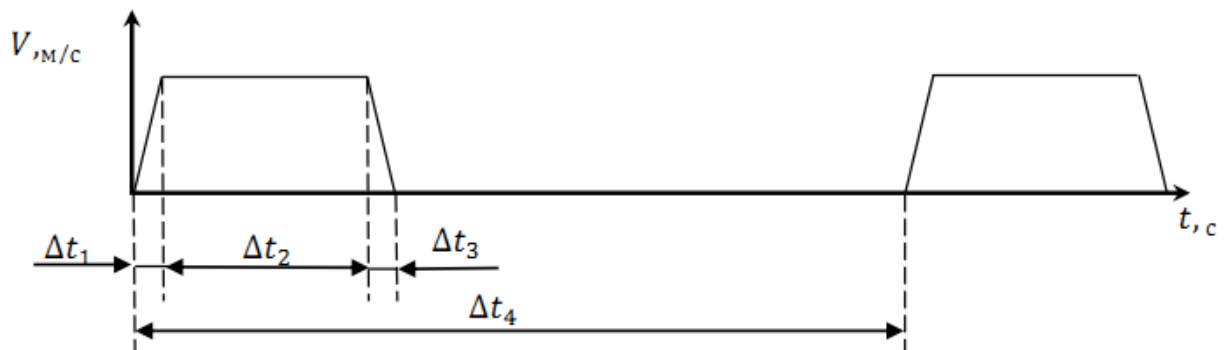


Рис. 2.1 –Тахограма роботи електроприводу, де:

- $\Delta t_1 \approx \Delta t_3$ – час розгону/гальмування (динамічне навантаження);
- Δt_2 – час переміщення з постійною швидкістю (статичне навантаження);
- Δt_4 – час до наступного пуску електродвигуна (час циклу).

При заданій частоті увімкнення електродвигунів (10 увімкн./год.), час циклу складає 6 хв. ($\Delta t_4 = 360$ с). Відносний час увімкнення визначається за формулою (2.1) :

$$\text{ЧВ}\% = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3}{\Delta t_4} \cdot 100\% . \quad (2.1)$$

Швидкість переміщення (V) складає від 0,05 м/с до 0,083 м/с, шлях переміщення $S = 3,5$ м, відстань між бічними поверхнями відсіків в зімкнутому стані і між бічною поверхнею відсіку і стінами складу ($S_{зазору}$) складає 0,15 м. Враховуючи ці дані, розрахуємо час розгону і гальмування системи за формулами (2.2) (2.3). Результати розрахунку наведені в таблиці 2.2.

$$\Delta t_2 = \frac{S - S_{\text{зазору}} - S_{\text{розгону}} - S_{\text{гальмування}}}{V} \quad (2.2)$$

$$S_{\text{розгону}} = S_{\text{гальмування}} = \frac{V \cdot \Delta t_1}{2} \quad (2.3)$$

Таблиця 2.2

Час переміщення відсіків залежно від швидкості і розгону

Час розгону/гальмування $\Delta t_1 \approx \Delta t_3$, с	Довжина шляху S , м	Довжина зазору $S_{\text{зазору}}$, м	Час переміщення з постійною швидкістю Δt_2 , с	Загальний час переміщення ($\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$, с)	Відносний час ввімкнення, ЧВ%
При $V = 0,05$ м/с					
1	3,5	0,15	66	68	18,89
2	3,5	0,15	65	69	19,17
3	3,5	0,15	64	70	19,44
4	3,5	0,15	63	71	19,72
5	3,5	0,15	62	72	20,00
При $V = 0,067$ м/с					
1	3,5	0,15	49,25	51,25	14,24
2	3,5	0,15	48,25	52,25	14,51
3	3,5	0,15	47,25	53,25	14,79
4	3,5	0,15	46,25	54,25	15,07
5	3,5	0,15	45,25	55,25	15,35
При $V = 0,083$ м/с					
1	3,5	0,15	39,2	41,2	11,44
2	3,5	0,15	38,2	42,2	11,72
3	3,5	0,15	37,2	43,2	12,00
4	3,5	0,15	36,2	44,2	12,28
5	3,5	0,15	35,2	45,2	12,56

Аналіз отриманих даних таблиці 2.2 показав, що:

- 1) електродвигун, який застосовується у запропонованій системі повинен працювати в режимі «S3».

Повторно-короткочасний режим (S3) є регламентованою тривалістю ввімкнення під незмінне навантаження і тривалістю періодів вимкнення (пауз), причому час роботи машини завжди менше часу, необхідного для нагріву її частин до сталої температури, а час пауз менше необхідного для

охолодження машини до практично холодного стану [4-7].

У цьому режимі цикл роботи такий, що пусковий струм суттєво не впливає на перевищення температури. Тривалість циклу не перевищує 10 хв.

2) покладемо, що час розгону (Δt_1) і гальмування (Δt_3) дорівнює 4 с.

$$\Delta t_1 \approx \Delta t_3 = 4 \text{ с.}$$

2.1.2. ККД приводної системи

Загальний ККД приводної системи (η_T), такий, що складається з:

- ККД редуктора (η_G);
- ККД зовнішніх передавальних елементів (η_L).

Оскільки на цьому етапі розрахунку редуктор ще не обраний, покладемо середнє значення для 2 або 3 ступінчастого редуктора $\eta_G = 0,94$.

Зовнішні передавальні елементи в системі відсутні. Редуктор безпосередньо передає обертальний момент валу колеса ($\eta_L = 1$).

$$\eta_T = \eta_G = 0,94.$$

2.1.3. Загальний опір пересуванню візка від статичних навантажень

До сил опору руху візка відносять зовнішні некеровані сили, які спрямовані, як правило, проти напрямку руху. Вони приводяться до точок дотику коліс з рейками. Сили опору руху поділяють на основні, які діють при русі завжди, і додаткові, що виникають тільки при русі по окремих ділянках шляху або в окремі періоди часу. Суму сил основного і додаткового опорів називають загальним опором руху F_V [4, 7].

До цих сил відноситься:

- сила опору коченню F_F ;
- сила опору на ухил шляху $F_{\text{ухилу}}$;
- сила опору зустрічного повітря $F_{\text{опору.повітря}}$;
- та інші.

У даному випадку враховуються сили F_F та $F_{\text{ухилу}}$. Оскільки переміщення має незначні швидкості, і відбувається в критому приміщенні, де сила опору зустрічного повітря ($F_{\text{опору.повітря}}$) не враховується.

Опір пересуванню візка від статичних навантажень F_V визначають за формулою (2.4).

$$F_V = F_{\text{ухилу}} + F_F \quad (2.4)$$

На кожне колесо візка постійно діє вертикальне навантаження, яке викликає вертикальну реакцію шляху (рис. 2.2). При русі візка на нього діє сила опору коченню (F_F), яка виникає внаслідок деформації колеса і тертя об рейку.

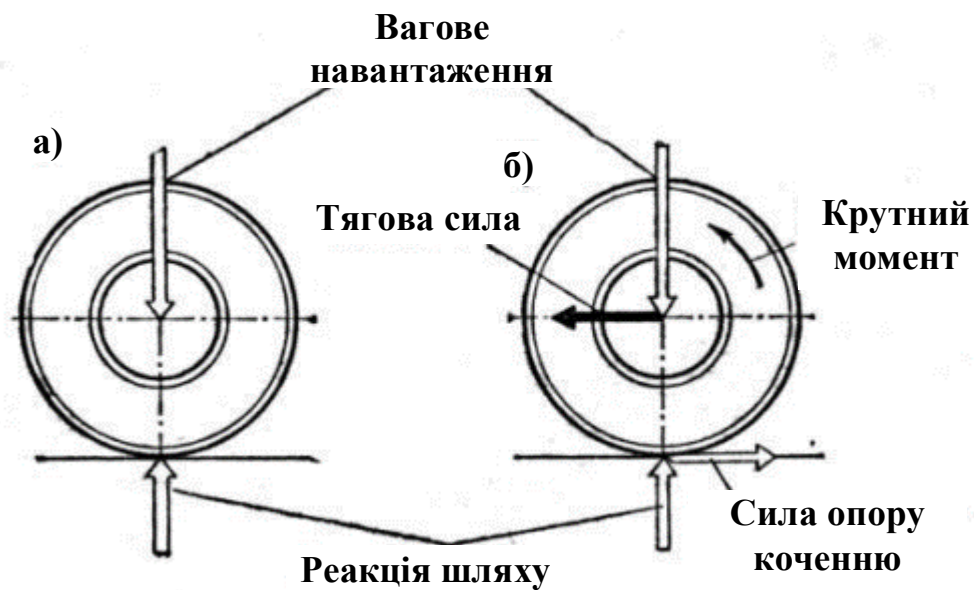


Рис. 2.2 – Сили, які діють на провідні колеса:
а) – нерухомий стан; б) – стан руху

Силу опору коченню можна визначити за формулою (2.5) [5].

$$F_F = m \cdot g \cdot \left(\frac{2}{D} \cdot \left(\mu_L \cdot \frac{d}{2} + f \right) + c \right). \quad (2.5)$$

Сила опору ухилу можна визначити за формулою (2.6).

$$F_{\text{ухилу}} = m \cdot g \cdot \sin \alpha. \quad (2.6)$$

Загальний опір пересуванню візка від статичних навантажень наведений в таблиці 2.3:

Опір пересуванню візка від статичних навантажень

Тип руху	Маса, кг	Сила опору коченню F_F , Н	Сила опору на ухил шляху $F_{ухилу}$, Н	Загальний опір руху F_V , Н
з навантаженням	350000	28154,7	8583,8	36738,5
без навантаження	13200	1061,8	323,7	1385,6

2.1.4. Побудова діаграми навантаження і діаграми швидкості

Для вибору електричного двигуна по нагріву, необхідно врахувати:

- 1) ЧВ% прийнятого двигуна від каталожного;
- 2) еквівалентний момент на інтервалі роботи.

Основою для вибору електроприводу, розрахунку його моменту на валу і потужності, являється діаграма навантаження і тахограма (діаграма швидкості). Ці діаграми наведені на рис. 2.3.

Для визначення потужності електродвигуна, необхідно визначити необхідний статичний і динамічний моменти.

2.1.5. Визначення необхідного моменту приведенного до валу електродвигуна

Необхідний момент (статичний) – це значення моменту, що створюється електромагнітним полем на валу двигуна при номінальних параметрах двигуна і номінальних зовнішніх умовах для забезпечення здійснюваної роботи з навантаженням.

Визначити статичний момент можна по формулі (2.7) [5].

$$M_{\text{стат.}} = \frac{F_V \cdot V}{\omega \cdot \eta_T} \quad (2.7)$$

де, F_V – загальний опір пересуванню візка від статичних навантажень;

η_T – ККД приводної системи;

ω – кутова швидкість обертання валу двигуна.

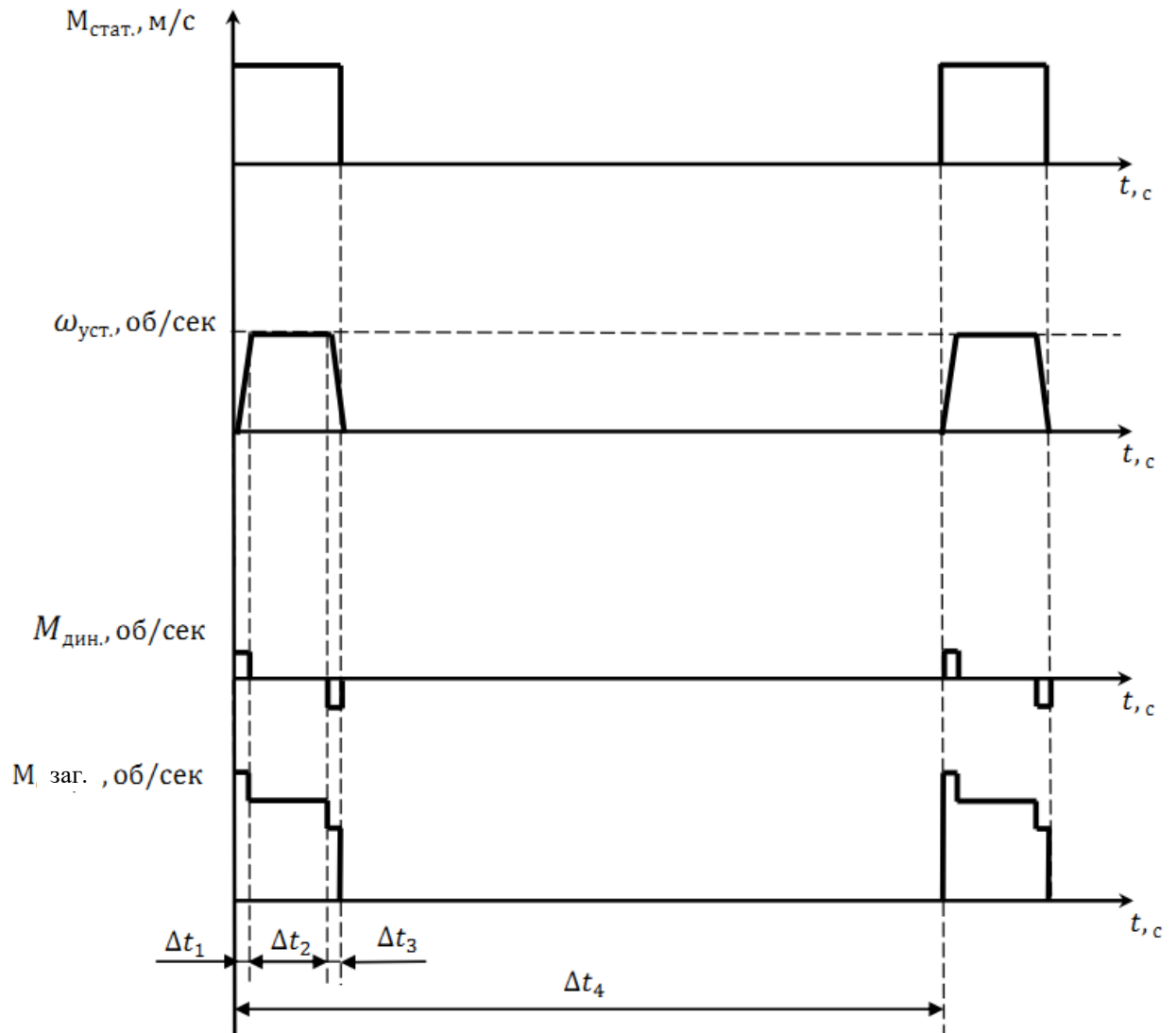


Рис. 2.3. Діаграми моменту на валу двигуна і тахограма

Результати обчислень номінального моменту приведенного до валу двигуна приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Статичний момент на валу електродвигуна необхідний на переміщення відсіку

Тип руху	Маса, кг	Швидкість V, м/с	Статичний момент $M_{\text{стат.}}$, Н*м
з навантаженням	350000	0,050	13,33
		0,067	17,86
		0,083	22,13
без навантаження	13200	0,050	0,50
		0,067	0,67
		0,083	0,83

2.1.6. Визначення необхідного динамічного моменту приведенного до валу електродвигуна

Динамічно момент визначається за формулою (2.8).

$$M_{\text{дин.}} = J_{\text{приведен.}} \cdot \frac{d\omega}{dt}. \quad (2.8)$$

Для визначення динамічного моменту, необхідно момент інерції навантаження привести до валу двигуна

$$J_{\text{приведен.}} = J = \frac{m \cdot V^2}{\omega^2}. \quad (2.9)$$

$$J_{\text{приведен.}_0,05} = \frac{350000 \cdot 0,05^2}{152,89^2} = 0,037 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$J_{\text{приведен.}_0,067} = \frac{350000 \cdot 0,067^2}{152,89^2} = 0,067 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$J_{\text{приведен.}_0,083} = \frac{350000 \cdot 0,083^2}{152,89^2} = 0,103 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Момент інерції ротора електродвигуна в цьому розрахунку не враховується, оскільки момент інерції ротора електродвигуна буде значно меншим, ніж момент інерції, приведений до ротора електродвигуна.

Для переміщення об'єкту покладемо асинхронний електродвигун з чотиріполюсним статором. При частоті трифазного струму, що дорівнює 50 періодам на секунду, або 3000 на хвилину, число обертів обертального поля такого двигуна складе 1500 об./хв. Електродвигуни з чотиріполюсним статором довговічніші і малощумні в порівнянні з двополюсним.

Прийmemo, що ротор електродвигуна обертається з частотою 1460 об./хв. (24,33 об./с). Тоді, кутова швидкість буде:

$$\omega_{\text{ротора_ел.двиг.}} = 2 * \pi * n_2 = 2 * 3,14 * 24,33 = 152,89 \text{ рад/с}$$

Оскільки ротор електродвигуна жорстко сполучений через редуктор з валом коліс, то визначимо необхідний динамічний момент на роторі електродвигуна. Розрахунок динамічного моменту на роторі електродвигуна наведений в таблиці 2.5.

Динамічний момент на роторі електродвигуна, що є необхідним на прискорення і гальмування відсіку

Тип руху	Маса, кг	Швидкість V, м/с	Необхідний динамічний момент на роторі електродвигуна $M_{дин.}$, Н*м
з навантаженням	350000	0,050	1,43
		0,067	2,57
		0,083	3,94
без навантаження	13200	0,050	0,05
		0,067	0,1
		0,083	0,15

2.1.7. Визначення еквівалентного моменту і потужності електродвигуна

Метод еквівалентного моменту і потужності застосовні для попереднього вибору електродвигуна і розрахунків, що не вимагають значної точності. Еквівалентна потужність на інтервалі роботи обчислюється за формулою (2.10) [6].

$$P_{екв.} = \frac{M_{екв.} \cdot \omega}{\eta} \quad (2.10)$$

Еквівалентний момент на інтервалі роботи обчислюється за формулою (2.11).

$$M_{екв.} = \sqrt{\frac{M_{дин.}^2 \cdot \Delta t_1 + M_{ном.}^2 \cdot \Delta t_2 + M_{дин.}^2 \cdot \Delta t_3}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3}} \quad (2.11)$$

Результати обчислень еквівалентного моменту і потужності наведені в таблиці 2.6.

Еквівалентний момент і потужність на електродвигунах

Тип руху	Маса, кг	Швидкість V, м/с	Еквівалентний момент $M_{екв.}$, Н*м	Еквівалентна потужність на інтервалі роботи $P_{екв.}$, Вт
з навантаженням	350000	0,050	12,57	2044,51
		0,067	16,52	2686,98
		0,083	20,1	3269,26
без навантаження	13200	0,050	0,47	76,45
		0,067	0,62	100,84
		0,083	0,75	121,99

З отриманих результатів покладемо:

- 1) швидкість переміщення відсіку $V = 0,05$ м/с;
- 2) необхідна потужність на інтервалі роботи $P_{екв.} = 2044,51$ Вт;
- 3) відносний час ввімкнення, $ЧВ\% = 19,72\%$.

2.1.8. Визначення необхідної потужності для роботи електродвигуна

Для вибору електричного двигуна по нагріву, необхідно врахувати відхилення реального $ЧВ\%$ від каталожного. Тоді номінальне каталожне значення потужності має бути перераховане відповідно до виразу (2.12).

$$P = P_{ном.кат.} \cdot \sqrt{\frac{ЧВ\%_{кат.}}{ЧВ\%_{дійсне}}} \quad (2.12)$$

Звідси,

$$P_{ном.кат.} > \frac{P_{екв.}}{\sqrt{\frac{ЧВ\%_{кат.}}{ЧВ\%_{дійсне}}}}; \quad P_{ном.кат.} > \frac{2044,51}{\sqrt{\frac{100}{19,72}}}; \quad P_{ном.кат.} > 907,9 \text{ Вт}.$$

За отриманими результатами, необхідно застосувати електродвигун з наступними показниками:

- 1) сумарна потужність: не менше 907,9 Вт;
- 2) номінальний момент на валу: не менше 12,57 Н * м.

Дані наведені для електродвигуна, робота якого відбувається в приміщенні з температурою 40°C.

2.1.9. Розрахунок передавального числа редуктора

Оскільки необхідно забезпечити фіксоване положення переміщуваного об'єкту і переміщення має відбуватись на малих швидкостях, то реалізацію цього завдання може забезпечити електродвигун-редуктор (мотор-редуктор) з черв'ячною передачею. Таким чином, колесо буде жорстко пов'язане з валом, а той, у свою чергу, з ротором електродвигуна через черв'ячну передачу (рис. 2.4). Визначимо передавальне число системи.

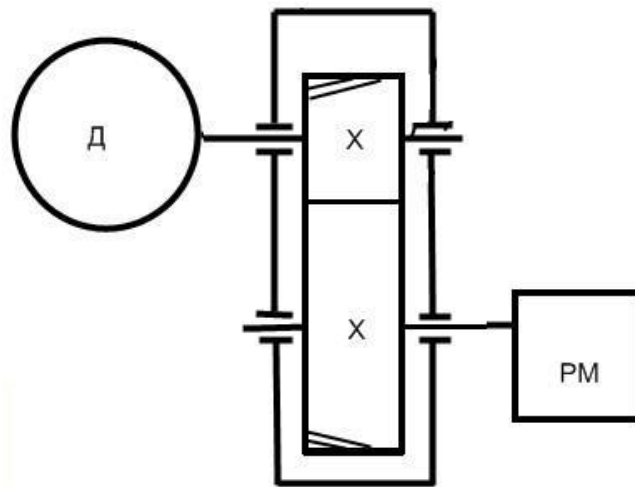


Рис. 2.4 – Передавальна схема

Для розрахунку передавального числа, необхідно співвіднести швидкість обертання ротора електродвигуна до швидкості обертання колеса (шасі) відсіку.

Приведемо лінійну швидкість колеса до кутової за формулою (2.13).

$$\omega_{\text{колеса}} = \frac{2 \cdot V}{D} \quad (2.13)$$

$$\omega_{\text{колеса}} = \frac{2 \cdot 0,05}{0,25} = 0,4 \text{ рад/с.}$$

Передавальне число визначимо за формулою (2.14).

$$i_{1H} = \frac{\omega_{\text{валу_двиг.}}}{\omega_{\text{колеса}}} \quad (2.14)$$

$$i_{1H} = \frac{152,89}{0,4} = 382,23.$$

2.1.10. Вибір мотора-редуктора

Виходячи з отриманих розрахункових значень і конструктивних обмежень, для одного відсіку вибираємо 4 мотора-редуктори SA 77 R37 DRS71M4 виробництва SEW EURODRIVE. Обрані мотори-редуктори забезпечують необхідний момент на валу електродвигуна і передавальне число. Їх параметри наведені в таблиці 2.7 [7].

Таблиця 2.7

Параметри мотора-редуктора SA 77 R37 DRS 71M4

Параметр	Позначення	Одиниці вимірювання	Розрахункове значення	Мотор-редуктор SA 77 R37 DRS 71M4
Номінальна потужність	$P_{\text{ном.}}$	Вт	907,9	550*4 (2200 Вт – 4 мотора-редуктора)
Номінальна напруга	$U_{\text{ном.}}$	В	380 (3 фази)	380 (3 фази)
Частота живлення	$f_{\text{ном.}}$	Гц	50	50
Момент на валу двигуна	$M_{\text{двиг}}$	Н*м	12,57	2,75 (16,65 – 4 приводи з врахуванням перевантажувальної здібності 1,15)
Момент на валу колеса	$M_{\text{колеса}}$	Н*м	4804,63	1070 (4922 – 4 приводи з врахуванням перевантажувальної здібності 1,15)
Номінальна швидкість обертання вала двигуна	n_1	об/.хв.	1460	1380
Швидкість обертання вала двигуна	n_2	об/.хв.	3,82	3,6
Передавальне число (для мотор-редуктора)	i_{1H}	–	382,23	389
Номінальний струм	$I_{\text{ном.}}$	А		1,62
Перевантажувальна здібність по моменту	$\frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном.}}}$			2,1
Перевантажувальна здібність по струму	$\frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном.}}}$			3,6
Момент інерції на валу двигуна	J_M	кг*м ²		0,00071

Продовження таблиці 2.7

Коефіцієнт потужності	$\cos \varphi$			0,72
Клас захисту			IP54	
Маса	$M_{\text{мот.-ред.}}$	кг	–	62
Відстань від вісі обертання до краю корпусу		мм	Не більше 110	100

Радіус колеса візків 125 мм. Оскільки мотор-редуктор жорстко з'єднаний з віссю колеса, то його габаритні параметри (рис. 2.5) не повинні перевищувати радіус колеса, інакше візок стоятиме на корпусі мотора і переміщення буде неможливим.

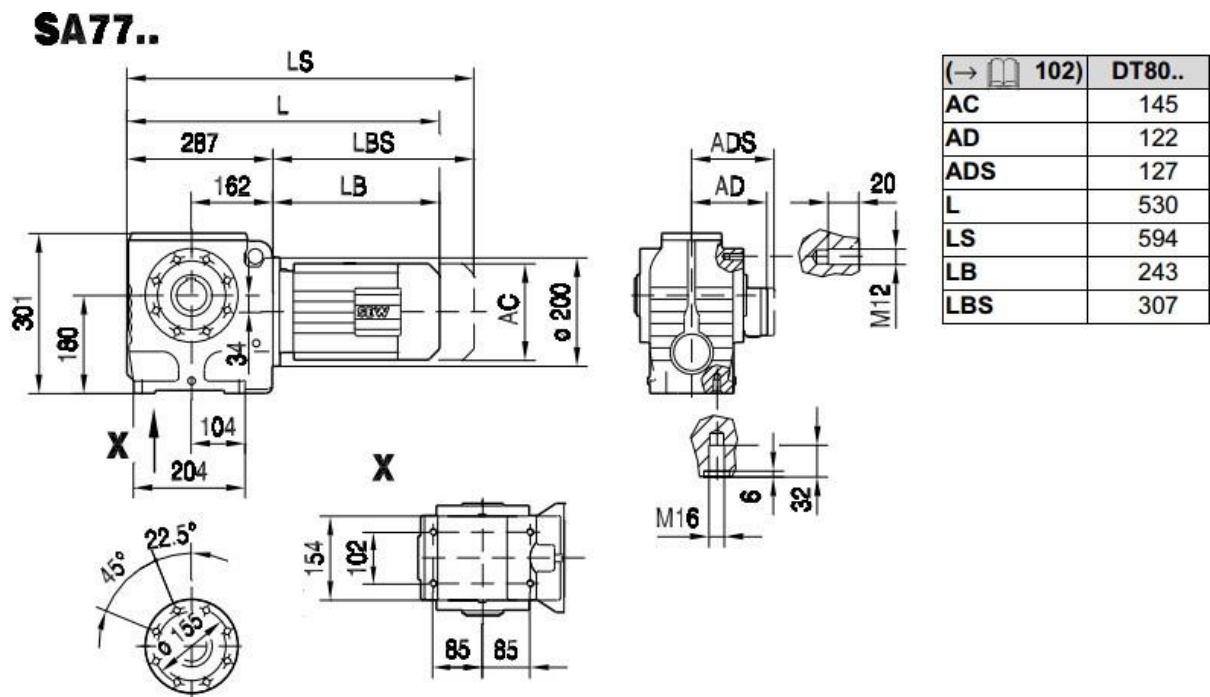


Рис. 2.5 – Габаритні дані мотора-редуктора SA 77 R37 DRS71M4

Як було зазначено в п. 2.1.6, отриманий момент інерції двигуна значно менший, ніж приведений момент інерції до валу двигуна. ($J_M \ll J_{\text{прив}}$). У розрахунках їм можна знехтувати.

2.1.11. Перевірка приводу на пробуксування провідних коліс

При прискоренні системи може мати місце пробуксовка. Пробуксовка проявляється тоді, коли окружне зусилля F_U на колесі перевищує силу тертя F_R . (див. формулу (2.15)).

$$F_U = m \cdot a = F_R = m' \cdot g \cdot \mu_0, \quad (2.15)$$

де m' – маса навантаження на провідні колеса.

При 8 провідних колесах на кожен двигун доводиться по 2 колеса.

$$m' = m/8$$

$\mu_0 = 0,15$ – коефіцієнт тертя зчеплення пари сталь/сталь

Таким чином, допустиме прискорення (a_p) обчислюється за формулою (2.16).

$$a_p = \frac{m' \cdot g \cdot \mu_0}{m}, \quad (2.16)$$

$$a_p = \frac{m' \cdot g \cdot \mu_0}{m} = \frac{m/8 \cdot g \cdot \mu_0}{m} = \frac{g \cdot \mu_0}{8} = \frac{9,81 \cdot 0,15}{8} = 0,184 \text{ м/с}^2.$$

Якщо прискорення відсіків (a) менше допустимого прискорення (a_p), тоді колеса не пробуксовують.

Для рівноприскореного прямолінійного руху без початкової швидкості, прискорення можна визначити за формулою (2.17).

$$a = \frac{V}{t}, \quad (2.17)$$

$$a = \frac{V}{t} = \frac{0,05}{4} = 0,0125 \text{ м/с}^2.$$

З отриманого результату виходить, що колеса відсіків не будуть пробуксовувати, оскільки максимальне прискорення, досягне без прослизання коліс, значно перевершує прискорення, прийняте для розгону і гальмування відсіків $a < a_p$.

2.1.12. Час аварійного гальмування

Оскільки гальмівний момент підтримується опором коченню і відповідним моментом навантаження, тоді час гальмування можна визначити за формулою (2.18).

$$t_b = \frac{(J_M + J_Z \cdot \eta) \cdot \omega_M}{M_B + M_S \cdot \eta}. \quad (2.18)$$

Гальмівний момент визначається за формулою (2.19).

$$M_B = M_H - 2 \cdot M_L \cdot \eta, \quad (2.19)$$

де M_H – динамічний момент на роторі електродвигуна;

M_L – момент навантаження на роторі електродвигуна при русі без навантаження;

M_S – момент навантаження на роторі електродвигуна при русі з навантаженням.

$$M_B = 16,65 - 2 \cdot 0,47 \cdot 0,94 = 15,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$t_b = \frac{(0,00071 + 0,037 \cdot 0,94) \cdot 144,51}{15,8 + 12,57 \cdot 0,94} = 0,19 \text{ с}.$$

2.2. Елементи керування і контролю системи

До елементів керування і контролю системи відносяться:

- пристрої керування швидкістю обертання електричного двигуна;
- датчики і системи контролю;
- контролер і панелі керування.

2.2.1. Вибір частотного перетворювача

Частотний асинхронний перетворювач частоти (ПЧ) служить для перетворення мережевого трифазного або однофазного змінного струму частотою 50 (60) Гц в трифазний або однофазний струм, частотою від 1 Гц до 800 Гц.

Частотні перетворювачі електронного типу часто застосовують для плавного регулювання швидкості асинхронного двигуна за рахунок створення на виході перетворювача електричної напруги заданої частоти. Регулювання частоти і напруги відбувається відповідно до заданої характеристики V/f , або в перетворювачах реалізовано векторне керування.

За рахунок плавного регулювання частоти, частотний перетворювач для електродвигуна зменшує величину пускових струмів в 4-5 рази. Таким чином, застосовуючи частотне регулювання електродвигуном, можна заощадити до 50% електроенергії при запуску.

На кожному відсіку, встановлено 4 мотори-редуктора SA 77 R37 DRS 71M4 сумарною потужністю 2200 Вт. Для керування цією групою двигунів приймаємо ПЧ типу MOVITRAC MC07B (0030-5A3-4-00) виробництва SEW - EURODRIVE. Габаритні розміри представлені на рис. 2.6 [8]. Технічні характеристики обраного перетворювача частоти наведені в таблиці 2.8.

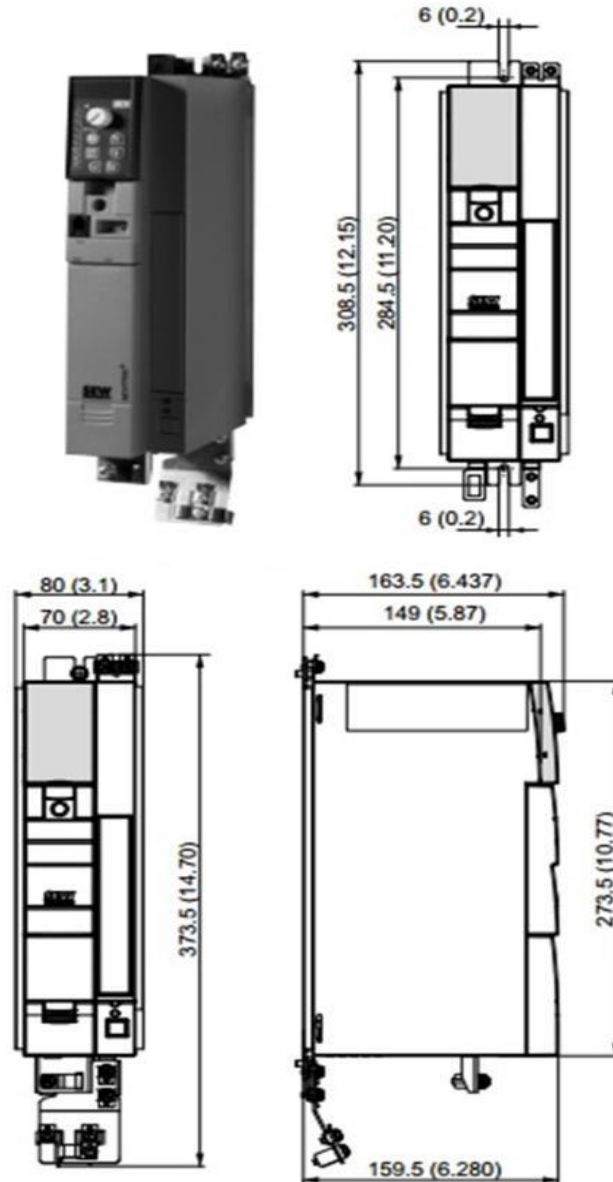


Рис. 2.6 – Габаритні розміри перетворювача частоти MOVITRAC MC07B (0030-5A3-4-00)

Параметри частотного перетворювача MOVITRAC MC07B (0030-5A3-4-00)

Параметр	Позначення	Один. вимір.	Значення
Вхід			
Номінальна напруга електромережі	$U_{\text{мережі}}$	В	3 х (380...500)
Номінальна частота	$f_{\text{мережі}}$	Гц	(50/60) ± 5%
Номінальний струм (навантаження 100%)	$I_{\text{мережі}}$	А	6,3
Номінальний струм (навантаження 125%)	$I_{\text{мережі 125}}$		7,9
Вихід			
Вихідна напруга	$U_{\text{В}}$	В	3 х (0... $U_{\text{мережі}}$)
Рекомендована потужність (навантаження 100%)	$P_{\text{дв}}$	кВт	3,0
Рекомендована потужність (навантаження 125%)	$P_{\text{дв 125}}$		4,0
Номінальний вихідний струм (навантаження 100%)	$I_{\text{ном}}$	А	7,0
Номінальний вихідний струм (навантаження 125%)	$I_{\text{ном 125}}$		8,8
Повна вихідна потужність (навантаження 100%)	$S_{\text{н}}$	кВА	4,8
Повна вихідна потужність (навантаження 125%)	$S_{\text{н 125}}$		6,1
Мінімально допустимий опір гальмівного резистора (4-квадратний режим)	$R_{\text{ВW мин.}}$	Ом	68
Загальні дані			
Втрати потужності (навантаження 100%)	$P_{\text{втрат}}$		95
Втрати потужності (навантаження 125%)	$P_{\text{втрат 125}}$		120
Обмеження струму			150% $I_{\text{ном}}$ не менше 60 сек
Розміри / Момент затягування	клеми	мм ²	4
Маса	m	кг	2,1

Схема підключення частотного перетворювача приведена на рис. 2.7 [8].

До контактів X1 підводиться живлення 380 В.

До контактів X2 підключається група електроприводів.

X12.1 – сигнал блокування/регулятора

При подачі на нього логічної «1» дозволяється подавати живлення на вихід X2.

X12.2 – направо/стоп

При подачі на нього логічної «1» на виході X2 формується напруга для здійснення обертання ротора електродвигуна за годинниковою стрілкою.

X12.3 – наліво/стоп

При подачі на нього логічної «1» на виході X2 формується напруга для здійснення обертання ротора електродвигуна проти годинникової стрілки.

X12.4 – дозвіл /стоп

При подачі на нього логічної «1» напруга на виходах контактів X2 формується в штатному режимі (4 с. на розгін і гальмування, рівноприскорене обертання ротора). Під час переходу вхідного сигналу X12.4 в логічний «0», на виході X2 формується напруга для швидкої зупинки електродвигунів. Пуск двигунів при стані логічного «0» не відбувається.

X12.5 – режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)

X12.6 – режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)

Логічні сигнали, що подаються на входи X12.5 і X12.6 дозволяють регулювати швидкість обертання валу електродвигуна. Швидкість обертання залежить від налаштувань частотного перетворювача.

Для керування електродвигунами, в налаштуваннях частотного перетворювача встановимо наступні параметри:

1. Час розгону в нормальному режимі 4 с.
2. Час гальмування в нормальному режимі 4 с.

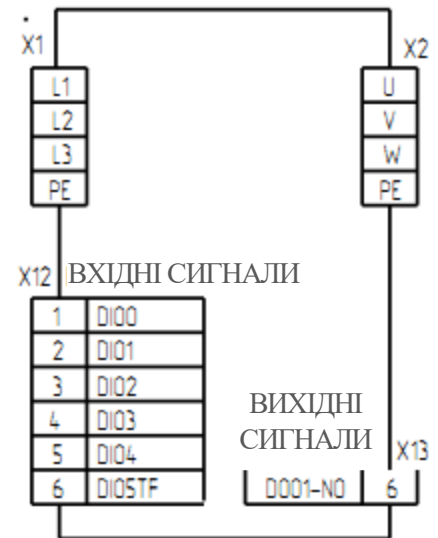


Рис. 2.7 – Схема підключення частотного перетворювача

3. Частота обертання ротора при подачі на X12.5 і X12.6 логічної «1» складає 100%.

4. Частота обертання ротора при подачі на X12.5 логічної «1», а на X12.6 логічного «0» складає 50%.

На рис. 2.8 показаний приклад роботи приводу з внутрішніми фіксованими установками при подачі сигналів на клемми X12.1... X12.6 [8].

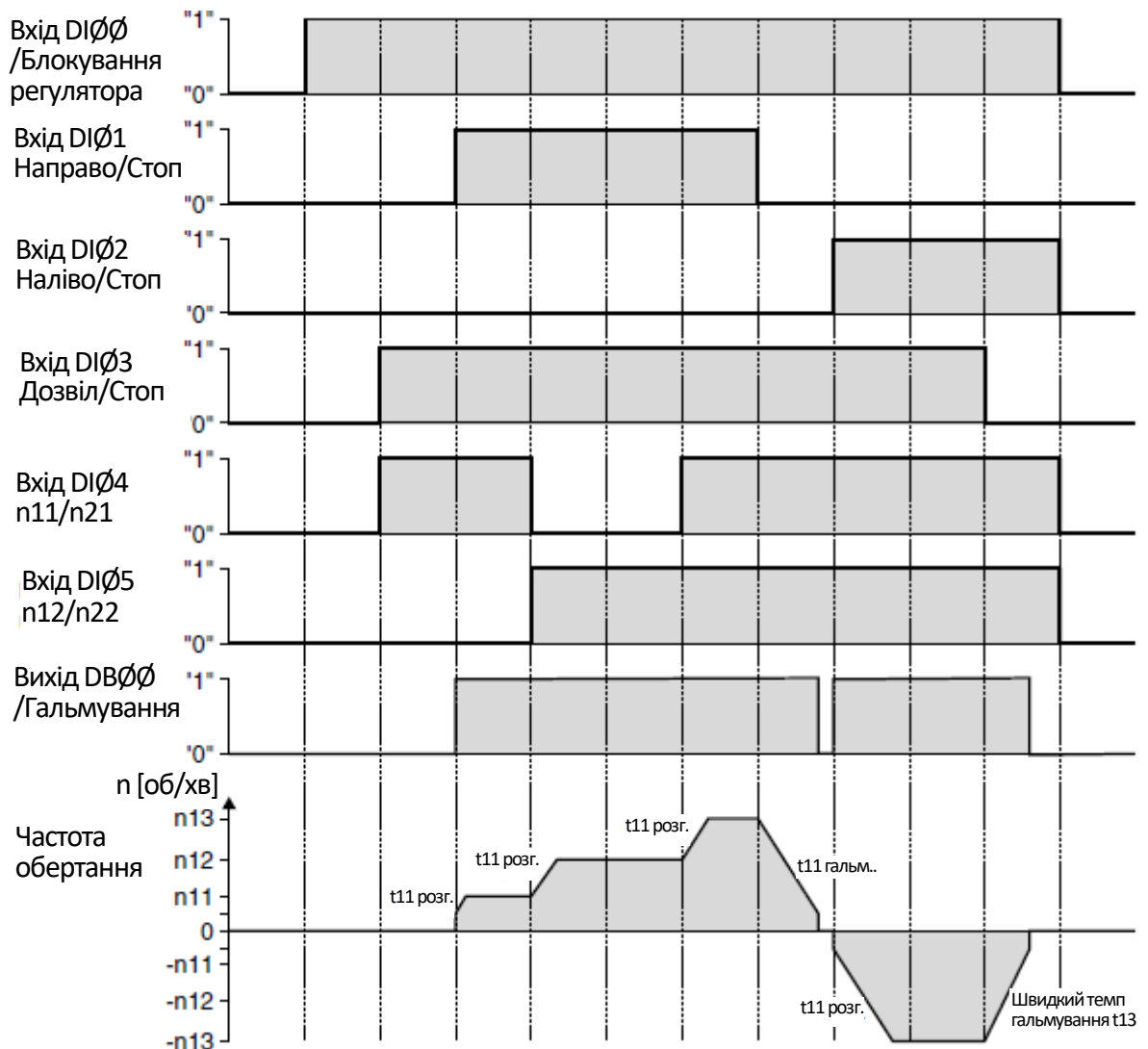


Рис. 2.8 – Частота обертання ЧП залежно від вхідних сигналів

2.2.2. Вибір датчиків для системи контролю

Загальні вимоги до датчиків:

- забезпечення контролю на великих дистанціях (до 52 метрів);
- робота при мінусових температурах (до мінус 30°С) з можливістю обмерзання поверхні датчика;

- безпечна напруга живлення;
- відсутність сліпої зони;

В якості датчиків положення і контролю застосуємо фотоелектричні датчики, які випромінюють і приймають електромагнітні хвилі в ІЧ-діапазоні, що є невидимими для людського зору.

Переваги:

- високий поріг фіксації (до 150 метрів у бар'єрних датчиків);
- швидкодія;
- відсутність сліпої зони.

Недоліки:

- неможливість реєстрації прозорих об'єктів;
- збої в умовах туману, пилу, при прояві світлових спалахів і відблисків.

2.2.2.1. Датчик світлового затвора відсіку

Для забезпечення безпеки в процесі пересування відсіків, біля основи з лівого і правого боку розташовані «світлові затвори» (рис. 2.9).

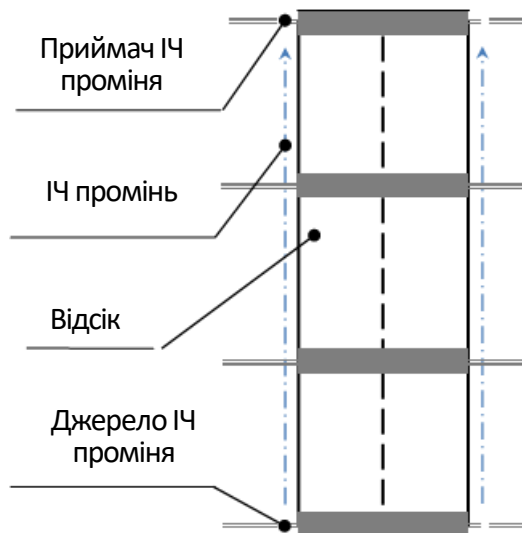


Рис. 2.9 – Схема розташування випромінювача і приймача світлового затвора

«Світловий затвор» являє собою джерело і приймач інфрачервоного світла. Випромінюваний від джерела промінь перетинає біля основи відсіку усю його довжину і потрапляє на приймач. Приймач, отримавши світловий сигнал, перетворює його в цифровий і по лінії передач передає в ОБК.

Оскільки довжина відсіку може перевищувати 10 м і експлуатація системи можлива в діапазоні температур від мінус 30°C до плюс 30°C, то в якості джерела і приймача світла покладемо фотоелектричний сенсор XU2M18AP20D виробництва Schneider Electric [9] (рис. 2.10).



Рис. 2.10 – Фотоелектричний сенсор XU2M18AP20D

Технічні параметри фотоелектричного сенсора приведені в Додатку А.

2.2.2.2. Датчик контролю положення стелажів один відносно одного

Оскільки відсіки повинні переміщатися спільно, то в процесі їх переміщення потрібно забезпечувати між ними відстань (не менше 0,15 м). Ця вимога висувається через забезпечення техніки безпеки у разі виходу одного відсіку з ладу. При виході системи переміщення відсіку з ладу, інші здійснюючі переміщення відсіки, повинні своєчасно зупинитися не пошкодивши несправний.

Для забезпечення контролю відстані між відсіками в процесі переміщення, на кожен відсік, біля основи встановлені безконтактні датчики (рис. 2.11). Датчики являють собою фотоелектричний сенсор, працюючий за принципом визначення відстані до об'єкту за відбитим від нього світлом. Для цього датчик має як випромінювач, так і приймач. Формований датчиком цифровий сигнал, передається в ОБК для його подальшої обробки.

Застосований в системі датчик повинен забезпечувати вимір відстані в діапазоні від 10 см до 25 см. Цього діапазону достатньо для виконання вимоги

технічного завдання про забезпечення відстані між відсіками не менше 15 см.

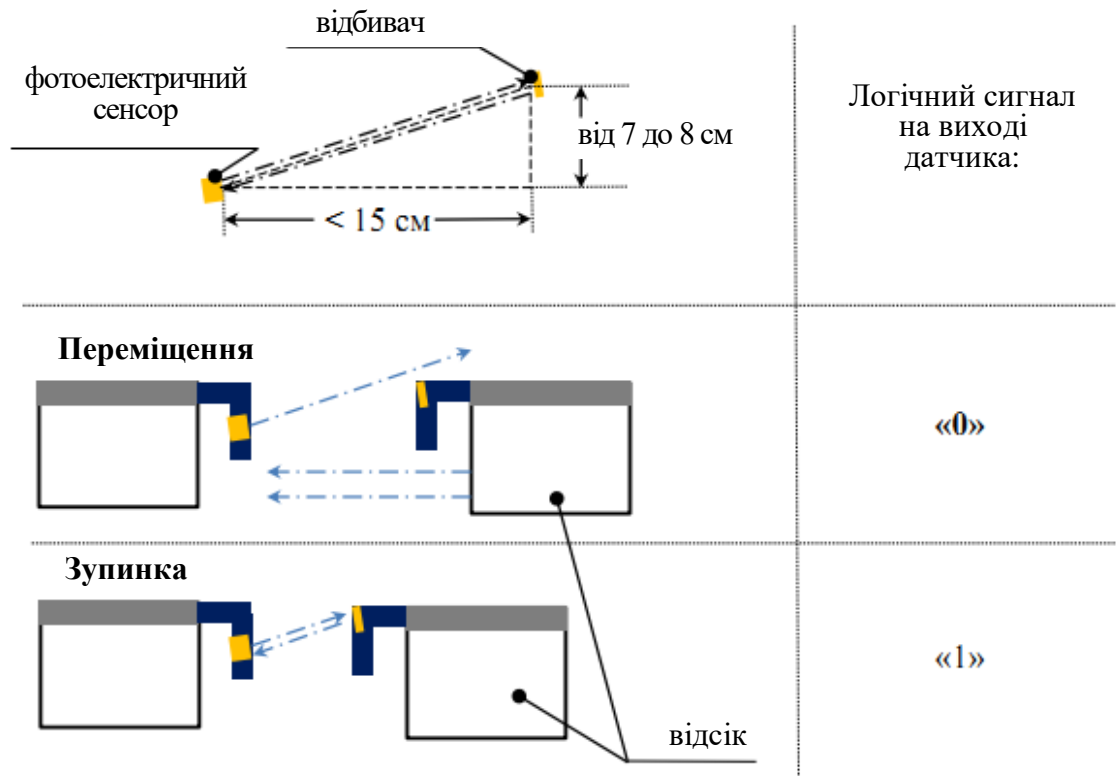


Рис. 2.11 – Схема роботи датчиків положення стелажів

Виходячи із заданих умов приймаємо фотоелектричний сенсор WT12-2 N410 (рис. 2.12) [10]. Цей сенсор забезпечує вимір відстані в діапазоні від 2 до 25 см. Виміряну відстань датчик перетворює в цифровий сигнал величиною струму до 100 мА.



Рис. 2.12 – Фотоелектричний сенсор WT12-2 N410

Технічні параметри фотоелектричного сенсора наведені в Додатку А.

2.2.2.3. Датчик положення відсіку в складському просторі

Для установки відсіків в допоміжне положення, коли всі відсіки розсунені на рівні відстані між ними для забезпечення однакових умов проходження охолоджуючих повітряних потоків через зону зберігання. У системі застосовуються мітки (світловідбивачі) встановлені на відсіках і фотоелектричні сенсори WT12-2 N410 [10]. Принцип роботи сенсора приведений в п. 2.2.2.2.

2.2.2.4. Датчики фронтального світлового затвора

Оскільки фронтальний світловий затвор служить для підрахунку входів і виходів в робочу зону (зона в якій робитися пересування відсіків), то датчики, встановлені в ній, повинні забезпечувати контроль периметра довжиною до 52 м (13 отворів шириною до 4 м). Цим вимогам задовольняє фотоелектричний сенсор XU2M18AP20D [9] виробництва Schneider Electric, дальність виявлення якого до 70 м, при окремому приймачі і передавачі.

Підрахунок входів/виходів забезпечується двома паралельно встановленими приймачами і передавачами. Алгоритм послідовності спрацьовування датчиків і підрахунку входів/виходів наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Алгоритм дій лічильника входу/виходу залежно від послідовності спрацьовування датчиків фронтального світлового затвора

операція	Дія лічильника	Порядок дій			
		1	2	3	4
Вхід	+1	Д1=1	Д2=1	Д1=0	Д2=0
Вихід	-1	Д2=1	Д1=1	Д2=0	Д1=0
Скидання	0	Д1=1	Д2=1	Д2=0	Д1=0
Скидання	0	Д2=1	Д1=1	Д1=0	Д2=0

де Д1 – датчик 1; Д2 – датчик 2.

Схема розташування фронтального світлового затвора приведена на рис.

2.13.

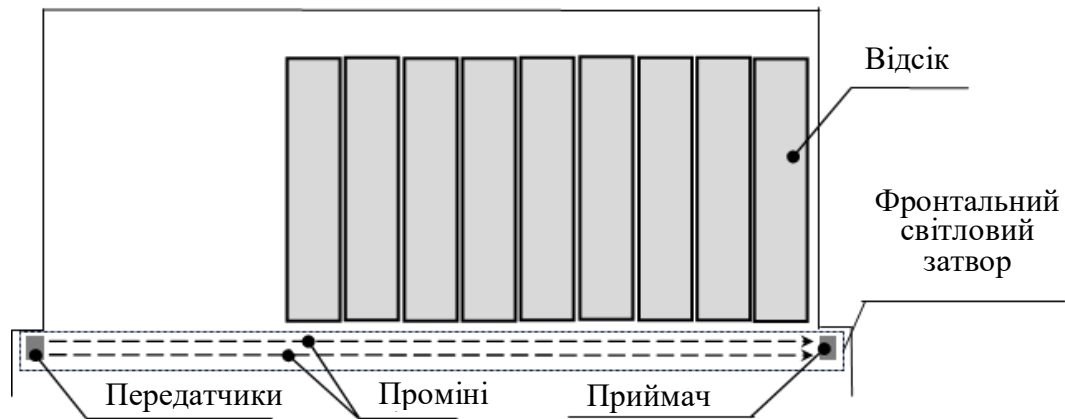


Рис. 2.13 – Схема розташування фронтального світлового затвора

2.3. Система сповіщення про переміщення

Вимоги до елементів системи сповіщення :

робота при мінусових температурах (до мінус 30°C) з можливістю обмерзання поверхні;

В якості елементів системи сповіщення необхідно застосовувати як світлову, так і звукову сигналізацію, які в спільній роботі забезпечать своєчасне інформування про виконання переміщення відсіків, що допомагає забезпечити безпеку роботи в складському приміщенні.

2.3.1. Звукова система сповіщення

Звукова система сповіщення являє собою ряд гучномовців (динаміків), відтворюючих при подачі на них живлення заданий звуковий сигнал, що повторюється в часі упродовж 5 секунд перед початком переміщення відсіків. У разі роботи в ручному режимі звукова система сповіщення не активна.

В якості елементів звукового сповіщення застосовуємо звуковий сигналізатор сирена HA121 DS 24 G (рис. 2.14) [11].

Звуковий сигналізатор – це загальнопромислова сирена, у складі якої є підсилювач, перетворювач цифрових і аналогових сигналів, динамік з рівнем



Рис. 2.14 – Звуковий сигналізатор сирена HA121 DS 24 G

звукового тиску до 121 Дб на відстані 1 м. В конструкцію закладена аудіоплата, що дозволяє видавати 1 з 5 можливих звукових сигналів.

У приміщенні розташовано 2 звукові сигналізатори, монтаж яких здійснюється поза робочою зоною на стіні приміщення. Схема розташування приведена на рис. 2.15.

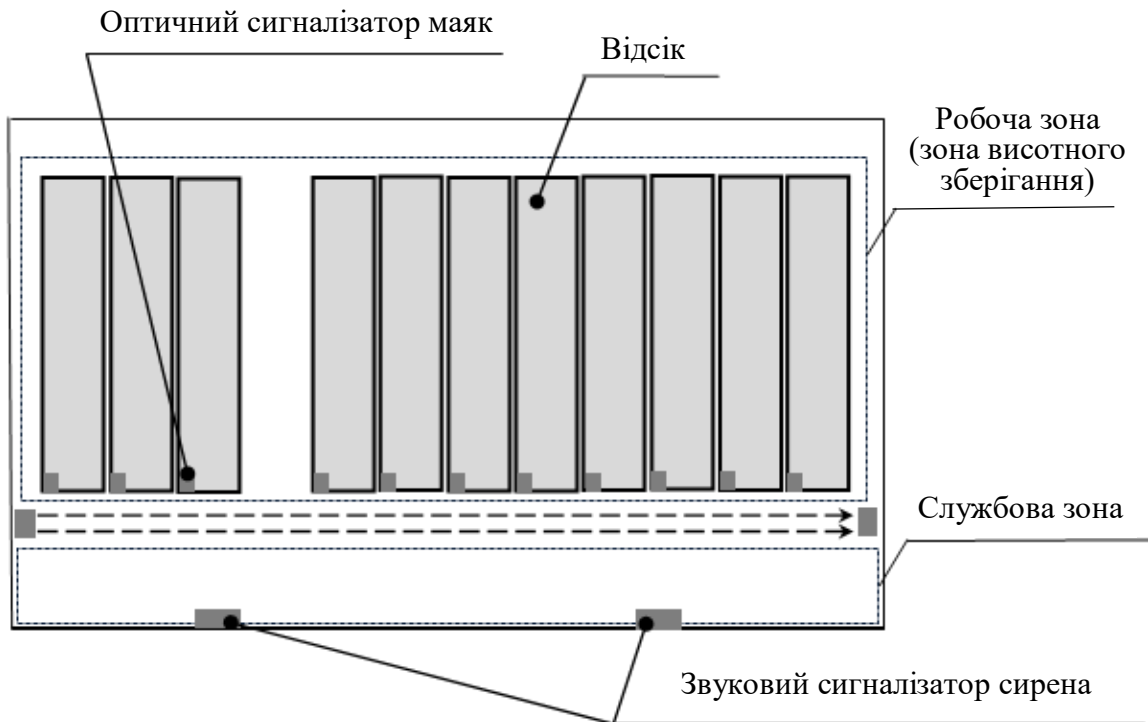


Рис. 2.15 – Схема розташування звукової системи сигналізації

Технічні параметри устаткування приведені в Додатку А.

2.3.2. Візуально-світлова система сповіщення

Візуально-світлова система сповіщення являє собою ряд випромінювачів, які встановлені на кутах відсіків.

У разі початку руху відсіку, на випромінювачі подається живлення. При цьому, випромінювач формує миготливий світловий сигнал з частотой 2 Гц та 1 Гц. Цей сигнал супроводжує переміщення відсіків до моменту їх зупинки в автоматичному режимі роботи. У ручному режимі роботи сигналізація функціонує постійно.

В якості елемента візуально-світлового сповіщення застосовуємо оптичний сигналізатор маяк IS - mB1 R A (рис. 2.16) [11].

Технічні параметри устаткування приведені в Додатку А.



Рис. 2.16 – Оптичний сигналізатор маяк IS - mB1 R A

2.4. Термінали керування

Для керування переміщенням мобільних стелажів в автоматичному режимі роботи необхідно забезпечити розроблювану систему пристроєм дистанційного керування, який може знаходитись поза складською зоною. При переведенні системи на ручний режим керування, управління переміщенням відсіків повинне здійснюється усередині складського комплексу, з терміналу розташованого на відсіку.

Вимоги до терміналів керування:

- 1) дистанційне керування (автоматичний режим)
 - 1.1) робота в нормальних кліматичних умовах:
 - температура $25 \pm 10^{\circ}\text{C}$;
 - відносна вологість повітря – 45-80%;
 - атмосферний тиск 84,0-106,7 кПа (630-800 мм рт. ст.).
 - 1.2) збір і відображення інформації про стан і положення відсіків в системі;
 - 1.3) комплексного керування переміщення усіх відсіків залежно від вибраного положення;
 - 1.4) індикація стану систем контролю безпеки;
 - 1.5) забезпечення переходу системи в режим «провітрювання».
- 2) керування відсіками (ручний режим)
 - 2.1) забезпечення переміщення відсіку і зупинка;
 - 2.2) індикація можливого напрямку переміщення;
 - 2.3) наявність кнопки аварійної зупинки;
 - 2.4) функціонування при температурі довкілля від мінус 30°C до

плюс 30°C і відносній вологості до 85 %.

2.4.1. Термінал дистанційного керування (автоматичний режим)

Термінал дистанційного керування являє собою стійку, на якій зафіксована металева панель з кнопками керування і індикаторами стану.

Вид панелі терміналу наведений на рис. 2.17.

На панелі встановлені групи світлових індикаторів VD14...VD21, VD23...VD28, які відображають поточний робочий проїзд між відсіками.

Індикатори VD1...VD13 відображають вибраний тумблером S1 проїзд. Після вибору необхідного операторові проїзду, натискається кнопка SB3 («ПУСК») і система починає перестроювання відсіків. Процес перестроювання відсіків відображається на індикаторах VD14...VD21, VD23...VD28.

Якщо в процесі перестроювання необхідно зупинити процес переміщення відсіків, оператор може скористатись натисненням кнопки «СТОП».

Дистанційна панель оператора дозволяє перевести відсіки в положення для забезпечення «провітрювання». Для цього необхідно натиснути кнопку SB4. Після установки відсіків в необхідне положення на дистанційній панелі оператора спалахує індикатор VD29.

Якщо в процесі переміщення відсіків спрацювали датчики світлового затвору відсіку, то спалахує індикатор VD30 спільно з миготливим індикатором VD14...VD21, VD23...VD28. Миготливий індикатор ідентифікує проїзд, де спрацював світловий затвор.

Якщо в процесі переміщення відсіків сталася аварія, пов'язана з виходом з ладу датчика або електродвигуна, то спалахує індикатор VD22 спільно з двома миготливими індикаторами VD14...VD21, VD23...VD28. Миготливі індикатори ідентифікують відсік, в якому відбувся аварійний вихід.

При перемиканні системи на роботу в ручному режимі, керування з дистанційного терміналу є неможливим.

Схема електрична принципова приведена в Додатку Б.

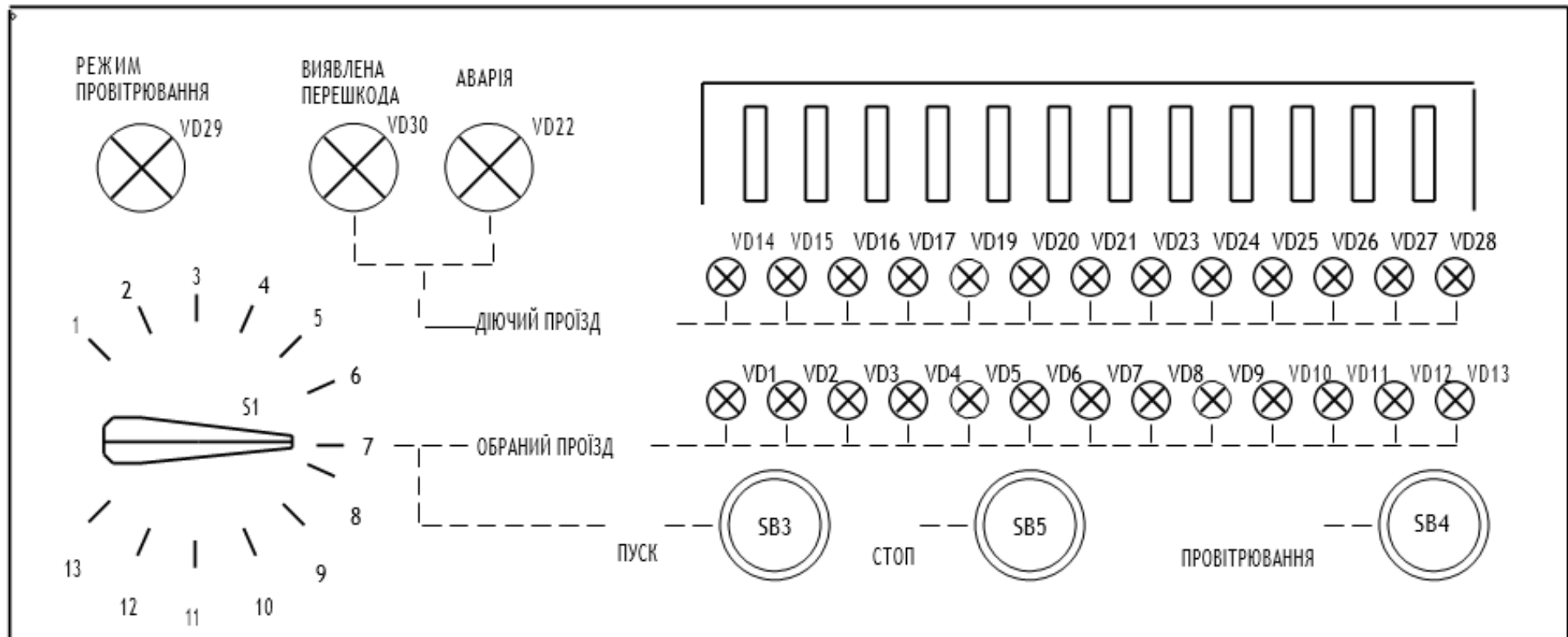


Рис. 2.17 – Панель терміналу дистанційного керування переміщенням мобільних стелажів

SB3, SB4, SB5 – кнопки керування;

S1 – тумблер;

VD1...VD30 – світлові індикатори

2.4.2. Термінал керування відсіками в ручному режимі

Керування відсіками відбувається в ручному режимі, тому вимагає наявність оператора в складській зоні. Термінал керування відсіком являє собою металеву панель з кнопками керування і індикаторами стану, встановлену на торцях відсіків. Термінал встановлений на зручній для оператора висоті і зручному положенні з точки зору ергономіки.

Вид панелі терміналу наведений на рис. 2.18.

На панелі встановлені світлові індикатори HL3 та HL4. Дані індикатори відображають можливий напрям руху відсіку.

Кнопки SB2 та SB3 дозволяють здійснювати переміщення відсіку по сторонах. У разі, якщо індикатор навпроти кнопки не ідентифікується, той рух в цей напрям неможливий.

Для своєчасної зупинки відсіку служить кнопка «СТОП». У випадку виникнення аварійної ситуації в процесі переміщення відсіку, аварійна зупинка відбувається автоматично при зменшенні відстані між відсіками менш ніж на 0,15 м.

При функціонуванні системи в автоматичному режимі, ручне керування відсіків є неможливим.

При будь-якому режимі роботи на кожному відсіку функціонує кнопка SB4, при натисненні якої відключається подача живлення на електродвигуни і усі відсіки зупиняються.

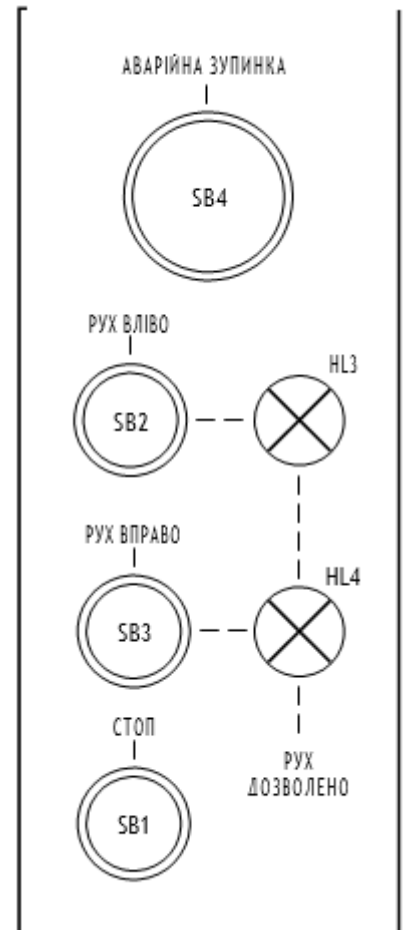


Рис. 2.18 – Панель терміналу керування відсіками у ручному режимі

2.5. Контролер автоматичного керування переміщенням мобільних стелажів

Для керування переміщенням мобільних стелажів в автоматичному режимі, в якості модуля, що здійснює обробку вхідних сигналів і автоматичну видачу сигналів керування, приймемо платформу Modicon Quantum.

Ця платформа дозволяє скомбінувати необхідні блоки для виконання завдань автоматизації.

Модулі, що застосовані для керування переміщенням мобільних стелажів, приведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

Елементи платформи Modicon Quantum

Модель	140XBP00800	140DSI35300	140DVO85300	140CPU43412U	140CPS21100	Quantum Ethernet I/O M340 PAC
Тип модуля	шасі	модуль дискретного введення	модуль дискретного виведення	процесор Unity	модуль живлення	Ethernet-пристрій введення/виведення
Параметр	8 слотів	32 входи, 24 В пост. струму	32 входи, 10...30 В пост. струму	1056 кб, 66 мГц	24 В пост. струму, 20...30 В, автономн.	
Кількість	1	3	3	1	1	1
Вимоги системи	–	89 входів	89 виходів	–	–	–

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Обґрунтований вибір апаратної платформи розроблюваної комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів та на основі проведених розрахунків аргументований вибір її елементної бази, що відповідає основним вимогам доступності обладнання та його невисокої вартості, а саме:

- 1) швидкість переміщення відсіків – 0,05 м/с;
- 2) час переміщення відсіків – 71 с;
- 3) час аварійного гальмування – 0,18 с;
- 4) виконавчий пристрій – 4 мотор-редуктори SA 77 R37 DRS 71M4. Всього 48 моторів-редукторів на систему;
- 5) система керування електроприводами – перетворювач частоти MOVITRAC MC07B (0030-5A3-4-00). Всього – 12 шт.;
- 6) датчики положення і контролю:
 - датчик світлового затвора відсіку – фотоелектричний сенсор XU2M18AP20D . Всього – 24 шт.;
 - датчик контролю положення стелажів один відносно одного – фотоелектричний сенсор WT12 - 2 N410). Всього – 24 шт.;
 - датчик положення відсіку в складському просторі – фотоелектричний сенсор WT12 - 2 N410. Всього – 12 шт.;
 - датчики фронтального світлового затвора – фотоелектричний сенсор XU2M18AP20D. Всього – 4 шт.;
- 7) система сповіщення:
 - звуковий сигналізатор сирена HA121 DS 24 G – 2 шт.;
 - оптичний сигналізатор маяк IS - mB1 R A – 12 шт.;
- 8) термінал дистанційного керування (автоматичний режим) застосовується в кількості – 1 шт.;
- 9) термінал керування відсіками в ручному режимі застосовується в кількості – 12 шт.;
- 10) система контролерного керування складається з елементів платформи Modicon Quantum:
 - 140XBP00800 – 1 шт.;
 - 140DSI35300 – 3 шт.;
 - 140DVO85300 – 3 шт.;
 - 140CPU43412U – 1 шт.;
 - 140CPS21100 – 1 шт.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ КОМП'ЮТЕРНО- ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯМ МОБІЛЬНИХ СТЕЛАЖІВ

Розрахунок електричних кіл дозволяє визначити пристрої електронного захисту.

Для вибору засобів електронного захисту необхідно провести розрахунок електронних кіл і визначити:

- 1) номінальні і тривалі фазні струми навантажень (електродвигунів, датчиків, випромінювачів, приймачів та ін. пристроїв системи);
- 2) перерізи провідників;
- 3) найбільший струм короткого замикання.

Фазні струми, які діють в системі можна поділити на:

- струми живлення електродвигунів і ПЧ (електричне коло 3*380 В);
- струми для живлення систем контролю і керування (електричне коло 24 В).

Схема електрична принципова наведена в Додатку Б.

3.1. Струми електричного кола 3*380 В

Визначимо струми електричного кола 3*380 В. Для цього, в таблиці 3.1 приведемо всі об'єкти мережі 3*380 В, які споживають струм в процесі переміщення відсіків стелажів.

Таблиця 3.1

Споживаний струм в мережі 3*380 В

Назва	Модель	Споживаний струм $I_{\text{ном.}}$, А	Кількість	Загальний струм $I_{\text{заг.}}$
Струм електричного кола відсіку				
Електродвигун	SA 77 R37 DRS71M4	1,62	4	6,48
Частотний перетворювач	MOVITRAC MC07B (0040-5A3-00)	0,54	1	0,54
Разом:				7,02
Струм електричного кола всієї системи				
Відсік		7,02	12	84,24

3.2. Струми електричного кола 24 В

Для визначення струмів в колі 24 В необхідно провести розрахунки електричних кіл і вузлів, а потім порівняти струми споживані при ручному і автоматичному режимі керування. За струм, що протікає в колі 24 В прийняти найбільший струм.

3.2.1. Розрахунок струмів і елементів вузла кола ручного керування відсіку мобільних стелажів

На рис. 3.1 наведене електричне коло, що входить в схему відсіку мобільних стелажів. Визначимо можливий протікаючий в колі струм в режимі комутації.

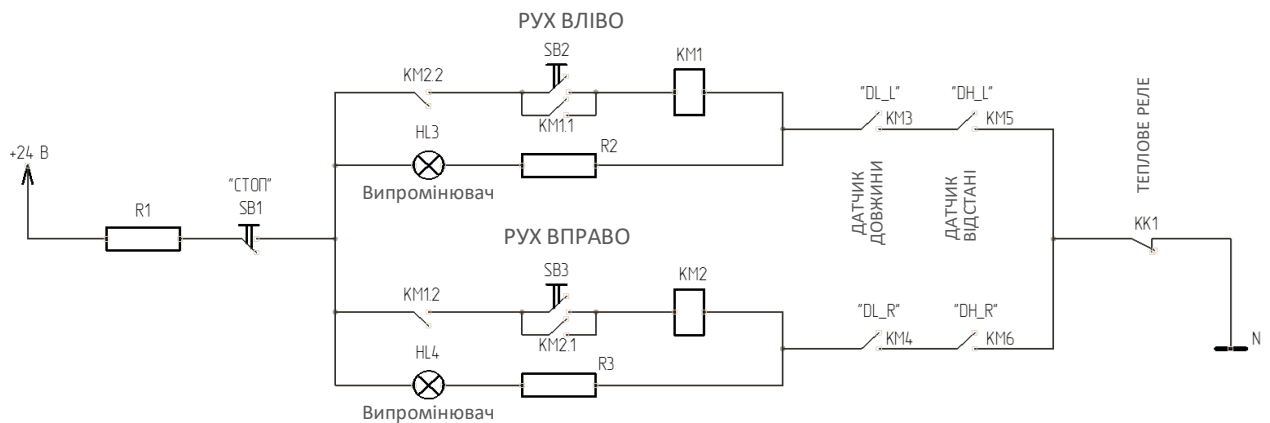


Рис. 3.1 – Схема електричного кола ручного керування відсіку мобільних стелажів

Оскільки в один момент часу може функціонувати лише одна з гілок, то розрахунок вестимемо для кола з комутаційним елементом KM1.

Оскільки реле необхідно здійснювати комутацію трьох контактів, то в якості елементів KM1, KM2 покладемо зборку «колодка RPZF3 + реле RXM3AB2BD» виробництва Schneider Electric [12].

Для спрощення розрахунку приймаємо, що ключі мають опір 0 Ом. Схема приведена на рис. 3.2.

Технічні параметри застосованих в схемі елементів приведені в Додатку А.

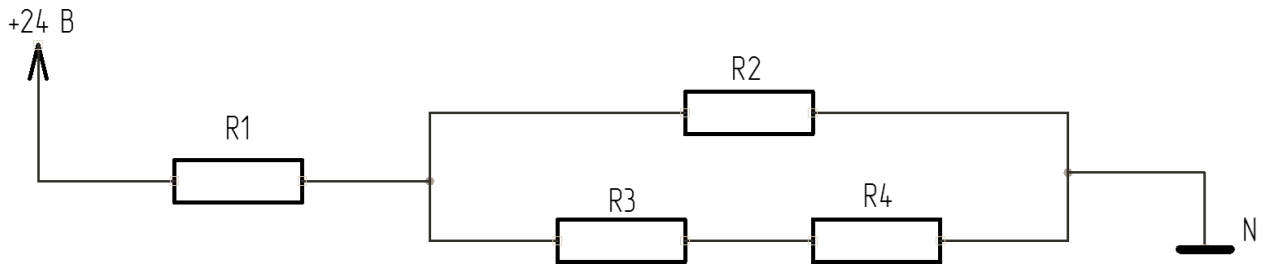


Рис. 3.2 – Схема заміщення кола ручного керування відсіку мобільних стелажів, де:

R_1 – Резистор R_1 ;

R_2 – елемент заміщення КМ1;

R_3 – елемент заміщення НЛ1;

R_4 – Резистор R_2

$$R_{\text{заг.}} = R_1 + \frac{(R_2 + R_3) \cdot R_4}{(R_2 + R_3) + R_4}, \quad (3.1)$$

$$R_{1,3,4.} = \frac{U}{I} = \frac{24}{0,018} = 1333,33 \text{ Ом.}$$

Загальний опір $R_1 + R_2 + R_3$ не повинен перевищувати 1333,33 Ом.

$$R_3 = 100 \text{ Ом,}$$

$$R_{1,2.} = \frac{U}{I} = \frac{24}{0,005} = 4800 \text{ Ом.}$$

Загальний опір $R_1 + R_2$ не повинен перевищувати 4800 Ом.

$$R_2 = 1 \text{ Ом.}$$

Приймаємо,

$$R_1 = 1000 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 100 \text{ Ом (R2)}$$

Тоді, максимальний струм, що протікає у вузлі, буде рівний:

$$I_{\text{max.}} = \frac{U}{R_{\text{заг.}}} = \frac{U}{R_1 + \frac{(R_2 + R_3) \cdot R_4}{(R_2 + R_3) + R_4}} = \frac{24}{1000 + \frac{(1+100) \cdot 100}{(1+100)+100}} = \frac{24}{1050} \approx$$

$$\approx 0,023 \text{ A}$$

Потужність резисторів R_1 і R_4 , визначимо по формулі (3.2).

$$P_R = R \cdot I_{\text{max}}^2. \quad (3.2)$$

$$P_{R_1} = R_1 \cdot I_{\text{max}}^2 = 1000 \cdot 0,023^2 = 0,529 \text{ Вт (R1 на схемі рис. 3.2);}$$

$$P_{R_4} = R_4 \cdot I_{\text{max}}^2 = 100 \cdot 0,023^2 = 0,0529 \text{ Вт (R2 на схемі рис. 3.2);}$$

Застосовуємо наступні елементи в схемі:

R1 – резистор вуглецевий CF - 100 (C1-4) 1 Вт; 1 кОм; 5%;

R2 = R3 – резистор постійний точний С2-29в 0,125Вт; 100 кОм; 0,25%.

До кола ручного керування входять комутаційні реле КМ7...КМ9. Визначимо споживаний у колі струм і номінали резисторів R8...R10 (рис. 3.3).

Оскільки реле необхідно здійснювати комутацію 4 контактів, то в якості елементів КМ7...КМ9 приймаємо збірку «колодка RPZF4 + реле RXM4AB2BD» [12] виробництва Schneider Electric.

Технічні параметри застосованих в схемі елементів приведені в Додатку А.

Визначимо струм, що протікає через резистори R8... R10:

$$R_{8, KM7} = \frac{U}{I_{R8}} = \frac{24}{0,01} = 2400 \text{ Ом}.$$

Загальний опір $R_8 + R_{KM7}$ не повинен перевищувати 2400 Ом.

Для спрощення розрахунку покладемо, що ключі КМ7 ... КМ9 мають опір 1 Ом.

$$R_{KM7} = R_{KM8} = R_{KM9} = 1 \text{ Ом}.$$

Покладемо,

$$R_8 = R_9 = R_{10} = 2000 \text{ Ом}.$$

Тоді, максимальний струм, що протікає у вузлі, буде дорівнювати:

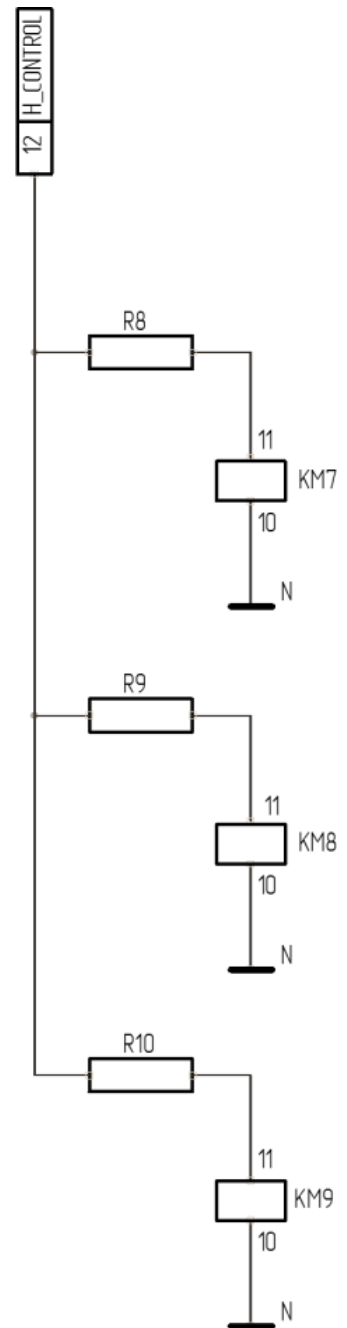


Рис. 3.3 – Схема комутаційних реле КМ7...КМ9 кола ручного керування відсіку мобільних стелажів

$$I_{\max.} = \frac{U}{R_{\text{заг.}}} = \frac{U}{\frac{1}{\frac{1}{R_8} + \frac{1}{R_9} + \frac{1}{R_{10}}}} = \frac{U}{\frac{1}{\frac{1}{2000} + \frac{1}{2000} + \frac{1}{2000}}} = \frac{24}{666,67} \approx 0,036 \text{ A}$$

$$I_{R_8} = I_{R_9} = I_{R_{10}} = \frac{U}{R_8} = \frac{24}{2000} = 0,012 \text{ A.}$$

Потужність резисторів $R_8 \dots R_{10}$, визначимо по формулі (3.2).

$$P_{R_8} = P_{R_9} = P_{R_{10}} = R_8 \cdot I_{\max}^2 = 2000 \cdot 0,012^2 = 0,288 \text{ Вт.}$$

Застосовуємо наступні елементи в схемі:

$R_8 \dots R_{10}$ – Резистор вуглецевий CF - 50 (С1-4) 0,5 Вт; 2 кОм; 5%.

До кола ручного керування входять комутаційні реле КМ3...КМ6.

Визначимо споживаний у колі струм і номінали резисторів $R_4 \dots R_7$ (рис. 3.4).

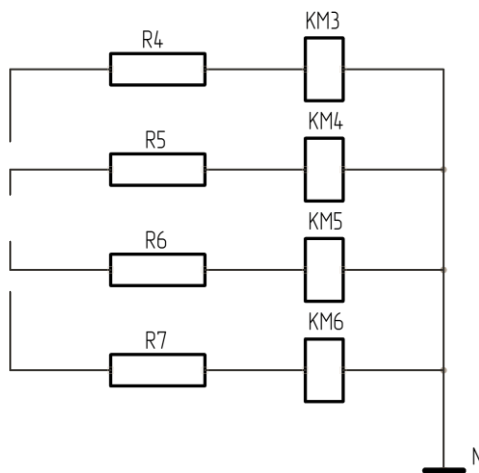


Рис. 3.4 – Схема комутаційних реле КМ3...КМ6 кола ручного керування відсіку мобільних стелажів

Оскільки реле необхідно здійснювати комутацію одного контакту, то в якості елементів КМ3...КМ6 приймаємо твердотіле реле GDH1023DD3 виробництва IMPULS [13].

Технічні параметри цих реле наведені в Додатку А.

Визначимо струм, що протікає через резистори $R_4 \dots R_7$:

$$R_{4, \text{КМ3}} = \frac{U}{I_{R_4}} = \frac{24}{0,005} = 4800 \text{ Ом.}$$

Загальний опір $R_4 + R_{\text{КМ3}}$ не повинно перевищувати 4800 Ом.

Для спрощення розрахунку приймаємо, що ключі (КМ3 ... КМ6) мають опір 1 Ом.

$$R_{\text{КМ3}} = R_{\text{КМ4}} = R_{\text{КМ5}} = R_{\text{КМ6}} = 1 \text{ Ом}$$

Приймаємо,

$$R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = 3900 \text{ Ом.}$$

Тоді, максимальний струм, що протікає у вузлі, буде рівний:

$$I_{\max.} = \frac{U}{R_4} = \frac{24}{3900} = 0,0061 \text{ A.}$$

Струм, що тече у вузлі:

$$I_{\text{вузла}} = I_{\max.} \cdot 4 = 0,0061 \cdot 4 = 0,0244 \text{ A.}$$

Потужність резисторів $R_4 \dots R_7$, визначимо за формулою (3.2).

$$P_{R_4} = P_{R_5} = P_{R_6} = P_{R_7} = R_4 \cdot I_{\max}^2 = 3900 \cdot 0,0061^2 = 0,145 \text{ Вт.}$$

Застосовуємо наступні елементи в схемі:

$R_4 \dots R_7$ – Резистор вуглецевий CF - 50 (C1-4) 0.5 Вт; 3.9 кОм; 5%.

3.2.2. Розрахунок струмів і елементів пульта керування

Визначимо споживаний по колу струм і номінали резисторів $R_1 \dots R_4$, $R_6 \dots R_9$ (рис. 3.5).

Оскільки в колі є присутніми кнопки керування, то для спрощення розрахунку приймемо їх опір 0 Ом.

В якості пристроїв світлової індикації приймаємо наступні вироби:

$VD_1 \dots VD_{13}$ – сигнальна лампа 8 мм жовта XVLA235;

$VD_{14} \dots VD_{17}$, $VD_{19} \dots VD_{28}$ – сигнальна лампа 8 мм зелена XVLA233;

VD_{18} , VD_{29} , VD_{30} – сигнальна лампа 8 мм червона XVLA234.

Технічні параметри застосованих елементів приведені в Додатку А.

Визначимо струм, що протікає через резистори R_1 , $R_4 \dots R_6$, $R_8 \dots R_{11}$.

Оскільки з основного блоку керування видається сигнал величиною 24 В, де максимальний струм складає 0,5 А, а вхідний струм не має бути менше 2,5 мА, то враховуючи струм споживання на світлові індикатори 18 мА, покладемо номінальний струм у будь-якому колі 20 мА.

$$R_{1,VD_1} = R_{6,VD_{14}} = R_{9,VD_{22}} = R_{10,VD_{29}} = R_{11,VD_{30}} = \frac{U}{I_{VD_1}} = \frac{24}{0,02} = 1200 \text{ Ом.}$$

Оскільки $R_{VD_1} \dots R_{VD_{30}} = 100 \text{ Ом}$, то приймаємо:

$$R_1 = R_6 = R_9 = R_{10} = R_{11} = 1000 \text{ Ом.}$$

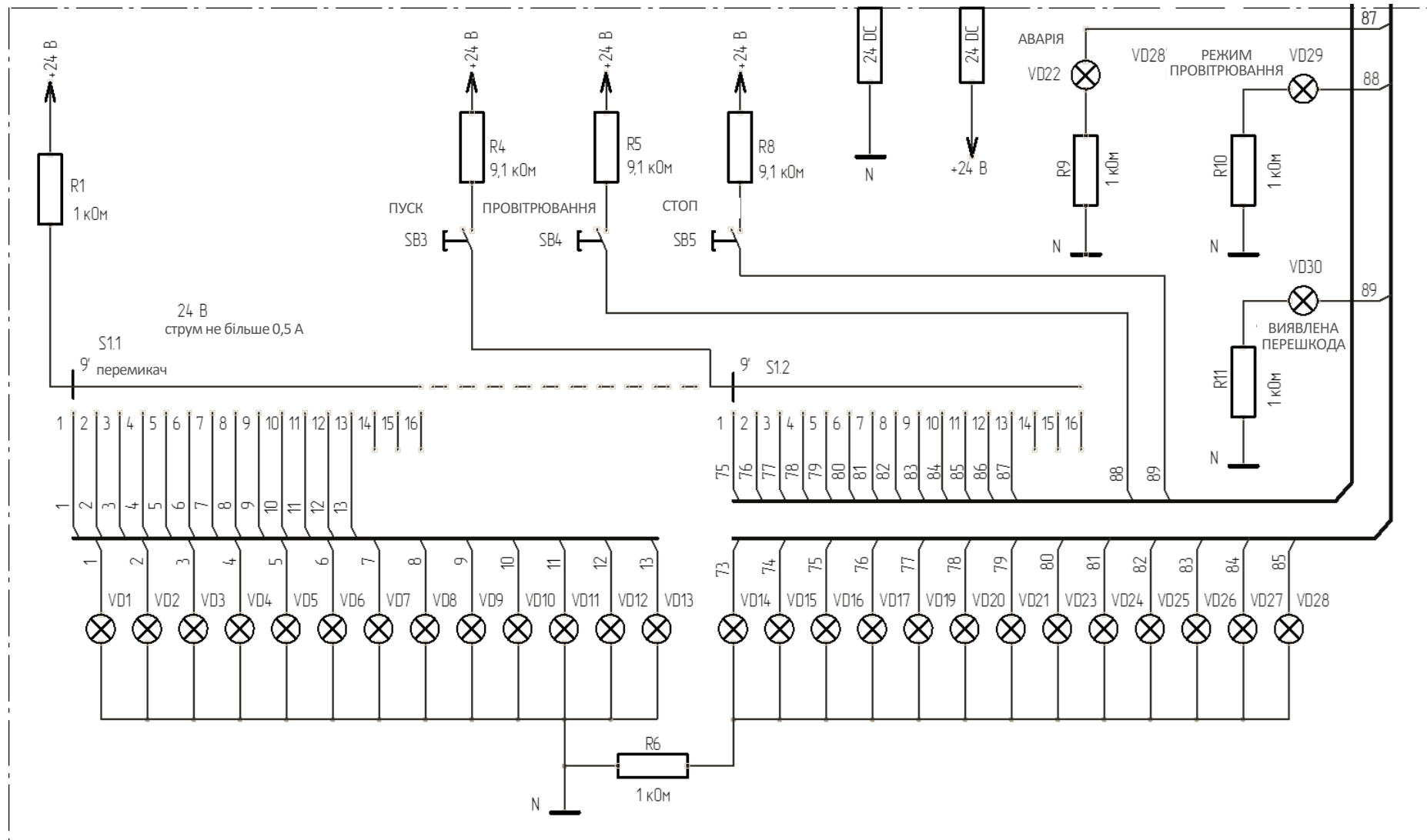


Рис. 3.5 – Схема електрична принципова пульта керування переміщенням мобільних стелажів

Загальний опір $R + R_{VD}$ не повинен перевищувати 1200 Ом.

$$R_4 = R_5 = R_8 = \frac{U}{I_{R4}} = \frac{24}{0,0025} = 9600 \text{ Ом.}$$

Опір R_4, R_5, R_8 не повинен перевищувати 9600 Ом.

Приймаємо $R_4 = R_5 = R_8 = 9100 \text{ Ом.}$

Визначимо струм, що протікає через пульт керування переміщенням мобільних стелажів:

$$I_{R9,VD14} = I_{R1,VD1} = I_{R9,VD22} = \frac{U}{R_1 + R_{VD1}} = \frac{24}{1000 + 100} = 0,022 \text{ A}$$

$$I_{max} = I_{R9,VD14} + I_{R1,VD1} + I_{R4} + I_{R9,VD22} = 0,022 + 0,022 + 0,022 + 0,0025 = 0,0685 \text{ A}$$

Потужність резисторів $R_1, R_4 \dots R_6, R_8 \dots R_{11}$ визначимо по формулі (3.2).

$$P_{R1} = P_{R6} = P_{R9} = P_{R10} = P_{R11} = R_1 \cdot I_{R4,VD14}^2 = 1000 \cdot 0,022^2 = 0,484 \text{ Вт.}$$

$$P_{R4} = P_{R5} = P_{R8} = R_8 \cdot I_{R8}^2 = 9100 \cdot 0,0025^2 = 0,057 \text{ Вт}$$

Застосовуємо наступні елементи в схемі:

$R_1, R_6, R_9 \dots R_{11}$ – резистор вуглецевий CF-100 (С1-4) 1 Вт; 1 кОм; 5%;

R_4, R_5, R_8 – резистор вуглецевий CF-25 (С1-4) 0,25 Вт; 9,1 кОм; 5%.

3.2.3. Розрахунок струмів і елементів ОБК

До кола аварійного відключення входить контактор КМ2 і резистор R5.

Визначимо споживаний у колі струм і номінал резистора (рис. 3.6).

Оскільки необхідно здійснювати комутацію трьох силових контактів кола 380*3 В і одного слабкострумового контакту кола 24 В, то обираємо в якості елемента К2 LC 1 D95BD-BD [14].

Технічні параметри прийнятого елемента приведені в Додатку А.

Виходячи з технічних параметрів, контактор споживає в колі керування (від 0,1 до 0,26) А. Обчислимо номінали опору R5 при максимальному і мінімальному струмі та при напрузі 24 В:

$$R_{5_min} = \frac{24}{0,26} = 92 \text{ Ом},$$

$$R_{5_max} = \frac{24}{0,1} = 240 \text{ Ом}.$$

Таким чином, величина R_5 має бути в межах від 92 Ом до 240 Ом.

Коло КСА-КСБ може бути довжиною до 700 м. Врахуємо можливе падіння напруги на цій ділянці по формулі (3.3).

$$R_{КСА-КСБ} = \frac{\rho \cdot l}{S}, \quad (3.3)$$

де $R_{КСА-КСБ}$ – опір дроту, Ом;

ρ – питомий опір дроту, Ом·мм²/м;

l – довжина дроту, м;

S – площа поперечного перерізу, мм².

Опір мідного дроту 0,0175 Ом·мм²/м, тоді

$$R_{КСА-КСБ} = \frac{0,0175 \cdot 700}{0,5} = 24,5 \text{ Ом}.$$

Враховуючи отриманий опір дроту, приймаємо $R_5 = 200$ Ом.

Струм, що протікає через контактор К2 складе:

$$I_{K_2} = \frac{U}{R_{КСА-КСБ} + R_5} = \frac{24}{24,5 + 200} = 0,106 \text{ А}$$

Падіння напруги в дроті складе:

$$U_{КСА-КСБ} = I_{K_2} \cdot R_{КСА-КСБ} = 0,106 \cdot 24,5 = 2,62 \text{ Вм}.$$

Таке падіння напруги є незначним і воно не вплине на мінімальну комутаційну напругу КМ2.

Потужність резистора R_5 визначимо за формулою (3.2).

$$P_{R_5} = R_5 \cdot I_{K_2}^2 = 200 \cdot 0,106^2 = 2,24 \text{ Вм}.$$

Застосовуємо наступні елементи в схемі:

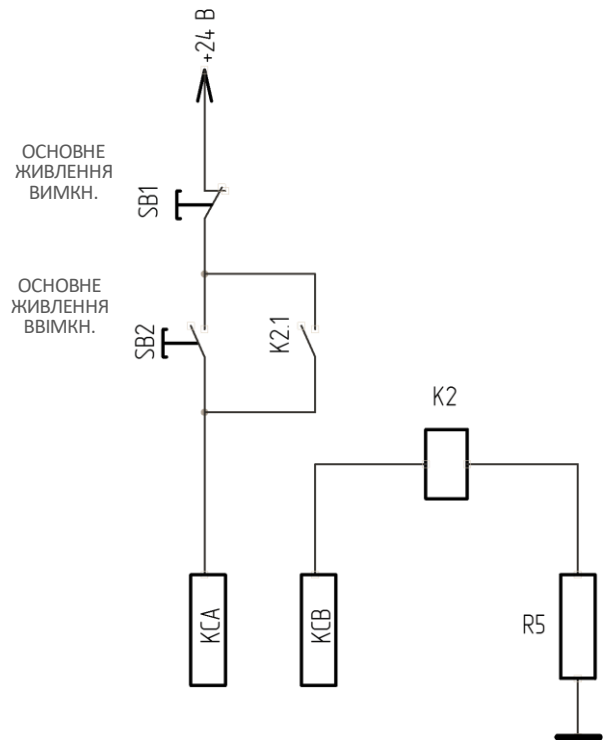


Рис. 3.6 – Схема кола аварійного відключення

R_5 – резистор дротяний потужний (цементний) SQP 10 Вт; 200 Ом; 5%.

3.2.4. Розрахунок струмів і елементів в звуковій системі сповіщення

До кола звукової системи сповіщення входить реле КМ1 і резистори R2 і R3. Визначимо споживаний струм в колі (рис. 3.7).

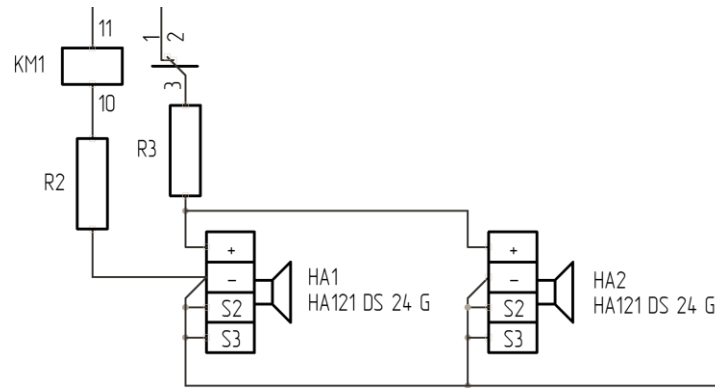


Рис. 3.7 – Схема кола звукової системи сповіщення

Оскільки має відбуватись комутація одного контакту в колі з напругою 24 В постійного струму, то обираємо в якості елемента КМ1 твердотіле реле GDH1023DD3 [13].

Технічні параметри цих реле приведені в Додатку А.

Визначимо струм, що протікає через HA1 і HA2.

Оскільки з основного блоку керування видається сигнал величиною 24 В, де максимальний струм складає 500 мА, а струм споживання звуковою системою не має бути менше 375 мА, виходячи з цих даних визначимо мінімальну і максимальну величину опорів R2 і R3 :

$$R_{2_min} = \frac{U}{I_{min}} = \frac{24}{0,5} = 48 \text{ Ом},$$

$$R_{5_max} = \frac{U}{I_{max}} = \frac{24}{0,375} = 64 \text{ Ом}.$$

Для спрощення розрахунку приймаємо, що ключ КМ1 має опір 1 Ом. ($R_{KM1} = 1 \text{ Ом}$).

Приймаємо:

$$R_2 = 1000 \text{ Ом};$$

$$R_3 = 56 \text{ Ом}.$$

Опір (R_{HA1}) звукової системи сповіщення HA 121 DS 24 G:

$$R_{HA1} = \frac{U}{I_{\min}} = \frac{30}{0,375} = 11,25 \text{ Ом}.$$

Визначимо, максимальні струми, що протікають по гілках.

$$I_{R3_max} = \frac{U}{R_{заг.}} = \frac{U}{R_3 + R_{HA1,HA2}} = \frac{24}{56 + \left(\frac{1}{\frac{1}{11,25} + \frac{1}{11,25}} \right)} = \frac{24}{56 + 5,625} = 0,389 \text{ А};$$

$$I_{R2_max} = \frac{U}{R_2 + R_{KM1}} = \frac{24}{1000 + 1} = 0,0239 \text{ А}.$$

Визначимо потужність резисторів R_2 і R_3 за формулою (3.2).

$$P_{R_2} = R_2 \cdot I_{R_2_max}^2 = 1000 \cdot 0,0239^2 = 0,858 \text{ Вт};$$

$$P_{R_3} = R_3 \cdot I_{R_3_max}^2 = 56 \cdot 0,389^2 = 8,47 \text{ Вт}.$$

Застосовуємо наступні елементи в схемі:

R_2 – резистор вуглецевий CF-100 (С1-4) 1 Вт; 1 кОм; 5%;

R_3 – резистор дротяний потужний (цементний) SQP 10 Вт; 56 Ом; 5%.

3.2.5. Струми, що протікають в колі 24 В

У таблиці 3.2 представлені струми, що протікають в колі 24 В комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів.

Таблиця 3.2

Струми, що протікають в мережі 24 В

Назва блоку споживача	Кіл-ть споживачів	Струм споживання $I_{\text{спож.}}$ А	Струм блоку I, A	Кіл-ть блоків	Споживання струму	
					Ручн. реж. керування $I_{\text{спож.ручн.}}$, А	Автом. реж. керування $I_{\text{спож.автом.}}$, А
Блок контролера						
Модуль живлення	1	1,6	1,600	1		10,150
Модуль процесора	1	1,8	1,800			
Модуль дискретного виведення	3	2	6,000			
Модуль дискретного введення	3	0,25	0,750			
Разом на блок			10,150			
Блок пульта керування системи						
Елементи пульта керування системи	1	0,0685	0,069	1		0,069
Блок ручного керування відсіком мобільних стелажів						
Коло ручного керування відсіком	1	0,023	0,023	12	1,001	
Комутаційні реле КМ3...КМ8 кола ручного керування відсіком	1	0,036	0,036			
	1	0,024	0,024			
Разом на блок			0,083			
Блок ОБК						
Коло аварійного вимкнення	1	0,106	0,106	1	0,106	0,106
Блок звукового сповіщення						
Коло реле КМ1	1	0,0239	0,024	1		0,413
Коло живлення динаміків	1	0,389	0,389			
Разом на блок			0,413			
Інші блоки						
Фронтальний світловий затвор	4	0,055	0,220	1		0,220
Датчики положення відсіку у складському просторі	1	0,05	0,600	12		0,600
Датчики світлового затвору відсіку	4	0,055	0,220	12	2,640	2,640
Датчики контролю положення стелажів відносно один одного	2	0,05	0,100	12	1,200	1,200
Візуально-світлова система сповіщення	1	0,025	0,025	12	0,300	0,300
Разом					5,247	15,697

3.3. Перерізи провідників

Для визначення перерізу провідників, застосовується формула (3.3), що наведена в п. 3.2.3.

3.3.1. Переріз провідників для мережі 3*380 В

У мережі 3*380 В для керування електродвигунами застосовується

частотний перетворювач, який знижує пускові струми і тим самим пускові струми можна не враховувати для розрахунку перерізу провідників.

При роботі електродвигунів відбувається просідання живлення, пов'язане з падінням потужності на провіднику. Для ефективної роботи приводу, необхідно, щоб таке просідання не перевищувало 5% від напруги живлення приводу.

$$\Delta U = U_{\text{фази}} * 5\% = 380 \text{ В} * 5\% = 19 \text{ В}$$

$$\Delta U > U_{\text{просідання}}$$

$$U_{\text{просідання}} = I_{\text{П}} * R_{\text{пров.}}$$

Розрахункові дані приведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Падіння напруги на провідниках в мережі 3*380 В

Блок	Провідник				Падіння напруги на провіднику, ΔU , В
	Струм споживання кола, $I_{\text{заг.}}$, А	Довжина провідника l , м	Переріз провідника, S , мм ²	Опір провідника, $R_{\text{пров.}}$, Ом	
ОБК	84,24	120	16	0,13	11,06
Відсік					
Частотний перетворювач	7,02	30	1,5	0,35	2,46
Електродвигун	6,48	50	1,5	0,58	3,78
Разом:					17,29

Отримане падіння напруги менше 19 В. Таким чином перерізи провідників підібрані правильно.

3.3.2. Переріз провідників для мережі 24 В

Максимальний струм, що тече в колі 24 В складає 0,389 А. Такий струм надходить до блока звукової системи сповіщення.

Падіння напруги на кабелі повинне не перевищувати 5% від напруги живлення динаміків. Обчислимо можливу довжину кабелю. Переріз дроту приймемо 0,5 мм².

$$\Delta U > U_{\text{мереж.}} \cdot 5\% = 24 \text{ В} \cdot 5\% = 1,2 \text{ В}$$

$$\Delta U > I_{\text{спож.}} \cdot R_{\text{пров.}}$$

$$\Delta U > I_{\text{спож.}} \cdot \frac{\rho \cdot l}{S}$$

$$l < \frac{\Delta U \cdot S}{I_{\text{спож.}} \cdot \rho} = \frac{1,2 \cdot 0,5}{0,389 \cdot 0,0175} = 88,14 \text{ м.}$$

Струм, що тече у колі 24 В від ОБК до елементів відсіків системи керування переміщенням мобільних стелажів не перевищує 0,0685 А. Обчислимо можливу довжину кабелю при перерізі дроту 0,5 мм² і падінні напруги на кабелі не більше 1,2 В.

$$l < \frac{\Delta U \cdot S}{I_{\text{спож.}} \cdot \rho} = \frac{1,2 \cdot 0,5}{0,0685 \cdot 0,0175} = 500,5 \text{ м.}$$

3.3.3. Струми короткого замикання

Найскладніше коротке замикання – трифазне (рис. 3.8).

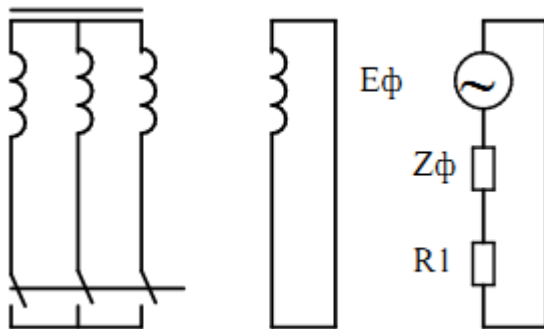


Рис. 3.8 – Схема заміщення трифазного короткого замикання

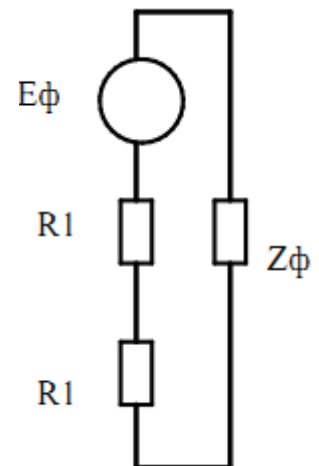


Рис. 3.9 – Схема заміщення однофазного короткого замикання

Визначимо струми трифазного короткого замикання:

$$E_{\text{фазне}} = 1,05 \cdot U_{\text{фазн}} = 1,05 \cdot 380 = 399 \text{ В}$$

$$R_1 = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,0175 \cdot \left(\frac{120}{16} + \frac{30}{1,5} + \frac{50}{1,5} \right) \approx 1,0733 \text{ Ом};$$

$$I_{1_{КЗ}} = \frac{E_{\text{фазне}}}{z_{\phi} + R_1} = \frac{399}{0,075 + 1,0733} \approx 347,46 \text{ А.}$$

Визначимо максимальні струми однофазного короткого замикання (рис. 3.9):

$$I_{1_{\text{фаза-КЗ}}} = \frac{E_{\text{фазне}}}{z_{\phi} + R_1 + R_1} = \frac{399}{0,075 + 1,0733 + 1,0733} \approx 179,6 \text{ А.}$$

3.3.4. Вибір елементів захисту електричних кіл і перетворювачів

Необхідно вибрати автоматичні вимикачі з комбінованими розчіплювачами, які забезпечать захист застосованому устаткуванню і робочому персоналу в процесі експлуатації системи. Інформація по обраним виробам приведена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Характеристики автоматичних вимикачів

Навантаження				Вимикач					
№ кола	I_n , А	$I_{кз_max}$, А	$I_{пер}$, А	I_n , А	U , В	Число полюсів	Тип хар-ки	$I_{сб}/I_{сп}$, кА	Обладнання
QF1	84,24	347,46	84,24	100	400	3	Крива А	25	NG125N C 100A 3P+N
QF2	2	–	–	3	400	1	Крива С	6	1п 6А С ТХ3 6кА

За отриманими результатами:

- перетворювач UZ1 має витримувати постійний струм 15,7 А наруги 24 В;
- ключ SAC1 має витримувати постійний струм 10,15 А наруги 24 В.

Застосовуємо наступні елементи в схемі:

UZ1 – блок живлення 24 Вольт 20 Ампер ГОРН-КТ-24В/20А [15];

SAC1 – перемикач K1B002NLH [16].

Технічні параметри елементів наведені в Додатку А.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Для вибору засобів електронного захисту розроблюваної комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів проведено розрахунок електричних кіл і визначено: номінальні і тривалі фазні струми навантажень (електродвигунів, датчиків, випромінювачів, приймачів та ін. пристроїв системи); перерізи провідників; найбільший струм короткого замикання.

В результаті проведених розрахунків встановлено, що:

1. Коло «МАГІСТРАЛЬ ЖИВЛЕННЯ 3*380 В» від основного блоку керування до розподілу на відсіки, через кабельні кола, може пропускати струм до 84,24 А. Довжина кабелю може бути до 120 м.
2. У колах від розподілу на відсіки до частотного перетворювача може текти струм до 7,02 А. Довжина кола може бути до 30 м.
3. У колах від частотного перетворювача до електродвигунів може текти струм до 6,48 А. Довжина кабелів може бути до 50 м.
4. Коло «МАГІСТРАЛЬ ЖИВЛЕННЯ 3*380 В» від основного блоку керування до розподілу на відсіки, через кабельні кола, має переріз мідної жили дроту 16 мм².
5. Кабелі кола від розподілу на відсіки до електродвигунів мають переріз мідної жили дроту 1,5 мм².
6. Для кола живлення 24 В застосовуються мідні провідники перерізом 0,5 мм².
7. Елементи звукової системи сповіщення повинні знаходитися не більше ніж за 88,14 м від шафи ОБК.
8. Коло «МАГІСТРАЛЬ ЖИВЛЕННЯ 24В» від основного блоку керування до відсіків мобільних стелажів через кабельні кола, може пропускати струм 0,067 А на дріт (6 А/89 виходів). Довжина кіл може бути до 300 м.
9. Найбільший струм тече від основного блоку керування до вузла звукової системи сповіщення і складає 0,389 А.
10. Максимальні струми однофазного короткого замикання 179,6 А.
11. Максимальні струми трифазного короткого замикання 347,46 А.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМИ КЕРУВАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЕРА

Розроблення програми керування переміщенням мобільних стелажів виконувалось в пакеті Unity Pro, призначеного для платформи Modicon Quantum. Цей пакет дозволяє вести програмування п'ятьма мовами міжнародного стандарту IEC 61131-3 і має велику бібліотеку алгоритмів для організації процесів регулювання, включаючи і автоматичне налаштування регуляторів.

Пакет Unity Pro має штатні функціональні блоки, в яких реалізовані різні алгоритми, використовувані для вирішення завдань безперервного керування. У ній можна формувати програму, відлагоджувати і керувати через неї регуляторами.

4.1. Налаштування модулів

Перед формуванням програми необхідно обрати модулі, які будуть використані в процесі реалізації завдання.

Застосовані модулі, наведені в таблиці 2.10. Порядок їх підключення в пакеті Unity Pro наведено на рис. 4.1.



Рис. 4.1 – Порядок підключення модулів в пакеті Unity Pro

4.2. Налаштування портів

Для запису програми в контролер використовують технологію пакетної передачі даних Ethernet.

Для забезпечення передачі даних необхідно провести налаштування портів. Значення для налаштування представлені на рис. 4.2 та 4.3.

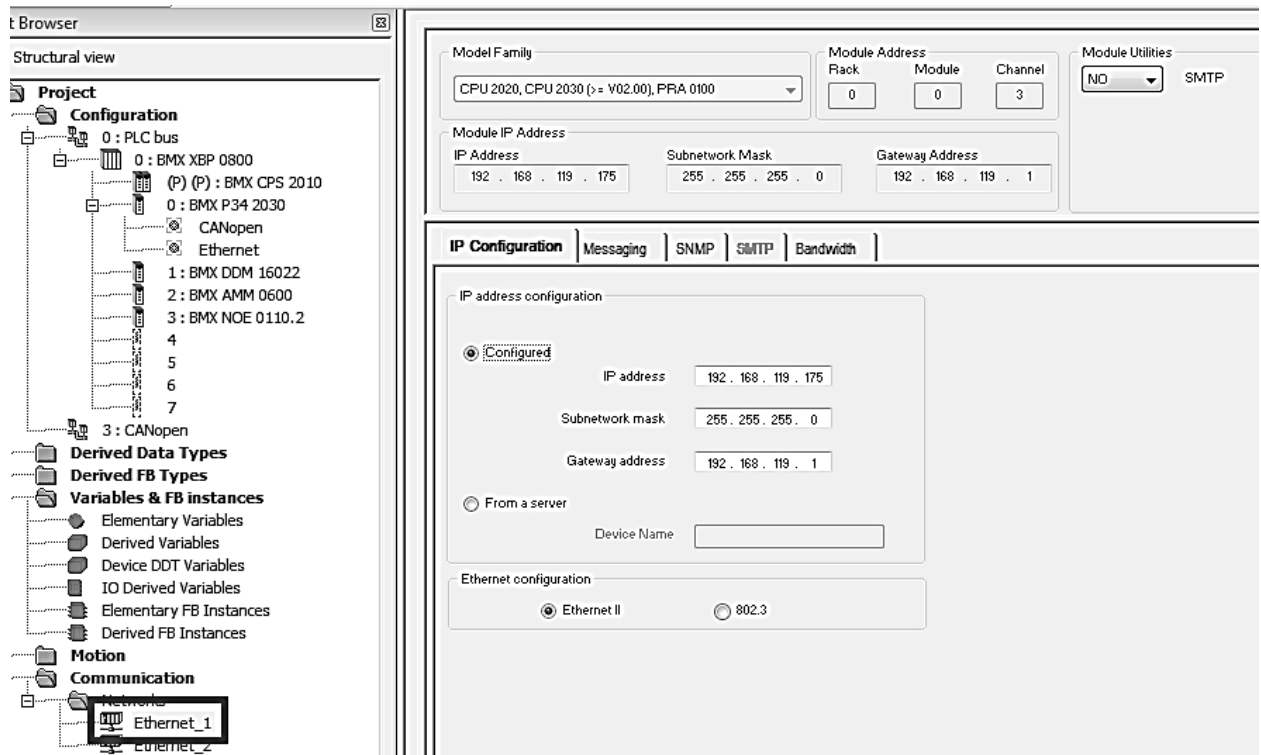


Рис. 4.2 – Налаштування порту обміну даними Ethernet_1

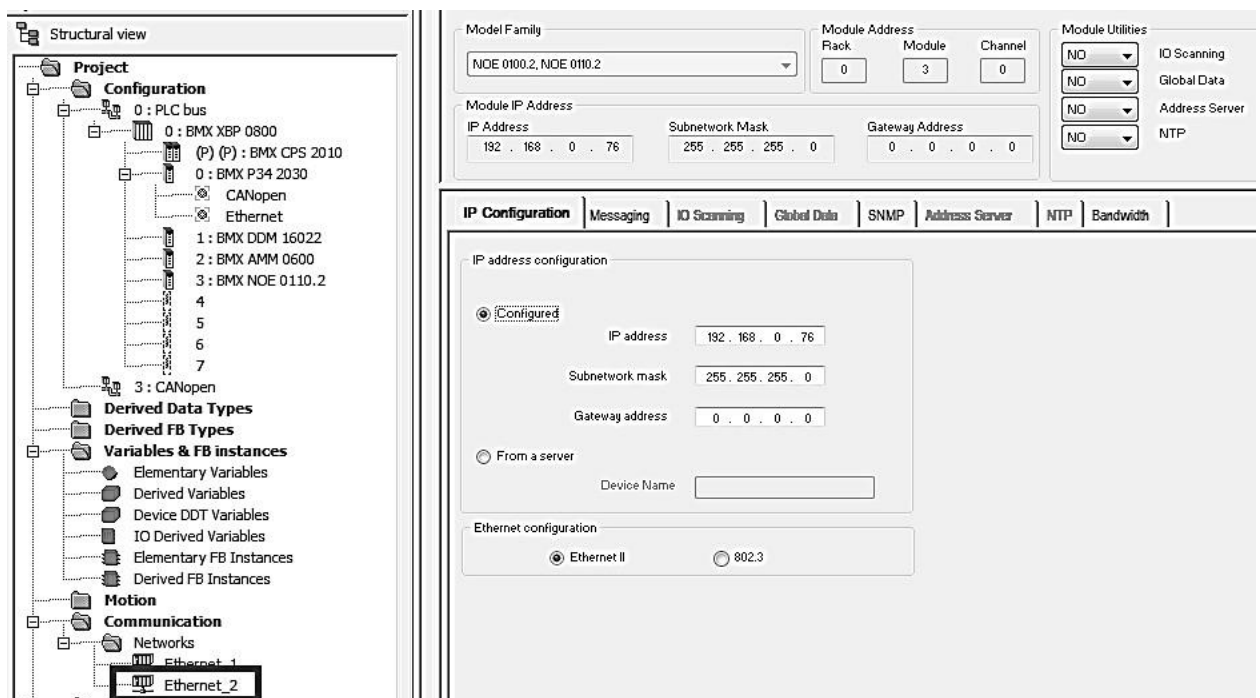


Рис. 4.3 – Налаштування порту обміну даними Ethernet_2

4.3. Програма керування

Програма керування переміщенням мобільних стелажів, реалізована мовою FBD, складається з основної програми і декількох підпрограм.

До підпрограм відносяться такі модулі як:

- 1) AVARIA_STOP
- 2) CLOCK
- 3) CLOCK2
- 4) OTCEK_DH_STOP
- 5) PRIVOD_CONTROL
- 6) SVETOVOI_ZATVOR

Призначення змінних та вхідні/вихідні сигнали наведені у таблиці В.1 додатку В.

4.3.1. Основна програма мовою FBD

Основна програма розділена на функціональні блоки, кожен з яких призначений для вирішення певних логічних дій. У блоках застосовуються логічні, математичні елементи мови FBD. Опис роботи застосованих в програмі елементів приведений у таблиці В.2 додатку В.

БЛОК 1

Цей блок приймає сигнали з датчиків світлового затвора, датчиків стану приводів, датчиків фронтального світлового затвора, сигналів з пульта дистанційного керування (СТОП, РЕЖИМ ПРОВІТРЮВАННЯ, команди на установлення проходу).

Отримані блоком сигнали обробляються і при справності стану системи, а так само при відсутності перешкод на шляху переміщення відсіків, дає дозвіл на запуск електродвигунів.

Блок 1 мовою FBD наведений на рис. 4.4.

БЛОК 2

Цей блок приймає сигнали з датчиків положення, розташованих на відсіках і порівнює їх з командою на установлення проходу.

Порівняння відбувається за рахунок переведення окремих двійкових команд (з датчиків і команд) в цілочисельне значення.

Якщо два датчики (лівого і правого положення), які розташовані не на одному відсіку, видають значення «1», тоді загальна команда з групи датчиків «1». Тим самим, можна визначити діючі проходи, де відстань між відсіками більше 15 см. Схема переведення двійкових команд в цілочисельні представлена на рис. 4.5. Цей блок має елемент команд пов'язаних з установкою блоків в режим провітрювання.

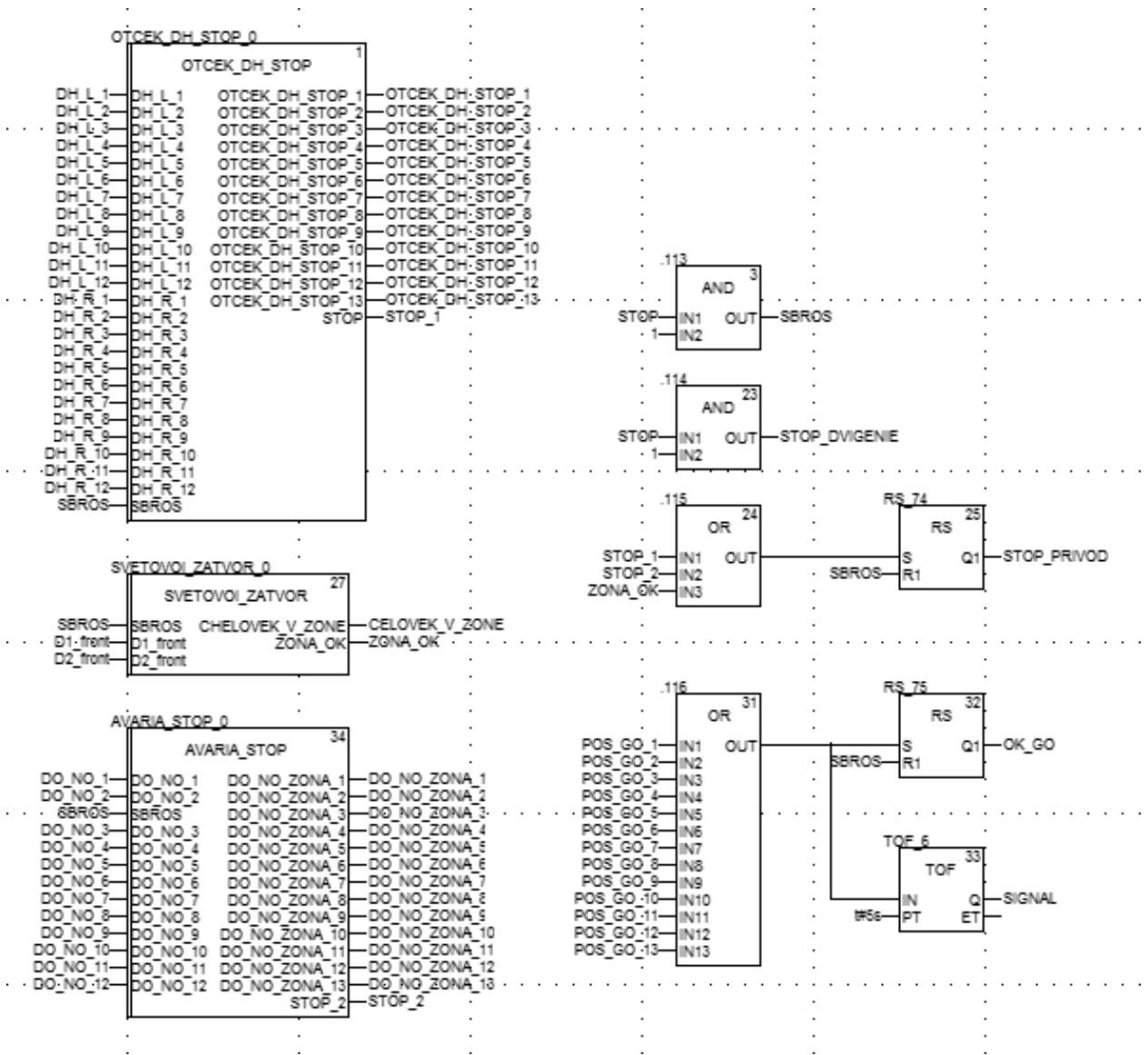


Рис. 4.4 – Реалізація блоку 1 мовою FBD

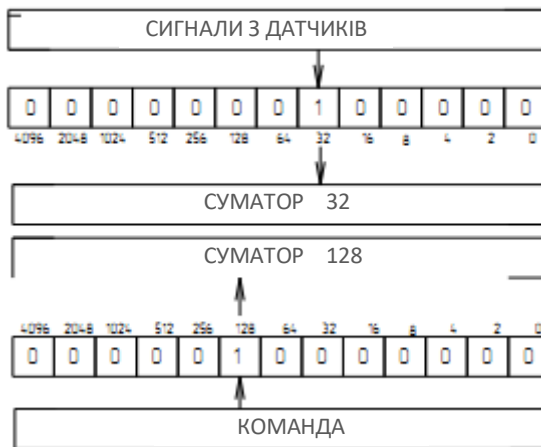


Рис. 4.5 – Схема порівняння сигналів

Блок 2 мовою FBD наведений на рис. 4.6 та 4.7.

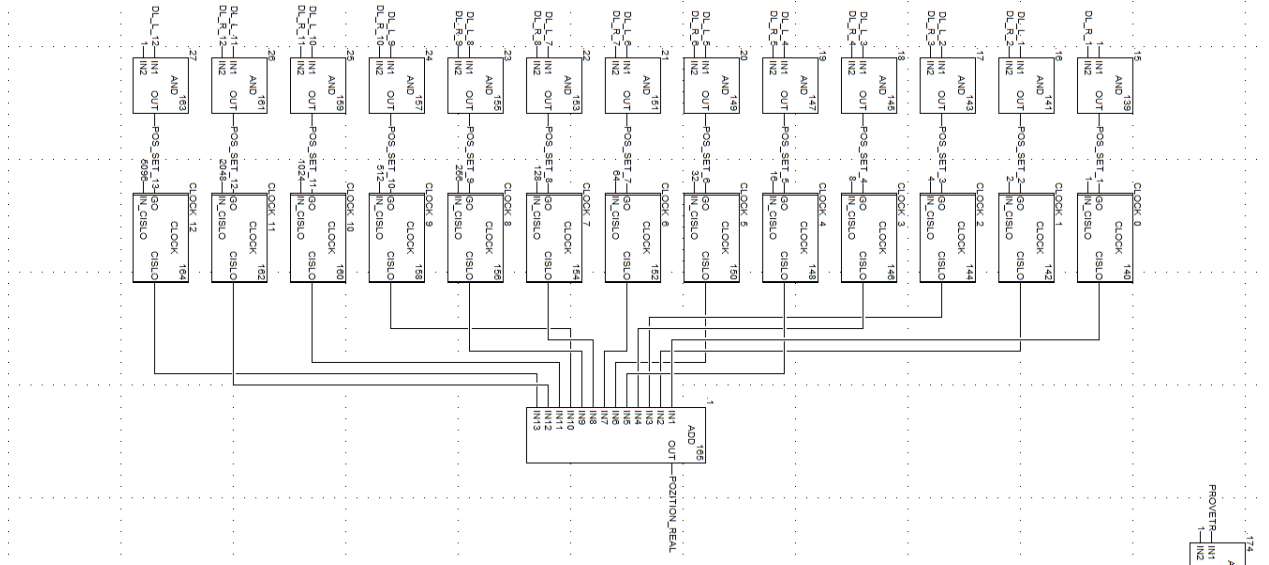


Рис. 4.6 – Реалізація блоку 2 мовою FBD (частина 1)

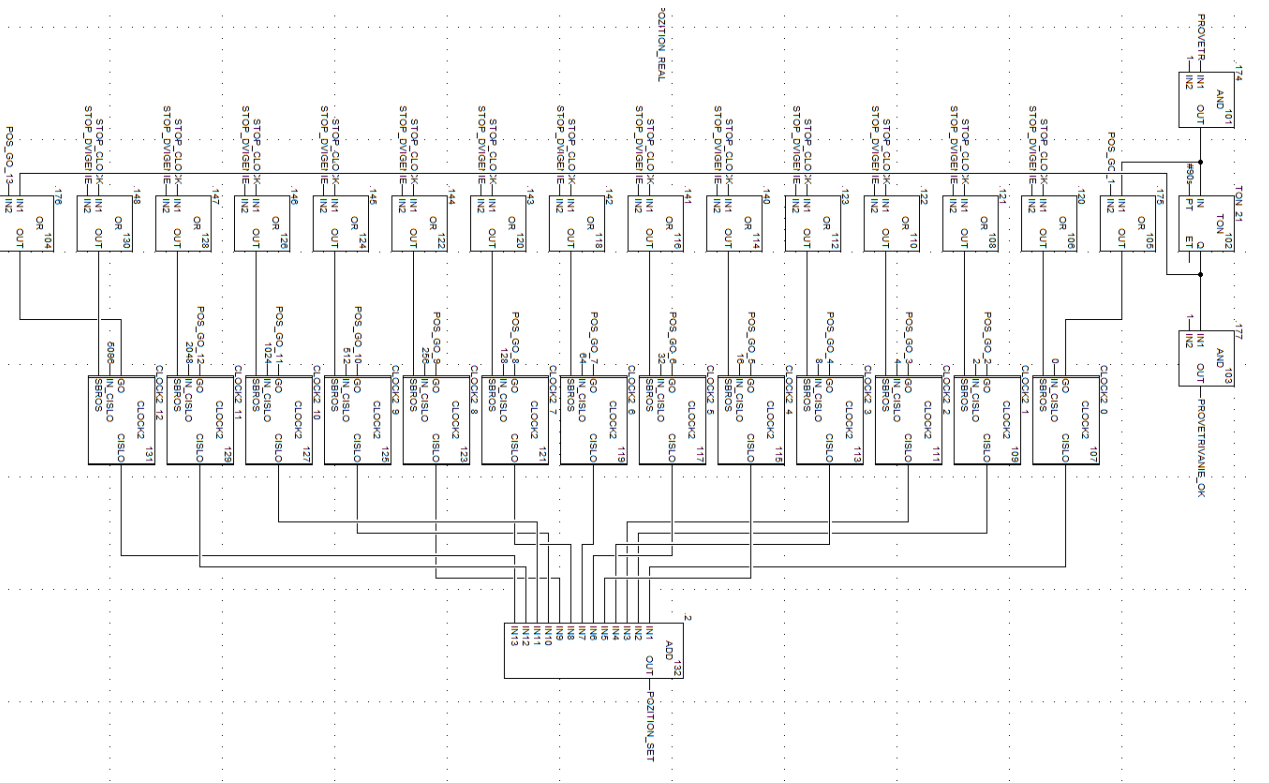


Рис. 4.7 – Реалізація блоку 2 мовою FBD (частина 2)

БЛОК 3

Цей блок здійснює порівняння цілочисельних значень при подачі команди на зміну положення проїзду і на підставі порівняння визначає напрям, в якому мають переміщатися відсіки.

Блок 3 мовою FBD наведений на рис. 4.8.

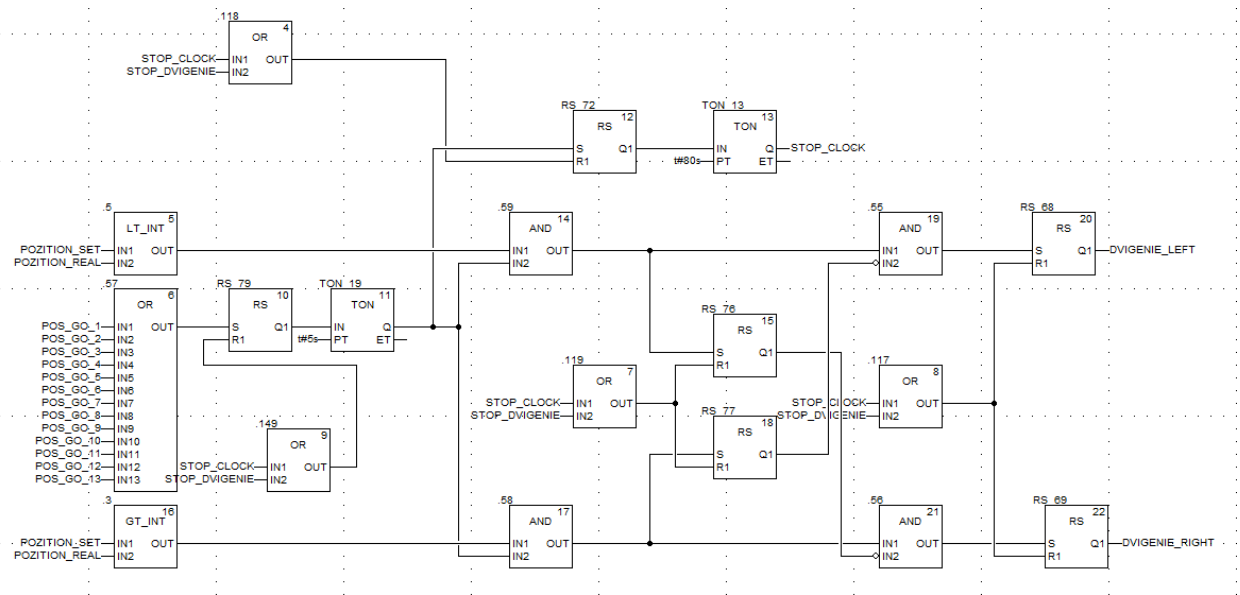


Рис. 4.8 – Реалізація блоку 3 мовою FBD

БЛОК 4

Цей блок виконує порівняння вхідних даних, серед яких:

- напрям руху відсіків;
- дані з датчика положення відсіку (лівий і правий датчики);
- код команди на установку проходу;
- мітки режиму провітрювання;
- команда на установку провітрювання.

Якщо сигнал від напрямку руху відсіків і від даних з датчиків положення відсіків є «1», то відповідному відсіку видається команда на запуск електродвигунів.

Команда на запуск двигунів не видається, у випадку:

- установлення відсіку в задане положення;
- відсутній сигнал від датчика положення відсіку;
- установлення режиму провітрювання. Відсік досяг потрібної мітки.

Блок 4 мовою FBD наведений на рис. 4.9 та 4.10.

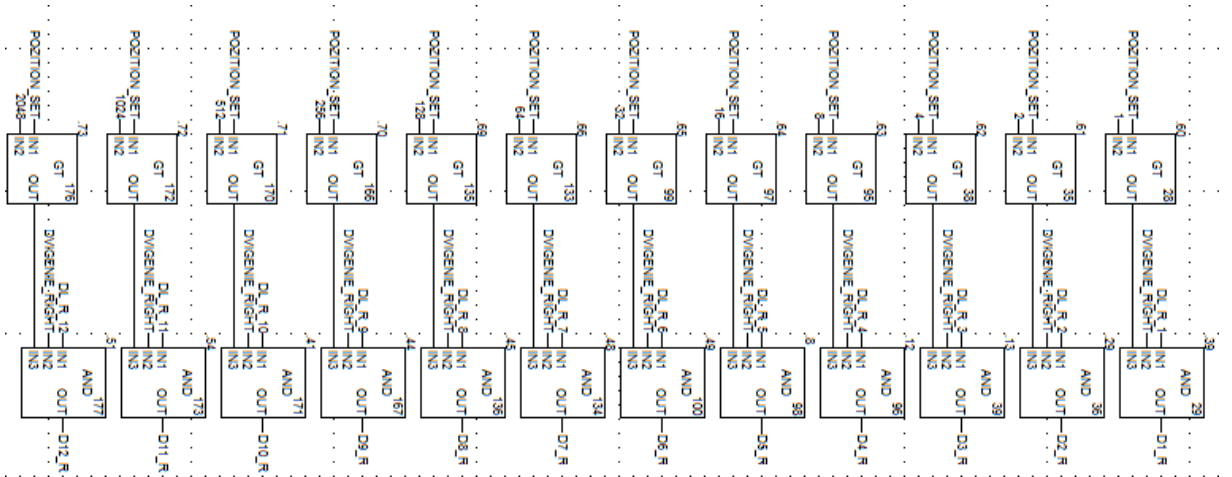


Рис. 4.9 – Реалізація блоку 4 мовою FBD (частина 1)

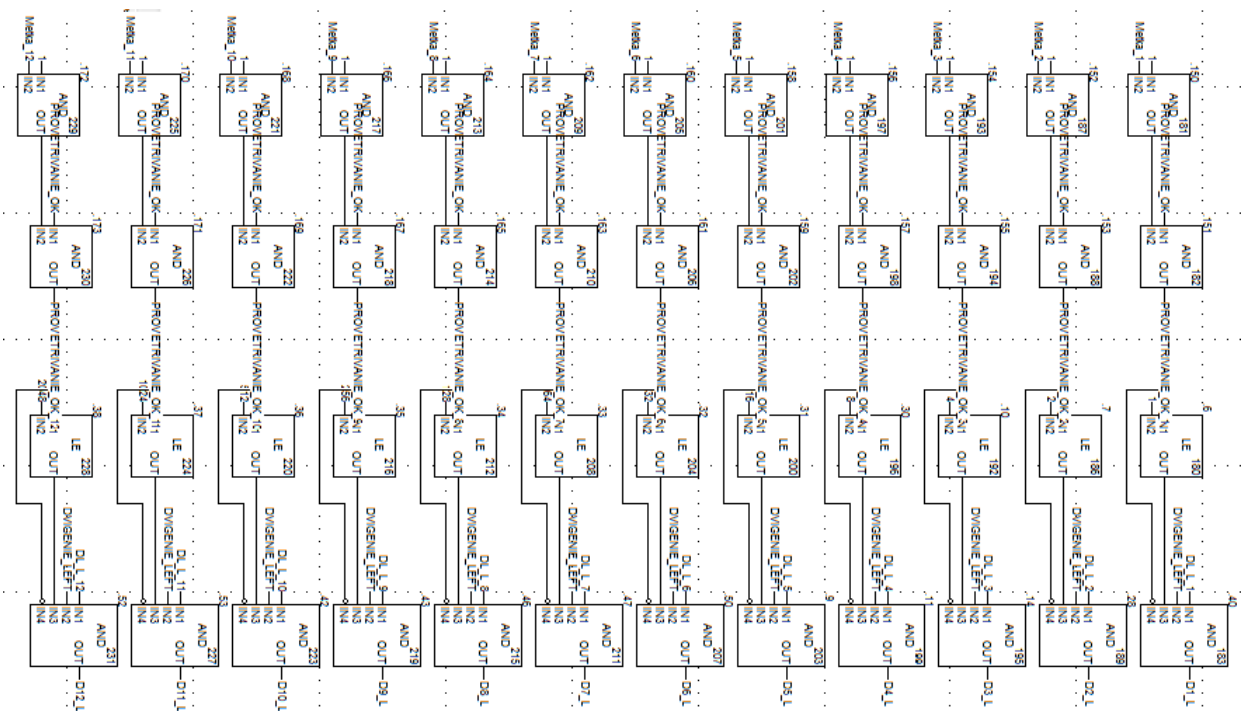


Рис. 4.10 – Реалізація блоку 4 мовою FBD (частина 2)

БЛОК 5

Цей блок складається з підпрограми `PRIVOD_CONTROL`, яка на основі вхідних даних видає сигнали для керування частотним перетворювачем.

Блок 5 мовою FBD наведений на рис. 4.11.

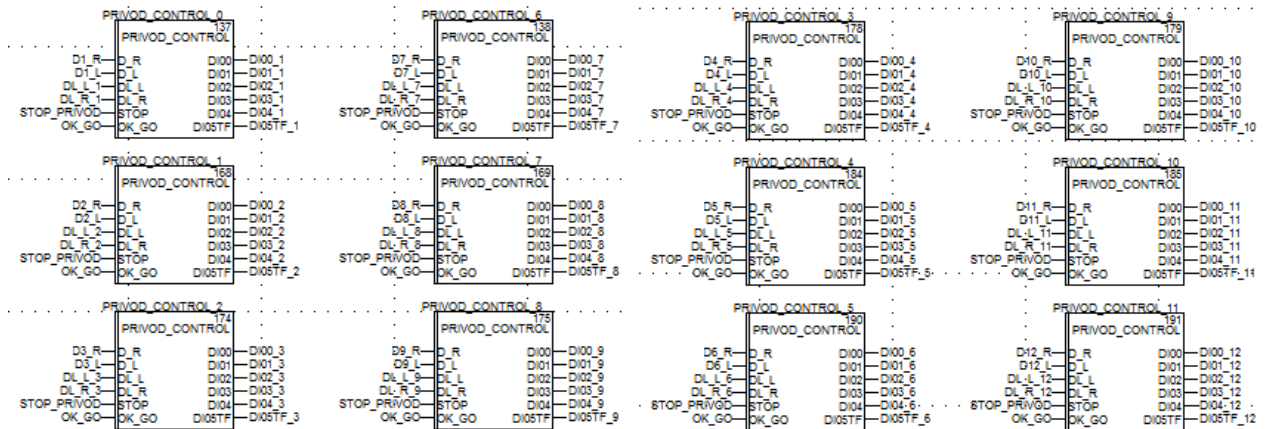


Рис. 4.11 – Реалізація блоку 5 мовою FBD

БЛОК 6

Цей блок відповідає за індикацію даних про стан системи на дистанційному пульті керування.

Блок містить наступні входні дані:

- біти поточного положення відсіку;
- біти індикації аварійного стану;
- біти наявності перешкоди на шляху руху відсіку;
- біт наявності об'єктів в робочій зоні.

На основі отриманих даних, блок робить індикацію діючого проїзду, відображає установлення відсіків в режимі провітрювання, а також вказує проїзд/відсік, в якому сталася аварійна ситуація.

Блок 6 мовою FBD наведений на рис. 4.12.

4.3.2. Підпрограма AVARIA_STOP мовою FBD

Підпрограма AVARIA_STOP групує входні сигнали про стан електродвигунів відсіків по зонах, до яких вони відносяться. У разі аварійної ситуації відсутність біта у стані «1» від частотного перетворювача, підпрограма видає загальний аварійний сигнал і виділяє ділянку, на якій він виник.

Приклад: Відсік 1 (біт DO_NO_ZONA_1) може забезпечити зону проїзду 1 і 2. Таким чином, при виникненні аварійної ситуації у відсіку 1, зона проїзду 1 (POS_OK_1), зона проїзду 2 (POS_OK_2) і біт STOP_2 будуть на виході підпрограми встановлені в стан «1».

Змінні і входні/вихідні сигнали підпрограми AVARIA_STOP наведені у таблиці В.3 додатку В.

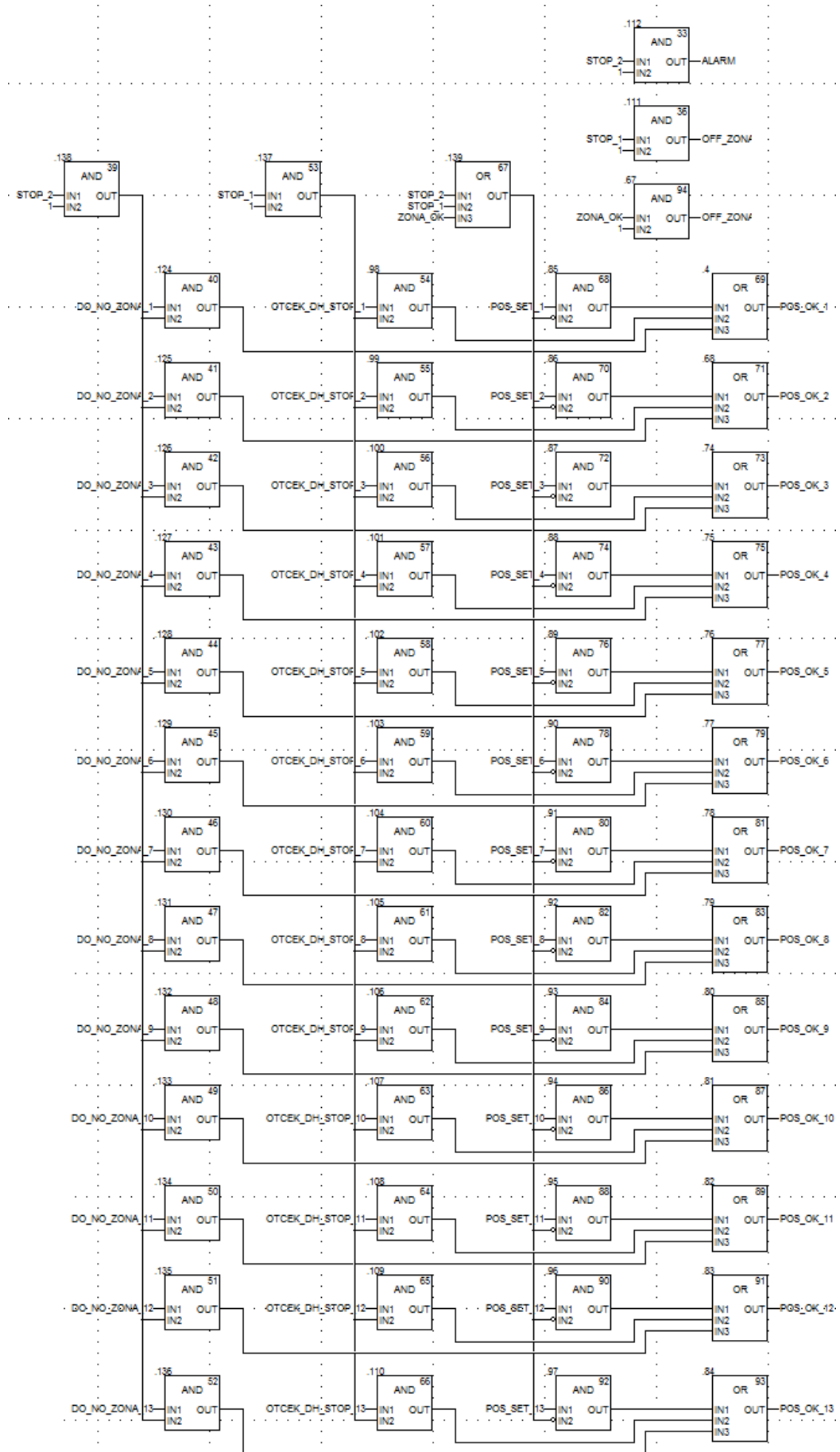


Рис. 4.12 – Реалізація блоку 6 мовою FBD

Підпрограма AVARIA_STOP мовою FBD наведена на рис. 4.13

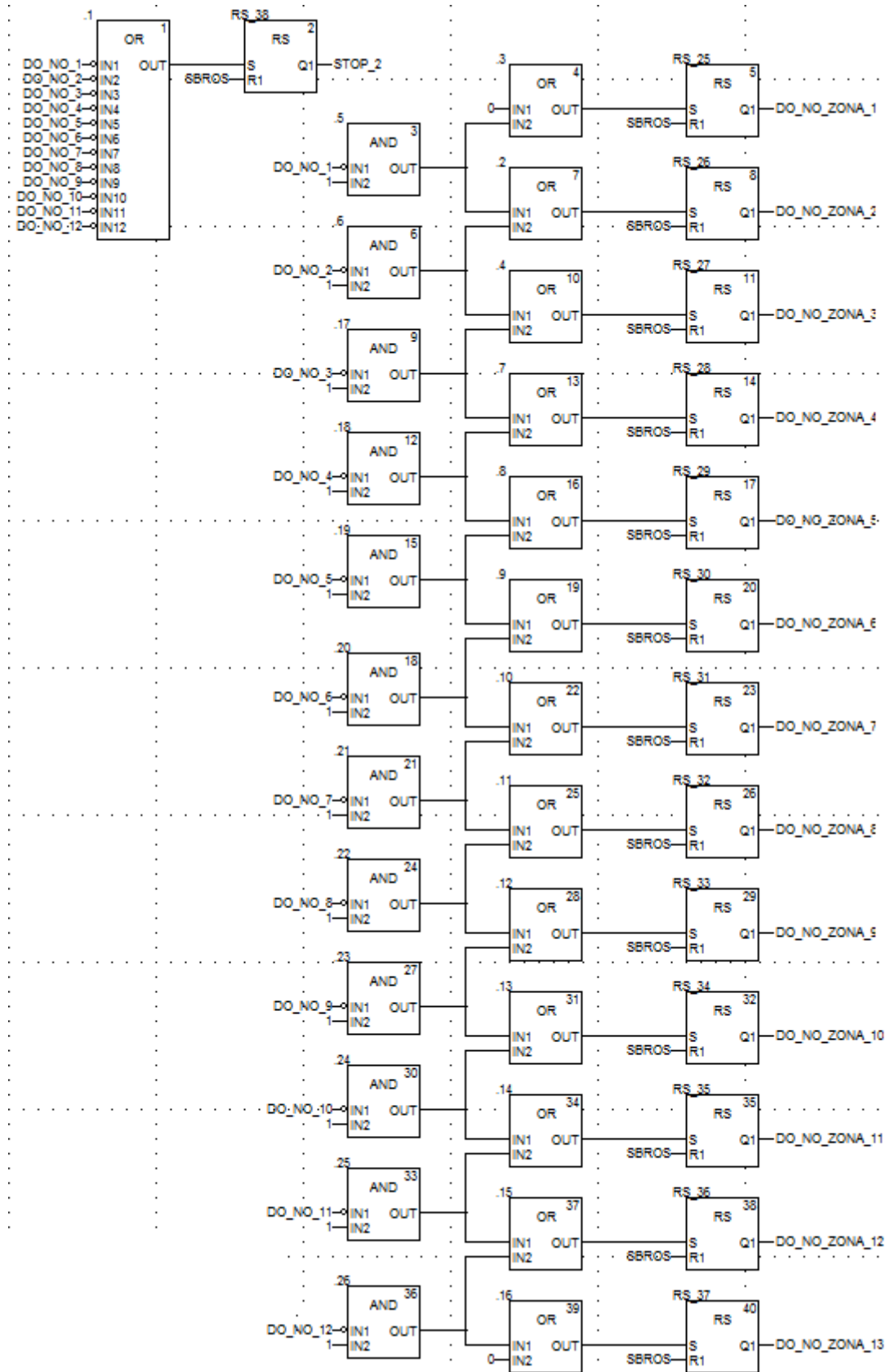


Рис. 4.13 – Реалізація підпрограми AVARIA_STOP мовою FBD

4.3.3. Підпрограма CLOCK мовою FBD

Підпрограма CLOCK формує на виході (CISLO) цілочисельне значення, задане підпрограмі на вході (IN_CISLO) у разі надходження логічної одиниці на вхід GO.

За відсутності «1» на вході GO, на виході CISLO цілочисельне значення відсутнє.

Змінні і вхідні/вихідні сигнали підпрограми CLOCK наведені у таблиці В.4 додатку В.

Підпрограма CLOCK мовою FBD наведена на рис. 4.14.

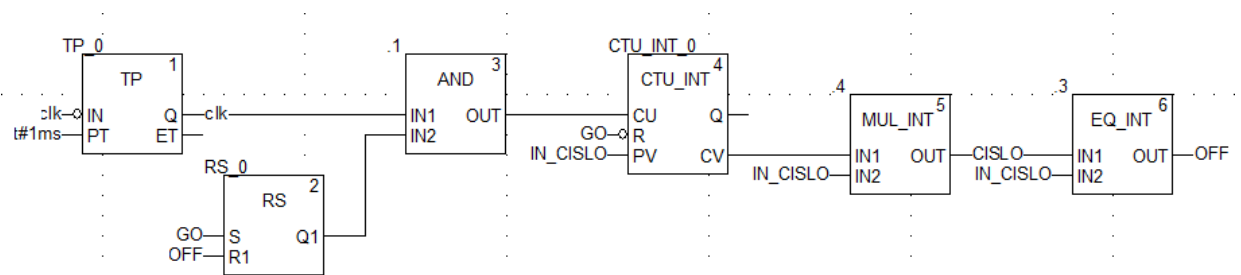


Рис. 4.14 – Реалізація підпрограми CLOCK мовою FBD

4.3.4. Підпрограма CLOCK2 мовою FBD

Підпрограма CLOCK2 формує на виході (CISLO) цілочисельне значення, задане підпрограмі на вході (IN_CISLO) у разі надходження логічної одиниці на вхід GO.

Скидання цілочисельного числа на виході CISLO відбувається подачею «1» на вхідний сигнал SBROS.

Змінні і вхідні/вихідні сигнали підпрограми CLOCK2 наведені у таблиці В.5 додатку В.

Підпрограма CLOCK2 мовою FBD наведена на рис. 4.15.

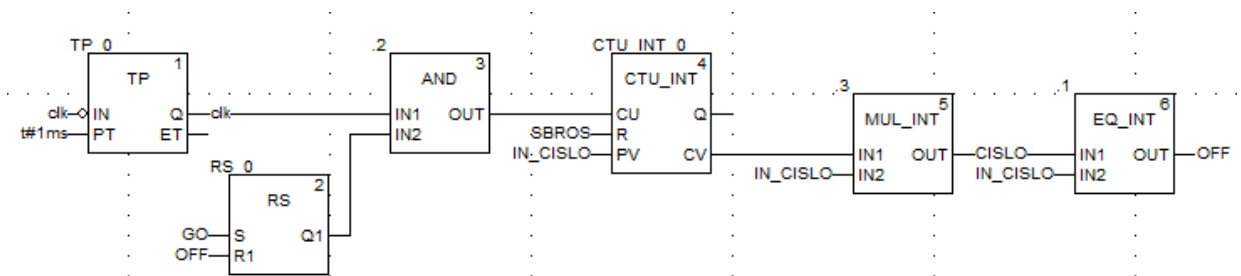


Рис. 4.15 – Реалізація підпрограми CLOCK2 мовою FBD

4.3.5. Підпрограма ОТСЕК_DH_STOP мовою FBD

Підпрограма ОТСЕК_DH_STOP групує вхідні сигнали про стан датчиків світлового затвора по зонах, до яких вони відносяться. У разі аварійної ситуації, відсутність біта у стані «1» від датчиків, підпрограма видає аварійний сигнал і виділяє ділянку, на якій він виник.

Приклад: У відсіку 4 спрацьовує датчик DH_L_4, вихідний стан датчика «0». Оскільки цей датчик відноситься до проїзду 4, то на виході модуля встановлюється біт ОТСЕК_DH_STOP_4 і біт STOP в стан логічної «1».

Змінні і вхідні/вихідні сигнали підпрограми ОТСЕК_DH_STOP наведені у таблиці В.6 додатку В.

Підпрограма ОТСЕК_DH_STOP мовою FBD наведена на рис. 4.16.

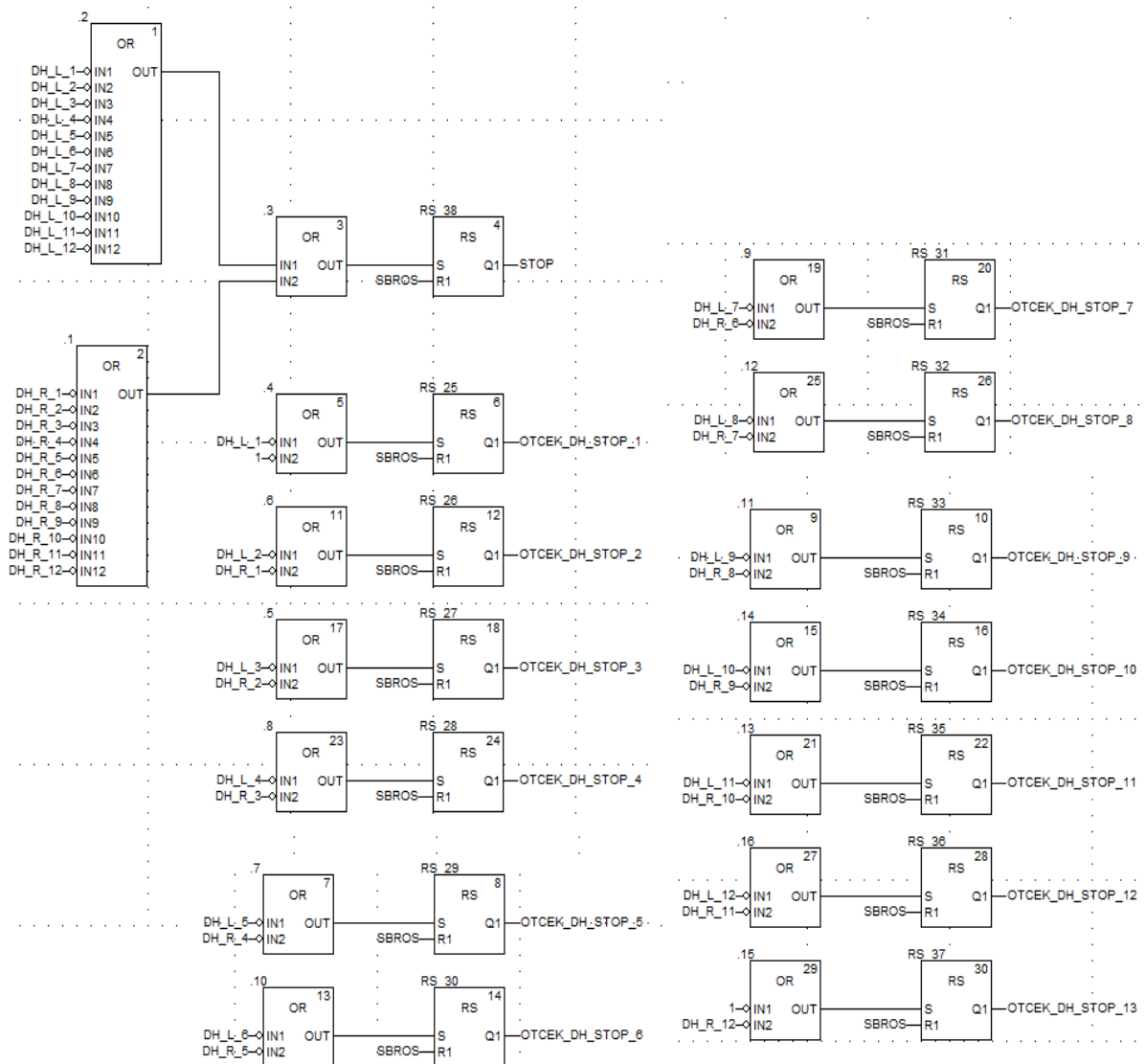


Рис. 4.16 – Реалізація підпрограми ОТСЕК_DH_STOP мовою FBD

4.3.6. Підпрограма PRIVOD_CONTROL мовою FBD

Підпрограма PRIVOD_CONTROL реалізує керування частотним перетворювачем.

Керування відбувається за допомогою бітів дозволу запуску електродвигуна (OK_GO, STOP) і вказівкою напрямку руху (D_R та D_L). Наявність бітів DL_R та DL_L забезпечує переміщення відсіку при 100% кількості оборотів двигуна. У разі їх відсутності, частотний перетворювач формує частоту вихідного сигналу в 2 рази меншу, ніж номінальна, протягом однієї секунди. У разі подальшої відсутності бітів DL_R та DL_L частотний перетворювач зупиняє роботу електродвигунів.

Змінні і вхідні/вихідні сигнали підпрограми PRIVOD_CONTROL наведені у таблиці В.7 додатку В.

Підпрограма PRIVOD_CONTROL мовою FBD наведена на рис. 4.17.

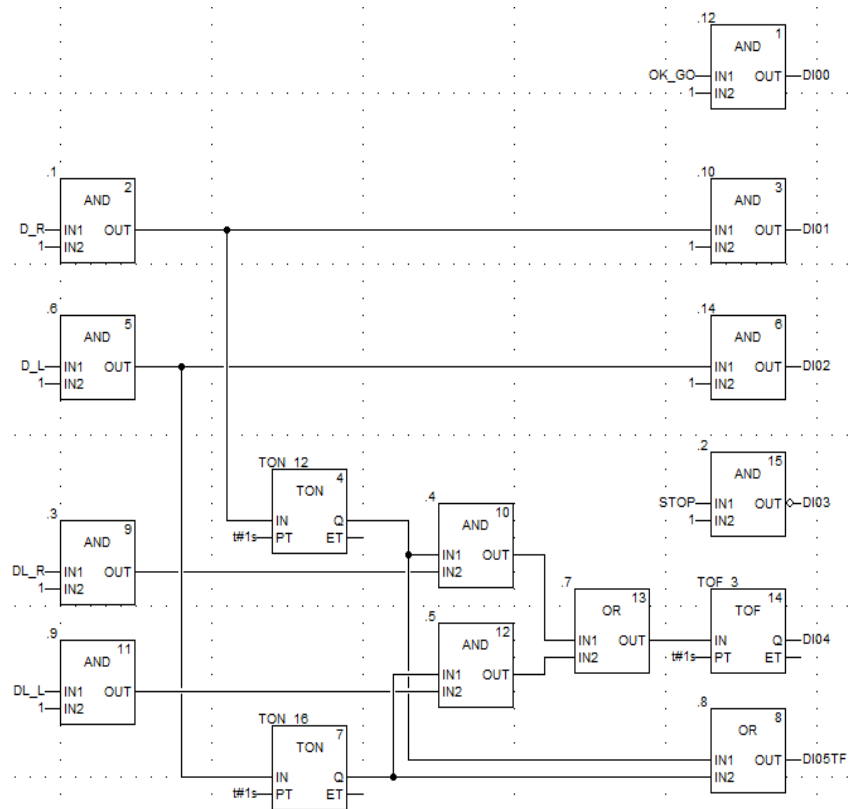


Рис. 4.16 – Реалізація підпрограми PRIVOD_CONTROL мовою FBD

4.3.7. Підпрограма SVETOVOI_ZATVOR мовою FBD

Підпрограма SVETOVOI_ZATVOR реалізує підрахунок входів і виходів об'єктів в робочу зону. У разі, якщо лічильник дорівнює нулю, то команда видає логічний «0».

налаштування програмного середовища.

4.5. Дистанційне керування переміщенням мобільних стелажів через мережу Ethernet

Програма для керування переміщенням мобільних стелажів, яка реалізована в пакеті Unity Pro, забезпечує можливість дистанційного керування через мережу Ethernet. Для забезпечення такого керування до модуля Quantum Ethernet I/O M340 PAC потрібно підключити кабель Ethernet і налаштувати IP-адресу.

IP-адреса контролера комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів вказана в п. 4.2.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Розроблено і відлагоджено програму автоматичного керування переміщенням відсіків мобільних стелажів, використовуючи пакет Unity Pro, призначеного для платформи Modicon Quantum.
2. Розроблена програма забезпечує швидку обробку даних з елементів керування і контролю (датчиків) і виконує комплексне керування усіма частотними перетворювачами.
3. Програма дозволяє своєчасно забезпечити безпеку експлуатації системи за рахунок оперативного реагування від датчиків та інформування оператора про стан системи.
4. Програма дозволяє встановлювати відсіки в додаткове положення для забезпечення «режиму провітрювання».
5. Програма дозволяє здійснювати дистанційне керування переміщенням мобільних стелажів через мережу Ethernet.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розглянуті та проаналізовані об'єкт керування, функціональні вузли, режими роботи та систему контролю системи керування переміщенням мобільних стелажів.
2. На основі проведеного аналізу сформовані вимоги до пуско-налагоджувальних робіт та визначено елементний склад комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів.
3. Обґрунтований вибір апаратної платформи розроблюваної комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів та на основі проведених розрахунків аргументований вибір її елементної бази, що відповідає основним вимогам доступності обладнання та його невисокої вартості. Електродвигун забезпечує плавний пуск, гальмування і переміщення відсіку на усіх етапах руху. Керування швидкістю обертання електродвигунів відбувається частотним способом. Переміщення відсіків виконується одночасно.
4. Забезпечена система безпечної експлуатації комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів. Система датчиків дозволяє контролювати наявність перешкод на шляху переміщення і наявність об'єктів в робочій зоні в процесі переміщення відсіків. Система контролю забезпечує безпеку роботи і для електронних пристроїв у разі перегрівання, електричного пробоя або короткого замикання у виконавчих пристроях або електричних колах.
5. Розроблена система дистанційного та локального керування (пульти) переміщенням мобільних стелажів із застосуванням світлової і звукової сигналізації.
6. Розроблено контролерну програму автоматичного керування переміщення відсіків мобільних стелажів, яка забезпечує безпечну експлуатацію за рахунок оперативного реагування від датчиків та інформування оператора про стан системи через мережу Ethernet. Крім того, реалізовано забезпечення «режиму провітрювання» відсіків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. CAT Lift Trucks. Складські стелажні системи. Мобільні стелажі. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.zeus.ua/ua/catalog/432/mobilnyie-stellazhi>
2. Складська техніка. Пересувний палетний стелаж системи PROmobile. ВІТО. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bitto.com/uk-ua/rishennja/sistemi/sistemi-stelazhiv-dlja-palet/peresuvnii-paletnii-stelazh/>
3. SKLAD SERVICE. Комплексні рішення для складу. Мобільні архівні стелажі з електронним керуванням [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ssk.ua/ua/product/mobilnye-arhivnye-stellazhi-s-elektricheskim-upravleniem-333>
4. Електропривод: Навчальний посібник / О.Ю. Синявський, П.І. Савченко, В.В. Савченко, Ю.М. Лавріненко, В.В. Козирський, Ю.М. Хандола, І.П. Ільчов, В.Ю. Рамш, В.Я. Бунько; За ред. О.Ю. Синявського. – 2-е вид., доп і перероб. – К., 2015. – 604 с. ISBN 978-617-646-201-9
5. Електропривод виробничих машин і механізмів: Навчальний посібник / О.Ю. Синявський, В.В. Савченко, В.Я. Бунько, В.Ю. Рамш; За ред. О.Ю. Синявського. – К.: ФОП Ямчинський О.В., 2020. – 444 с. ISBN 978-617-7890-88-0
6. Автоматизований електропривод ч. 2 [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В.І. Теряєв. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 204 с.
7. Електропривод : підручник / Лавріненко Ю. М. та ін. ; за ред. Ю. М. Лавріненка. Київ, Ліра-К, 2009. – 504 с.
8. MOVITRAC В Sew – Eurodrive. Інструкція з експлуатації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/16810864.pdf>
9. Schneider - Electric Україна. Керівництво по вибору датчиків. [Електронний

- ресурс]. – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/search/XU2M18AP20D>
10. ТОВ ЕЛЕКТРОЛОГІСТИК Фотоелектричні датчики (сенсори) SICK WTB, WT, WSE, WTV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elektrologistik.com.ua/ua/p1404294717-fotoelektricheskie-datchiki-sensory.html>
11. ЧП СенКо Оповіщувачі / Оповіщувачі звукові та світлові [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://senko.com.ua/ua/products>
12. Електроконтроль. ТОВ НВП "Нафтаенергопром". Реле Schneider Electric [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electrocontrol.com.ua/ua/rele/schneider-electric>
13. Радіодеталі інтернет-крамниця. Реле, колодки і контактори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://radiodetali.com.ua/ua/catalog/rele-gerkony>
14. Елтіс Техно. Реле і контактори / Контактори / Контактори - головні модулі. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eltis.ua/catalog/kontaktery-glavnye-moduli1yb2/>
15. DISCON Блоки живлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://discon.ua/ua/istochniki-pitanya>
16. СВ АЛЬТЕРА. Електротехніка & автоматизація / Комутаційне обладнання / Перемикачі. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.svaltera.ua/catalog/886/>
17. Электроника и микросхемотехника [Электронный ресурс]: Интернет-учебник / Винницький гос. тех. ун-т, інститут АЭКСУ, каф. МПА; под ред. к.т.н. Ю.В. Шабатуры. – http://faksu.vstu.vinnica.ua/SiteNEV/rus/electronic_inter/ew2/ch2-3/12_4.htm..
18. Основи побудови автоматизованих систем управління : І. А. Пількевич, К. В. Молодецька, І. І. Сугоняк, Н. М. Любанчикова – К.: ЖДУ ім. І.Франка , 2014. – 178 с.
19. Бобух А. О. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник [Архівовано 23 квітня 2022 у Wayback

- Machine.]. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 185 с.
20. Синєглазов В.М., Сергєєв І. Ю. Автоматизація технологічних процесів. Київ, 2015. – 444 с.
21. Васильківський І. С., Фединець В. О., Юсик Я. П. Виконавчі пристрої систем автоматизації. Львівська політехніка, 2020. – 220 с.
22. Савіцький В. Д. Технічні засоби автоматизації. Львівська політехніка, 2018. – 292 с.
23. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів. Ліра-К, 2017. – 378 с.
24. Корчемний М.О., Клендій П.Б., Потапенко М.В. Теоретичні основи автоматики. Богдан НК, 2012. – 304 с.
25. Платформа автоматизации Modicon Quantum. Каталог. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://www.novitech.com.ua/files/quantumcatru.pdf>

Додатки

Додаток А
Таблиця А.1

Технічні параметри застосованих компонентів комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів

Параметр	Позначення	Одиниці вимірювання	Блок живлення 24 Вольт 20 Ампер ГОРН-КГ-24В/20А	Автоматичний вимикач 1п 6А С ТХЗ бкА	Автоматичний вимикач NG125N C 100А 3P+N	Перемикач К1В002NLH	Контактор LC1 D95BD	Колодки RPZF4 з реле RXM4AB2BD	Колодки RPZF3 з реле RXM3AB2BD	Твердотіле реле GDH1023DD	Реле постійного струму RSB2A080BDS
ВХІД											
Номінальна напруга електромережі	$U_{ном.}$	В	380 AC	380 AC	380 AC		24 DC			3-32 DC	19,2-26,4 DC
Максимальна напруга	U_{max}	В				690 AC					
Споживаний струм	$I_{ном.}$	мА						10	10	5-25	5
Струм в колі керування	$I_{ком.}$	А					0,10...0,26				
Напруга утримання	$U_{утр.}$	В					2,4...5,0				
Напруга ввімкнення	$U_{ком.}$	В					>19,2 DC	>17	>17	>3	>5
Напруга відпуску (вимкнення)	$U_{вимкн.}$	В					<3,5	<17	<17	<1	<1
ВИХІД											
Вихідна напруга	$U_{вих.}$	В	24 DC				380 В DC	28 DC	28 DC	230 DC	300 DC
Максимальна вихідна потужність	P	кВт	0,48	6 кА	25						
Максимальний вихідний струм	I_{max}	А	20	3	100	12	125	3	5	6	<9
Час перемикання	$T_{ком}$	мс						<20	<20	<5	<5
ЗАГАЛЬНІ ДАНІ											
Температура експлуатації	T	°C	+1...+35	-25...+70	-30...+70	-40...+70	-40...+70	-40...+55	40...+55	-30...+80	-40...+85
Клас захисту ІР			IP54								
Тип контактів						2 полож.	4 перемик.	4 перемик.	3 перемик.	1 перемик.	2 перемик.
Категорія застосування				С	А						

Продовження таблиці А.1

Параметр	Позначення	Одиниці вимірювання	Сигнальна лампа 8 мм жовта XVLA235	Сигнальна лампа 8 мм зелена XVLA233	Лампа 8 мм червона XVLA23	Звуковий сигналізатор HA121 DS 24 G.	Оптичний сигналізатор маяк IS-mB1 R A	Фотоелектричний сенсор XU2M18AP20D	Фотоелектричний сенсор WT12-2 N410
ВХІД									
Номінальна напруга електромережі	$U_{\text{ном.}}$	В	24 DC	24 DC	24 DC	10...30 DC	16...28 DC	12...24 DC	10...30 DC
Споживаний струм	$I_{\text{ном.}}$	мА	18	18	18	< 375	< 25	<55	<50
ВИХІД									
Вихідна напруга	$U_{\text{вих.}}$	В						12...24 DC	10...30 DC
Колір блоку світлової сигналізації			жовтий	зелений	червоний				
Номінальний звуковий тиск		дБ				121 на 1 м			
Ефективна дальність	L	м				<300			
Випромінювання							подвійний спалах з частотою 2 Гц та 1 Гц		
Тип вихідного сигналу								дискретний	цифровий
Частота комутації	f	Гц						<30	<1500
Комутаційна здатність	$I_{\text{ком.}}$	мА						<100	
ЗАГАЛЬНІ ДАНІ									
Температура експлуатації	T	°С							
Клас захисту ІР						IP66	IP65	IP67	IP69K
Маса						2,1	0,5	0,155	0,12

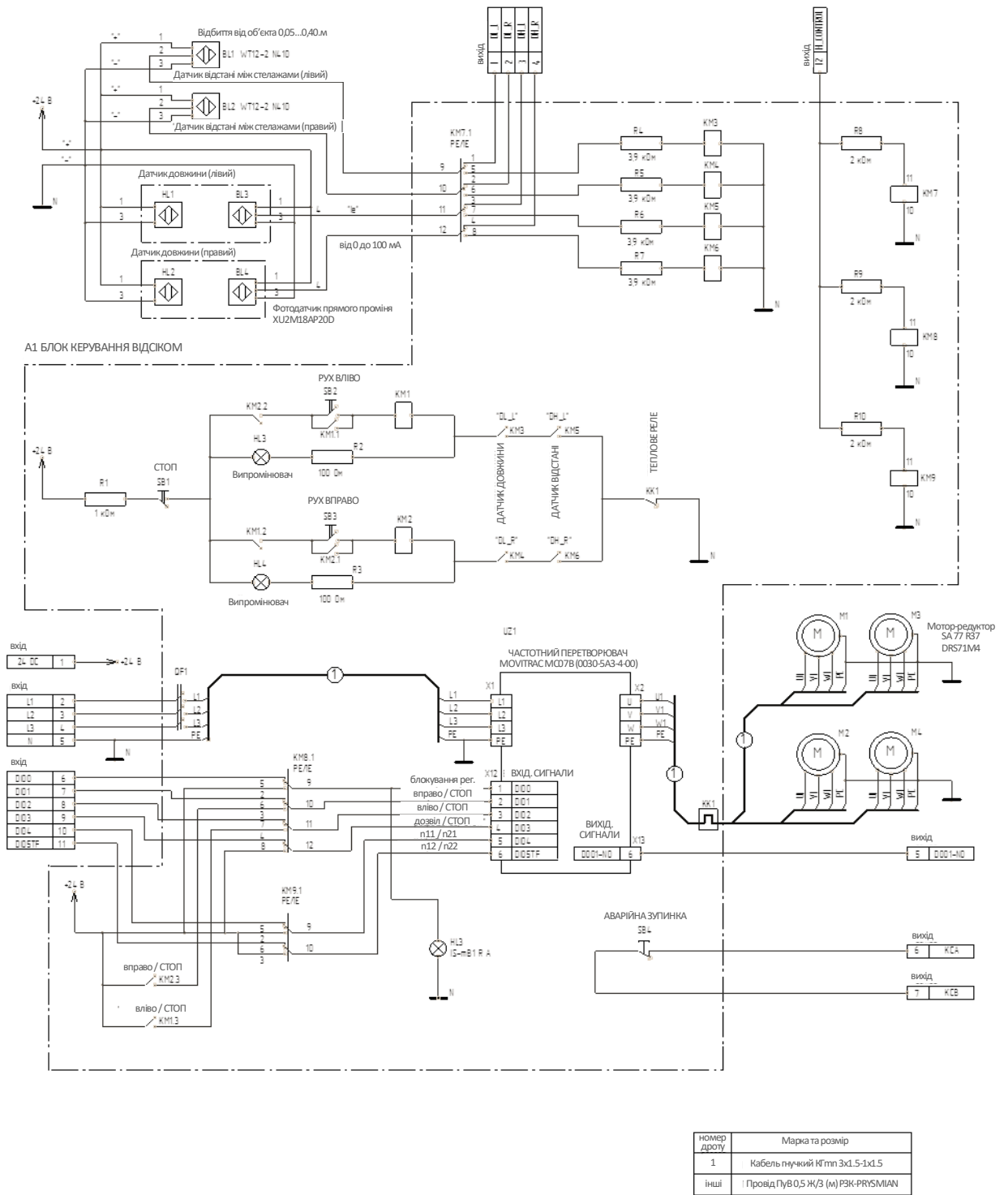


Рис. Б.1 – Схема електрична з'єднань відсіку комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів

Продовження додатку Б

Перелік елементів відсіку комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів

Поз. позначення	Назва	Кількість	Примітка
BL1, BL2	Фотоелектричний сенсор WT12-2 N410	2	
BL3, BL4	Фотоелектричний сенсор XU2M18AP20D	2	
HL1, HL2	Фотоелектричний сенсор XU2M18AP20D	2	
M1...M5	Мотор-редуктор SA 77 R37 DRS71M4	4	SEW EURODRIVE
A1	БЛОК КЕРУВАННЯ ВІДСІКОМ		
HL3	Оптичний сигналізатор маяк IS-mB1 R A	1	
KK1	Теплове реле LC1E09	1	
KM1, KM2	Колодки RPZF3 з реле RXM3AB2BD	2	3 перемикача
KM3...KM6	Твердотіле реле GDH1023DD	4	1 перемикач
KM7...KM9	Колодки RPZF4 з реле RXM4AB2BD	3	4 перемикача
QF1	Автоматичний вимикач із розчіплювачем GV2ME163	1	
R1	Резистор вуглецевий CF-100 (C1-4) 1 Вт; 1 кОм; 5%	1	
R2, R3	Резистор постійний точний C2-29В 0,125Вт; 100 кОм; 0,25%	2	
R4...R7	Резистор вуглецевий CF - 50 (C1-4) 0.5 Вт; 3.9 кОм; 5%	4	
R8...R9	Резистор вуглецевий CF - 50 (C1-4) 0.5 Вт; 2 кОм; 5%	3	
SB1	Кнопка червона, XB6EAW4B2P	1	
SB2, SB3	Кнопка біла, XB6EAA11P	2	
SB4	Кнопка червона, ZB6AS834	1	
UZ1	Перетворювач частоти MOVITRAC MC07B (0030-5A3-4-00)	1	SEW EURODRIVE

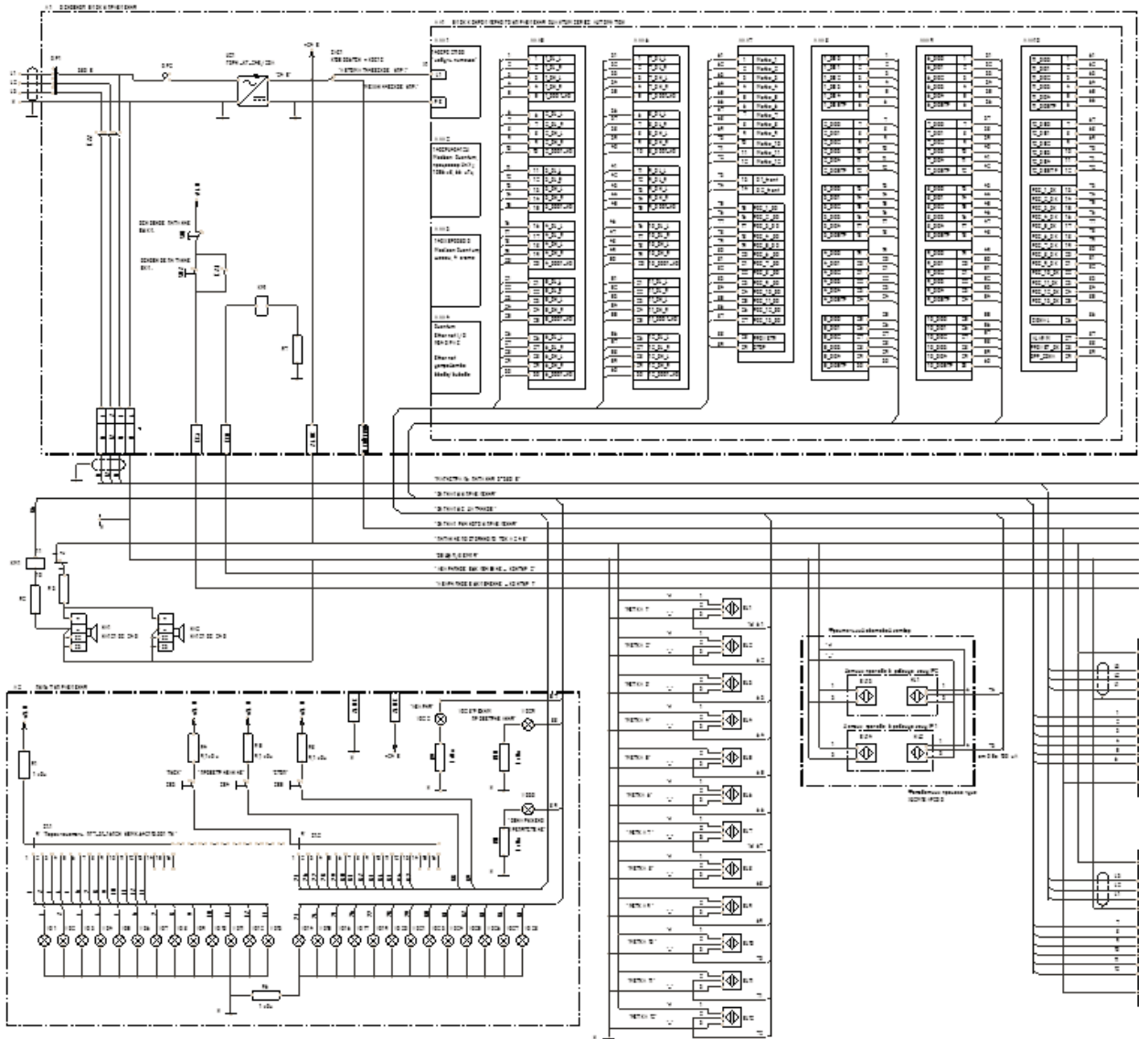
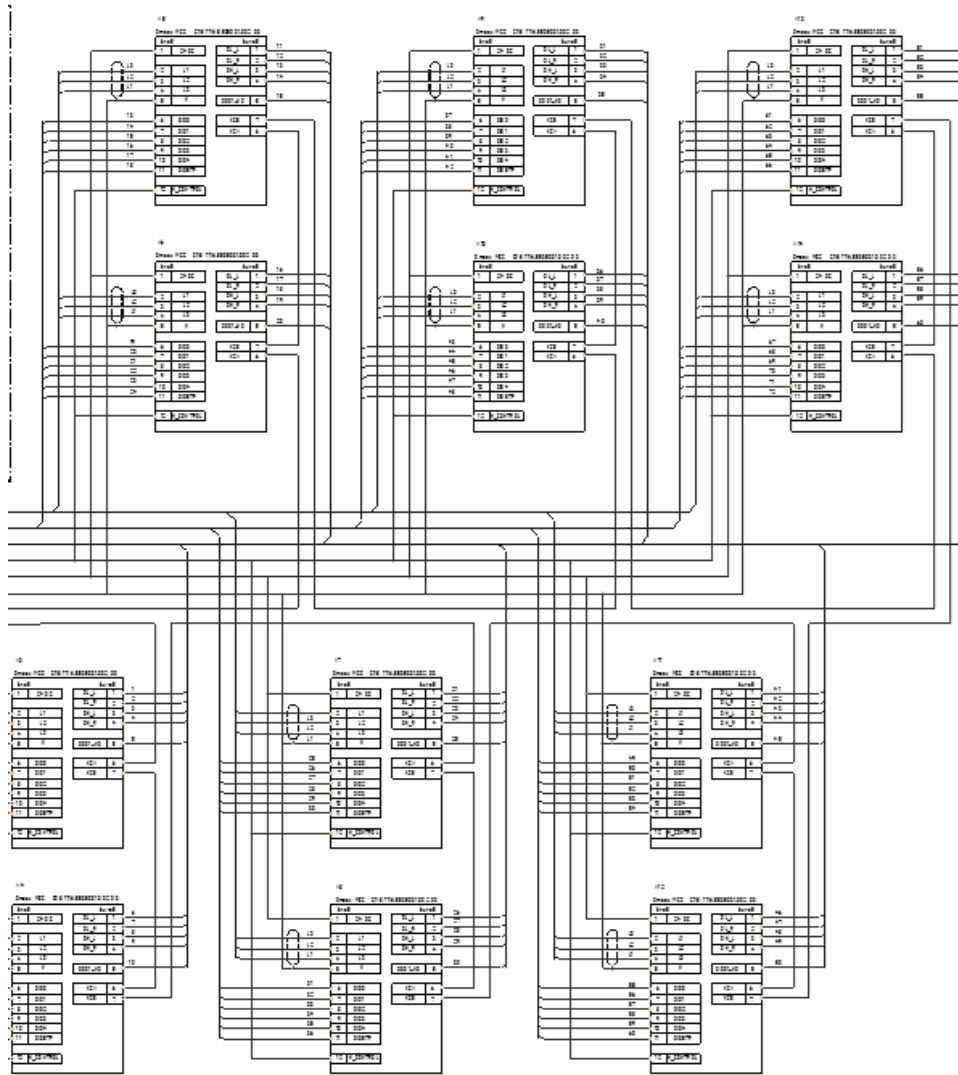


Рис. Б.2 – Схема електрична принципова комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів

Продовження додатку Б



Продовження додатку Б

Перелік елементів комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів

Поз. позначення	Назва	Кількість	Примітка
BL1, BL2	Фотоелектричний сенсор WT12-2 N410	12	
BL3, BL4	Фотоелектричний сенсор XU2M18AP20D	2	
HA1, HA2	Звуковий сигналізатор сирена HA121 DS 24 G	2	
HL1, HL2	Фотоелектричний сенсор XU2M18AP20D	2	
K1	Твердотіле реле GDH1023DD3	1	
R2	Резистор вуглецевий CF - 100 (C1-4) 1 Вт; 1 кОм; 5%;	1	
R3	Резистор потужний (цементний) SQP 10 Вт; 56 Ом; 5%.	1	
A3...A14	Відсік комп'ютерно-інтегрованої системи керування переміщенням мобільних стелажів	12	
A1	ОСНОВНИЙ БЛОК КЕРУВАННЯ		
KM2	Реле LC1 D95BD-BL	1	
R7	Резистор потужний (цементний) SQP 10 Вт; 200 Ом; 5%.	1	
SB1	Кнопка червона, XB6ECW4B1P	1	
SB2	Кнопка зелена, XB6ECW3B1P	1	
SAC1	Перемикач K1B002NLH	1	
UZ1	Блок живлення 24 Вольт 20 Ампер ГОРН-КГ-24В/20А	1	
QF1	Автоматичний вимикач NG125N C 100A 3P+N	1	
QF2	Автоматичний вимикач 1п 6А С ТХ3 6кА	1	
AA1	БЛОК КОНТРОЛЕРНОГО КЕРУВАННЯ QUANTUM SERIES AUTOMATION		

Продовження додатку Б

Поз. позначення	Назва	Кількість	Примітка
AAA1	Процесор Unity 140CPU43412U	1	
AAA2	Модуль живлення 140CPS21100	1	
AAA3	Шасі 140XBP00800	1	
AAA4	Ethernet-пристрій. Quantum Ethernet I/O M340 PAC	1	
AAA5...AAA7	Модуль дискретного введення 140DSI35300	3	
AAA8...AAA10	Модуль дискретного виведення 140DVO85300	3	
A2	ПУЛЬТ КЕРУВАННЯ		
R1	Резистор вуглецевий CF - 100 (C1-4) 1 Вт; 1 кОм; 5%;	1	
R4, R5	Резистор вуглецевий CF - 25 (C1-4) 1 Вт; 9,1 кОм; 5%;	1	
R6	Резистор вуглецевий CF - 100 (C1-4) 1 Вт; 1 кОм; 5%;	1	
R8	Резистор вуглецевий CF - 25 (C1-4) 0,25 Вт; 9,1 кОм; 5%;	1	
R9...R11	Резистор вуглецевий CF - 100 (C1-4) 1 Вт; 1 кОм; 5%;	3	
S1	Перемикач ПГ7-31-16П2Н	1	
SB3	Кнопка зелена, XB6ECW3B1P	1	
SB5	Кнопка червона, XB6ECW4B1P	1	
VD1...VD13	Сигнальна лампа 8 мм жовта XVLA235	13	
VD14...VD17	Сигнальна лампа 8 мм зелена XVLA233	4	
VD18	Сигнальна лампа 8 мм червона XVLA234	1	
VD19...VD28	Сигнальна лампа 8 мм зелена XVLA233	9	
VD29, VD30	Сигнальна лампа 8 мм червона XVLA234	2	

Змінні та вхідні/вихідні сигнали

Позначення	Назва команди	Адреса входу / виходу
Вихідні сигнали		
DI00_1	Відсік 1 - сигнал блокування/регулятора	%Q0.4.0
DI01_1	Відсік 1 - направо/стоп	%Q0.4.1
DI02_1	Відсік 1 - наліво/стоп	%Q0.4.2
DI03_1	Відсік 1 - дозвіл/стоп	%Q0.4.3
DI04_1	Відсік 1 - режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	%Q0.4.4
DI05TF_1	Відсік 1 - режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	%Q0.4.5
DI00_2	Відсік 2 - сигнал блокування/регулятора	%Q0.4.6
DI01_2	Відсік 2 - направо/стоп	%Q0.4.7
DI02_2	Відсік 2 - наліво/стоп	%Q0.4.8
DI03_2	Відсік 2 - дозвіл/стоп	%Q0.4.9
DI04_2	Відсік 2 - режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	%Q0.4.10
DI05TF_2	Відсік 2 - режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	%Q0.4.11
DI00_3	Відсік 3 - сигнал блокування/регулятора	%Q0.4.12
DI01_3	Відсік 3 - направо/стоп	%Q0.4.13
DI02_3	Відсік 3 - наліво/стоп	%Q0.4.14
DI03_3	Відсік 3 - дозвіл/стоп	%Q0.4.15
DI04_3	Відсік 3 - режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	%Q0.4.16
DI05TF_3	Відсік 3 - режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	%Q0.4.17
DI00_4	Відсік 4 - сигнал блокування/регулятора	%Q0.4.18
DI01_4	Відсік 4 - направо/стоп	%Q0.4.19
DI02_4	Відсік 4 - наліво/стоп	%Q0.4.20
DI03_4	Відсік 4 - дозвіл/стоп	%Q0.4.21
DI04_4	Відсік 4 - режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	%Q0.4.22
DI05TF_4	Відсік 4 - режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	%Q0.4.23
DI00_5	Відсік 5 - сигнал блокування/регулятора	%Q0.4.24
DI01_5	Відсік 5 - направо/стоп	%Q0.4.25
DI02_5	Відсік 5 - наліво/стоп	%Q0.4.26
DI03_5	Відсік 5 - дозвіл/стоп	%Q0.4.27
DI04_5	Відсік 5 - режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	%Q0.4.28
DI05TF_5	Відсік 5 - режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	%Q0.4.29
DI00_6	Відсік 6 - сигнал блокування/регулятора	%Q0.5.0
DI01_6	Відсік 6 - направо/стоп	%Q0.5.1
DI02_6	Відсік 6 - наліво/стоп	%Q0.5.2
DI03_6	Відсік 6 - дозвіл/стоп	%Q0.5.3
DI04_6	Відсік 6 - режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	%Q0.5.4
DI05TF_6	Відсік 6 - режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	%Q0.5.5

Продовження таблиці В.1

DI00_7	Відсік 7 - сигнал блокування/регулятора	%Q0.5.6
DI01_7	Відсік 7 - направо/стоп	%Q0.5.7
DI02_7	Відсік 7 - наліво/стоп	%Q0.5.8
DI03_7	Відсік 7 - дозвіл/стоп	%Q0.5.9
DI04_7	Відсік 7 - режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	%Q0.5.10
DI05TF_7	Відсік 7 - режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	%Q0.5.11
DI00_8	Відсік 8 - сигнал блокування/регулятора	%Q0.5.12
DI01_8	Відсік 8 - направо/стоп	%Q0.5.13
DI02_8	Відсік 8 - наліво/стоп	%Q0.5.14
DI03_8	Відсік 8 - дозвіл/стоп	%Q0.5.15
DI04_8	Відсік 8 - режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	%Q0.5.16
DI05TF_8	Відсік 8 - режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	%Q0.5.17
DI00_9	Відсік 9 - сигнал блокування/регулятора	%Q0.5.18
DI01_9	Відсік 9 - направо/стоп	%Q0.5.19
DI02_9	Відсік 9 - наліво/стоп	%Q0.5.20
DI03_9	Відсік 9 - дозвіл/стоп	%Q0.5.21
DI04_9	Відсік 9 - режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	%Q0.5.22
DI05TF_9	Відсік 9 - режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	%Q0.5.23
DI00_10	Відсік 10 - сигнал блокування/регулятора	%Q0.5.24
DI01_10	Відсік 10 - направо/стоп	%Q0.5.25
DI02_10	Відсік 10 - наліво/стоп	%Q0.5.26
DI03_10	Відсік 10 - дозвіл/стоп	%Q0.5.27
DI04_10	Відсік 10 - режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	%Q0.5.28
DI05TF_10	Відсік 10 - режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	%Q0.5.29
DI00_11	Відсік 11 - сигнал блокування/регулятора	%Q0.6.0
DI01_11	Відсік 11 - направо/стоп	%Q0.6.1
DI02_11	Відсік 11 - наліво/стоп	%Q0.6.2
DI03_11	Відсік 11 - дозвіл/стоп	%Q0.6.3
DI04_11	Відсік 11 - режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	%Q0.6.4
DI05TF_11	Відсік 11 - режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	%Q0.6.5
DI00_12	Відсік 12 - сигнал блокування/регулятора	%Q0.6.6
DI01_12	Відсік 12 - направо/стоп	%Q0.6.7
DI02_12	Відсік 12 - наліво/стоп	%Q0.6.8
DI03_12	Відсік 12 - дозвіл/стоп	%Q0.6.9
DI04_12	Відсік 12 - режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	%Q0.6.10
DI05TF_12	Відсік 12 - режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	%Q0.6.11
POS_OK_1	Діючий прохід - 1	%Q0.6.12
POS_OK_2	Діючий прохід - 2	%Q0.6.13
POS_OK_3	Діючий прохід - 3	%Q0.6.14
POS_OK_4	Діючий прохід - 4	%Q0.6.15
POS_OK_5	Діючий прохід - 5	%Q0.6.16

Продовження таблиці В.1

POS_OK_6	Діючий прохід - 6	%Q0.6.17
POS_OK_7	Діючий прохід - 7	%Q0.6.18
POS_OK_8	Діючий прохід - 8	%Q0.6.19
POS_OK_9	Діючий прохід - 9	%Q0.6.20
POS_OK_10	Діючий прохід - 10	%Q0.6.21
POS_OK_11	Діючий прохід - 11	%Q0.6.22
POS_OK_12	Діючий прохід - 12	%Q0.6.23
POS_OK_13	Діючий прохід - 13	%Q0.6.24
SIGNAL	Управління звуковою системою сповіщення	%Q0.6.25
ALARM	Несправність системи	%Q0.6.26
PROVET_OK	Режим провітрювання ввімкнений	%Q0.6.27
OFF_ZONA	Виявлена перешкода на шляху переміщення	%Q0.6.28
Вхідні сигнали		
DL_L_1	Відсік 1 - датчики положення - лівий	%i0.1.0
DL_R_1	Відсік 1 - датчики положення - правий	%i0.1.1
DH_L_1	Відсік 1 - світловий затвор - лівий	%i0.1.2
DH_R_1	Відсік 1 - світловий затвор - правий	%i0.1.3
DO_NO_1	Відсік 1 - стан електродвигунів	%i0.1.4
DL_L_2	Відсік 2 - датчики положення - лівий	%i0.1.5
DL_R_2	Відсік 2 - датчики положення - правий	%i0.1.6
DH_L_2	Відсік 2 - світловий затвор - лівий	%i0.1.7
DH_R_2	Відсік 2 - світловий затвор - правий	%i0.1.8
DO_NO_2	Відсік 2 - стан електродвигунів	%i0.1.9
DL_L_3	Відсік 3 - датчики положення - лівий	%i0.1.10
DL_R_3	Відсік 3 - датчики положення - правий	%i0.1.11
DH_L_3	Відсік 3 - світловий затвор - лівий	%i0.1.12
DH_R_3	Відсік 3 - світловий затвор - правий	%i0.1.13
DO_NO_3	Відсік 3 - стан електродвигунів	%i0.1.14
DL_L_4	Відсік 4 - датчики положення - лівий	%i0.1.15
DL_R_4	Відсік 4 - датчики положення - правий	%i0.1.16
DH_L_4	Відсік 4 - світловий затвор - лівий	%i0.1.17
DH_R_4	Відсік 4 - світловий затвор - правий	%i0.1.18
DO_NO_4	Відсік 4 - стан електродвигунів	%i0.1.19
DL_L_5	Відсік 5 - датчики положення - лівий	%i0.1.20
DL_R_5	Відсік 5 - датчики положення - правий	%i0.1.21
DH_L_5	Відсік 5 - світловий затвор - лівий	%i0.1.22
DH_R_5	Відсік 5 - світловий затвор - правий	%i0.1.23
DO_NO_5	Відсік 5 - стан електродвигунів	%i0.1.24
DL_L_6	Відсік 6 - датчики положення - лівий	%i0.1.25
DL_R_6	Відсік 6 - датчики положення - правий	%i0.1.26
DH_L_6	Відсік 6 - світловий затвор - лівий	%i0.1.27

Продовження таблиці В.1

DH_R_6	Відсік 6 - світловий затвор - правий	% i0.1.28
DO_NO_6	Відсік 6 - стан електродвигунів	% i0.1.29
DL_L_7	Відсік 7 - датчики положення - лівий	% i0.2.0
DL_R_7	Відсік 7 - датчики положення - правий	% i0.2.1
DH_L_7	Відсік 7 - світловий затвор - лівий	% i0.2.2
DH_R_7	Відсік 7 - світловий затвор - правий	% i0.2.3
DO_NO_7	Відсік 7 - стан електродвигунів	% i0.2.4
DL_L_8	Відсік 8 - датчики положення - лівий	% i0.2.5
DL_R_8	Відсік 8 - датчики положення - правий	% i0.2.6
DH_L_8	Відсік 8 - світловий затвор - лівий	% i0.2.7
DH_R_8	Відсік 8 - світловий затвор - правий	% i0.2.8
DO_NO_8	Відсік 8 - стан електродвигунів	% i0.2.9
DL_L_9	Відсік 9 - датчики положення - лівий	% i0.2.10
DL_R_9	Відсік 9 - датчики положення - правий	% i0.2.11
DH_L_9	Відсік 9 - світловий затвор - лівий	% i0.2.12
DH_R_9	Відсік 9 - світловий затвор - правий	% i0.2.13
DO_NO_9	Відсік 9 - стан електродвигунів	% i0.2.14
DL_L_10	Відсік 10 - датчики положення - лівий	% i0.2.15
DL_R_10	Відсік 10 - датчики положення - правий	% i0.2.16
DH_L_10	Відсік 10 - світловий затвор - лівий	% i0.2.17
DH_R_10	Відсік 10 - світловий затвор - правий	% i0.2.18
DO_NO_10	Відсік 10 - стан електродвигунів	% i0.2.19
DL_L_11	Відсік 11 - датчики положення - лівий	% i0.2.20
DL_R_11	Відсік 11 - датчики положення - правий	% i0.2.21
DH_L_11	Відсік 11 - світловий затвор - лівий	% i0.2.22
DH_R_11	Відсік 11 - світловий затвор - правий	% i0.2.23
DO_NO_11	Відсік 11 - стан електродвигунів	% i0.2.24
DL_L_12	Відсік 12 - датчики положення - лівий	% i0.2.25
DL_R_12	Відсік 12 - датчики положення - правий	% i0.2.26
DH_L_12	Відсік 12 - світловий затвор - лівий	% i0.2.27
DH_R_12	Відсік 12 - світловий затвор - правий	% i0.2.28
DO_NO_12	Відсік 12 - стан електродвигунів	% i0.2.29
Metka_1	Мітка режиму провітрювання 1	% i0.3.0
Metka_2	Мітка режиму провітрювання 2	% i0.3.1
Metka_3	Мітка режиму провітрювання 3	% i0.3.2
Metka_4	Мітка режиму провітрювання 4	% i0.3.3
Metka_5	Мітка режиму провітрювання 5	% i0.3.4
Metka_6	Мітка режиму провітрювання 6	% i0.3.5
Metka_7	Мітка режиму провітрювання 7	% i0.3.6
Metka_8	Мітка режиму провітрювання 8	% i0.3.7
Metka_9	Мітка режиму провітрювання 9	% i0.3.8

Продовження таблиці В.1

Metka_10	Мітка режиму провітрювання 10	%i0.3.9
Metka_11	Мітка режиму провітрювання 11	%i0.3.10
Metka_12	Мітка режиму провітрювання 12	%i0.3.11
D1_front	Датчик фронтального світлового затвора 1	%i0.3.12
D2_front	Датчик фронтального світлового затвора 2	%i0.3.13
POS_GO_1	Команда на установку проходу - 1	%i0.3.14
POS_GO_2	Команда на установку проходу - 2	%i0.3.15
POS_GO_3	Команда на установку проходу - 3	%i0.3.16
POS_GO_4	Команда на установку проходу - 4	%i0.3.17
POS_GO_5	Команда на установку проходу - 5	%i0.3.18
POS_GO_6	Команда на установку проходу - 6	%i0.3.19
POS_GO_7	Команда на установку проходу - 7	%i0.3.20
POS_GO_8	Команда на установку проходу - 8	%i0.3.21
POS_GO_9	Команда на установку проходу - 9	%i0.3.22
POS_GO_10	Команда на установку проходу - 10	%i0.3.23
POS_GO_11	Команда на установку проходу - 11	%i0.3.24
POS_GO_12	Команда на установку проходу - 12	%i0.3.25
POS_GO_13	Команда на установку проходу - 13	%i0.2.26
PROVETR	Команда установки режиму провітрювання	%i0.3.27
STOP	Команда стоп	%i0.3.28
Програмні змінні		
LUD_V_ZONE	число людей в зоні роботи	
D1_L	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 1	
D1_R	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 1	
D2_L	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 2	
D2_R	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 2	
D3_L	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 3	
D3_R	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 3	
D4_L	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 4	
D4_R	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 4	
D5_L	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 5	
D5_R	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 5	
D6_L	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 6	
D6_R	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 6	
D7_L	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 7	
D7_R	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 7	
D8_L	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 8	
D8_R	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 8	
D9_L	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 9	
D9_R	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 9	
D10_L	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 10	

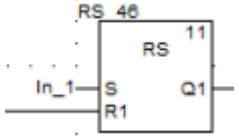
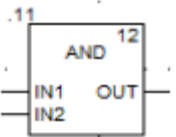
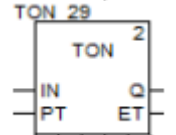
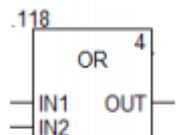
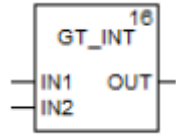
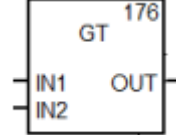
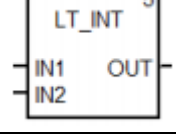
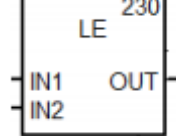
Продовження таблиці В.1

D10_R	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 10	
D11_L	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 11	
D11_R	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 11	
D12_L	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 12	
D12_R	Ввімкнення електродвигунів відсіку - 12	
DO_NO_ZONA_1	Вихід з ладу зони 1	
DO_NO_ZONA_2	Вихід з ладу зони 2	
DO_NO_ZONA_3	Вихід з ладу зони 3	
DO_NO_ZONA_4	Вихід з ладу зони 4	
DO_NO_ZONA_5	Вихід з ладу зони 5	
DO_NO_ZONA_6	Вихід з ладу зони 6	
DO_NO_ZONA_7	Вихід з ладу зони 7	
DO_NO_ZONA_8	Вихід з ладу зони 8	
DO_NO_ZONA_9	Вихід з ладу зони 9	
DO_NO_ZONA_10	Вихід з ладу зони 10	
DO_NO_ZONA_11	Вихід з ладу зони 11	
DO_NO_ZONA_12	Вихід з ладу зони 12	
DO_NO_ZONA_13	Вихід з ладу зони 13	
DVIGENIE_LEFT	Загальний рух вліво дозволений	
DVIGENIE_RIGHT	Загальний рух вправо дозволений	
DVIGENIE_STOP	Зупинка руху	
OK_GO	Дозвіл переміщення	
OTCEK_DH_STOP_1	Стан датчика світлового затвора в зоні 1	
OTCEK_DH_STOP_2	Стан датчика світлового затвора в зоні 2	
OTCEK_DH_STOP_3	Стан датчика світлового затвора в зоні 3	
OTCEK_DH_STOP_4	Стан датчика світлового затвора в зоні 4	
OTCEK_DH_STOP_5	Стан датчика світлового затвора в зоні 5	
OTCEK_DH_STOP_6	Стан датчика світлового затвора в зоні 6	
OTCEK_DH_STOP_7	Стан датчика світлового затвора в зоні 7	
OTCEK_DH_STOP_8	Стан датчика світлового затвора в зоні 8	
OTCEK_DH_STOP_9	Стан датчика світлового затвора в зоні 9	
OTCEK_DH_STOP_10	Стан датчика світлового затвора в зоні 10	
OTCEK_DH_STOP_11	Стан датчика світлового затвора в зоні 11	
OTCEK_DH_STOP_12	Стан датчика світлового затвора в зоні 12	
OTCEK_DH_STOP_13	Стан датчика світлового затвора в зоні 13	
POS_SET_1	Діючий відкритий проїзд 1	
POS_SET_2	Діючий відкритий проїзд 2	
POS_SET_3	Діючий відкритий проїзд 3	
POS_SET_4	Діючий відкритий проїзд 4	
POS_SET_5	Діючий відкритий проїзд 5	
POS_SET_6	Діючий відкритий проїзд 6	

Продовження таблиці В.1

POS_SET_7	Діючий відкритий проїзд 7	
POS_SET_8	Діючий відкритий проїзд 8	
POS_SET_9	Діючий відкритий проїзд 9	
POS_SET_10	Діючий відкритий проїзд 10	
POS_SET_11	Діючий відкритий проїзд 11	
POS_SET_12	Діючий відкритий проїзд 12	
POS_SET_13	Діючий відкритий проїзд 13	
POZITION_REAL	Код поточного положення	
POZITION_SET	Код обраного положення	
PROVETRIVANIE_OK	Провітрювання встановлене	
PROVETRIVANIE_OK_1	Відсік встановлений в мітці 1	
PROVETRIVANIE_OK_2	Відсік встановлений в мітці 2	
PROVETRIVANIE_OK_3	Відсік встановлений в мітці 3	
PROVETRIVANIE_OK_4	Відсік встановлений в мітці 4	
PROVETRIVANIE_OK_5	Відсік встановлений в мітці 5	
PROVETRIVANIE_OK_6	Відсік встановлений в мітці 6	
PROVETRIVANIE_OK_7	Відсік встановлений в мітці 7	
PROVETRIVANIE_OK_8	Відсік встановлений в мітці 8	
PROVETRIVANIE_OK_9	Відсік встановлений в мітці 9	
PROVETRIVANIE_OK_10	Відсік встановлений в мітці 10	
PROVETRIVANIE_OK_11	Відсік встановлений в мітці 11	
PROVETRIVANIE_OK_12	Відсік встановлений в мітці 12	
SBROS	Скидання	
SET_POS	Відсік встановлений в мітці Скидання	
STOP_1	СТОП за датчиками світлового затвора	
STOP_2	СТОП внаслідок виходу приводів з ладу	
STOP_DVIGENIE	СТОП переміщення (загальне)	
STOP_PRIVOD	СТОП переміщення приводів	
ZONA_OK	Відсутність об'єктів в зоні роботи	

Застосовані в програмі елементи мови FBD

Графічне позначення	Опис
	<p>RS-тригер При подачі одиниці на вхід S вихідний стан Q1 стає рівним логічній одиниці. А при подачі RS-тригер на вхід R вихідний стан Q1 стає рівним логічному нулю. Стан, при якому на обидва входи R та S одночасно подані логічні одиниці, – не визначено і залежить від реалізації.</p>
	<p>Кон'юнкція (логічне множення). Операція І. При подачі одиниць на вхід IN1 та IN2 вихідний стан OUT стає рівним логічній одиниці. При подачі інших логічних комбінацій на вхід IN1 та IN2 вихідний стан OUT стає рівним логічному нулю.</p>
	<p>Таймер. Затримка. При подачі логічної «1» на вхід IN запускається таймер, час якого вказується на вході PT і контролюється на виході ET. Після досягнення виходу ET значення, що задається PT, на виході Q встановлюється логічний нуль.</p>
	<p>Диз'юнкція (логічне складання). Операція АБО При подачі на будь-який з входів (IN1, IN2) логічної одиниці, на виході стан OUT стає рівним логічній одиниці. При подачі логічних нулів на вхід IN1 та IN2 вихідний стан OUT стає рівним логічному нулю.</p>
	<p>Оператор порівняння На вхід IN1 та IN2 поступають цілочисельні значення. Функція виконує їх порівняння. Якщо $IN1 < IN0$, тоді на виході OUT нуль. Якщо $IN1 \geq IN0$, тоді на виході OUT одиниця.</p>
	<p>Оператор порівняння На вхід IN1 та IN2 поступають цілочисельні значення. Функція виконує їх порівняння. Якщо $IN1 < IN0$, тоді на виході OUT нуль. Якщо $IN1 > IN0$, тоді на виході OUT одиниця.</p>
	<p>Оператор порівняння На вхід IN1 та IN2 поступають цілочисельні значення. Функція виконує їх порівняння. Якщо $IN1 > IN0$, тоді на виході OUT нуль. Якщо $IN1 \leq IN0$, тоді на виході OUT одиниця.</p>
	<p>Оператор порівняння На вхід IN1 та IN2 поступають цілочисельні значення. Функція виконує їх порівняння. Якщо $IN1 > IN0$, тоді на виході OUT нуль. Якщо $IN1 < IN0$, тоді на виході OUT одиниця.</p>

Продовження додатку В

Таблиця В.3

Змінні та вхідні/вихідні сигнали підпрограми «AVARIA_STOP»

Позначення	Назва команди	Адреса входу / виходу
Вхідні сигнали		
DO_NO_1	Відсік - 1 - стан електродвигунів	–
DO_NO_2	Відсік - 2 - стан електродвигунів	–
DO_NO_3	Відсік - 3 - стан електродвигунів	–
DO_NO_4	Відсік - 4 - стан електродвигунів	–
DO_NO_5	Відсік - 5 - стан електродвигунів	–
DO_NO_6	Відсік - 6 - стан електродвигунів	–
DO_NO_7	Відсік - 7 - стан електродвигунів	–
DO_NO_8	Відсік - 8 - стан електродвигунів	–
DO_NO_9	Відсік - 9 - стан електродвигунів	–
DO_NO_10	Відсік - 10 - стан електродвигунів	–
DO_NO_11	Відсік - 11 - стан електродвигунів	–
DO_NO_12	Відсік - 12 - стан електродвигунів	–
SBROS	Скидання даних	–
Вихідні сигнали		
DO_NO_ZONA_1	Вихід з ладу Зона - 1	–
DO_NO_ZONA_2	Вихід з ладу Зона - 2	–
DO_NO_ZONA_3	Вихід з ладу Зона - 3	–
DO_NO_ZONA_4	Вихід з ладу Зона - 4	–
DO_NO_ZONA_5	Вихід з ладу Зона - 5	–
DO_NO_ZONA_6	Вихід з ладу Зона - 6	–
DO_NO_ZONA_7	Вихід з ладу Зона - 7	–
DO_NO_ZONA_8	Вихід з ладу Зона - 8	–
DO_NO_ZONA_9	Вихід з ладу Зона - 9	–
DO_NO_ZONA_10	Вихід з ладу Зона - 10	–
DO_NO_ZONA_11	Вихід з ладу Зона - 11	–
DO_NO_ZONA_12	Вихід з ладу Зона - 12	–
STOP_2	СТОП. Вихід з ладу електропривода	–

Продовження додатку В

Таблиця В.4

Змінні та вхідні/вихідні сигнали підпрограми «CLOCK»

Позначення	Назва команди	Адреса входу / виходу
Вхідні сигнали		
GO	Індифікатор запуску	–
IN_CISLO	Цілочисельне значення на вході	–
Вихідні сигнали		
CISLO	Цілочисельне значення на виході	–
Програмні змінні		
OFF	Сигнал скидання	–
clk	Змінна внутрішнього лічильника	–

Таблиця В.5

Змінні та вхідні/вихідні сигнали підпрограми «CLOCK2»

Позначення	Назва команди	Адреса входу / виходу
Вхідні сигнали		
GO	Індифікатор запуску	–
IN_CISLO	Цілочисельне значення на вході	–
SBROS	Скидання вихідного значення	–
Вихідні сигнали		
CISLO	Цілочисельне значення на виході	–
Програмні змінні		
OFF	Сигнал скидання	–
clk	Змінна внутрішнього лічильника	–

Продовження додатку В

Таблиця В.6

Змінні та вхідні/вихідні сигнали підпрограми «ОТСЕК_DH_STOP»

Позначення	Назва команди	Адреса входу / виходу
Вхідні сигнали		
DH_L_1	Світловий затвор - 1 - лівий	-
DH_L_2	Світловий затвор - 2 - лівий	-
DH_L_3	Світловий затвор - 3 - лівий	-
DH_L_4	Світловий затвор - 4 - лівий	-
DH_L_5	Світловий затвор - 5 - лівий	-
DH_L_6	Світловий затвор - 6 - лівий	-
DH_L_7	Світловий затвор - 7 - лівий	-
DH_L_8	Світловий затвор - 8 - лівий	-
DH_L_9	Світловий затвор - 9 - лівий	-
DH_L_10	Світловий затвор - 10 - лівий	-
DH_L_11	Світловий затвор - 11 - лівий	-
DH_L_12	Світловий затвор - 12 - лівий	-
DH_H_1	Світловий затвор - 1 - правий	-
DH_H_2	Світловий затвор - 2 - правий	-
DH_H_3	Світловий затвор - 3 - правий	-
DH_H_4	Світловий затвор - 4 - правий	-
DH_H_5	Світловий затвор - 5 - правий	-
DH_H_6	Світловий затвор - 6 - правий	-
DH_H_7	Світловий затвор - 7 - правий	-
DH_H_8	Світловий затвор - 8 - правий	-
DH_H_9	Світловий затвор - 9 - правий	-
DH_H_10	Світловий затвор - 10 - правий	-
DH_H_11	Світловий затвор - 11 - правий	-
DH_H_12	Світловий затвор - 12 - правий	-
Вихідні сигнали		
ОТСЕК_DH_STOP_1	Стан давача світлового затвору у зоні 1	-
ОТСЕК_DH_STOP_2	Стан давача світлового затвору у зоні 2	-
ОТСЕК_DH_STOP_3	Стан давача світлового затвору у зоні 3	-
ОТСЕК_DH_STOP_4	Стан давача світлового затвору у зоні 4	-
ОТСЕК_DH_STOP_5	Стан давача світлового затвору у зоні 5	-
ОТСЕК_DH_STOP_6	Стан давача світлового затвору у зоні 6	-
ОТСЕК_DH_STOP_7	Стан давача світлового затвору у зоні 7	-
ОТСЕК_DH_STOP_8	Стан давача світлового затвору у зоні 8	-
ОТСЕК_DH_STOP_9	Стан давача світлового затвору у зоні 9	-
ОТСЕК_DH_STOP_10	Стан давача світлового затвору у зоні 10	-

Продовження таблиці В.6

OTCEK_DH_STOP_11	Стан давача світлового затвору у зоні 11	–
OTCEK_DH_STOP_12	Стан давача світлового затвору у зоні 12	–
OTCEK_DH_STOP_13	Стан давача світлового затвору у зоні 13	–
STOP	Аварійний сигнал зупинки	–

Таблиця В.7

Змінні та вхідні/вихідні сигнали підпрограми «PRIVOD_CONTROL»

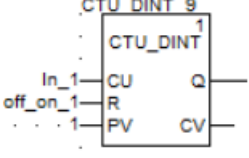
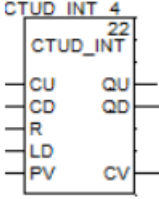
Позначення	Назва команди	Адреса входу / виходу
Вхідні сигнали		
D_R	Рух вправо	–
D_L	Рух вліво	–
DL_R	Давачі положення - правий	–
DL_L	Давачі положення - лівий	–
OK_GO	Дозвіл пересування	–
STOP	Зупинка	–
Вихідні сигнали		
DIO0	Сигнал блокування / регулятора	–
DIO1	Вправо/стоп	–
DIO2	Вліво/стоп	–
DIO3	Дозвіл/стоп	–
DIO4	Режим швидкості обертання ротора 1 (n11/n21)	–
DIO5TF	Режим швидкості обертання ротора 2 (n12/n22)	–

Таблиця В.8

Змінні та вхідні/вихідні сигнали підпрограми «SVETOVOI_ZATVOR»

Позначення	Назва команди	Адреса входу / виходу
Вхідні сигнали		
In_1	Давач 1	–
In_2	Давач 2	–
TUMBLER	Вимикач	–
Вихідні сигнали		
Zona_OK	Наявність об'єктів у робочій зоні	–
CELOVEK_V_ZONE	Кількість об'єктів у робочій зоні	–
Програмні змінні		
off	Вихід таймера 1	–
off_2	Вихід таймера 2	–
off_on_1	Вихід таймера 3	–
off_on_2	Вихід таймера 4	–
off_out_1	Вихід таймера 5	–
off_out_2	Вихід таймера 6	–

Застосовані елементи мови FBD в підпрограмі «SVETOVOI_ZATVOR»

Графічне позначення	Опис
	<p>Лічильник. На віднімання.</p> <p>На CU подаються логічні «0» або «1». При зміні фронту з «0» на «1» відбувається віднімання 1 одиниці від заданого числа PV.</p> <p>У разі, якщо рахункове число досягло нуля (вихід CV), подається логічна одиниця на вихід Q.</p> <p>При подачі логічної одиниці на вхід R відбувається скидання.</p>
	<p>Лічильник.</p> <p>На CU подаються логічні «0» або «1». При зміні фронту з «0» на «1» відбувається додавання 1 одиниці до виходу CV.</p> <p>На CD подаються логічні «0» або «1». При зміні фронту з «0» на «1» відбувається віднімання 1 одиниці на виході CV.</p> <p>При подачі логічної одиниці на вхід R відбувається скидання.</p> <p>PV - задане число лічильника; CV - значення лічильника; QU - на виході логічна 1 при CV > 1; QD - на виході логічна 1 при CV ≤ 0.</p>

Міністерство освіти і науки України

Київський національний університет технологій та дизайну



**МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:
ІННОВАЦІЇ ТА ІНЖИНІРИНГ**

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

24 листопада 2022



КИЇВ 2022

УДК 681.5

**РОЗРОБЛЕННЯ КОНТРОЛЕРНОЇ ПРОГРАМИ КЕРУВАННЯ
ПЕРЕМІЩЕННЯМ МОБІЛЬНИХ СТЕЛАЖІВ**

В.Б. Дроменко, кандидат технічних наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну
О.О. Корж, магістрант
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: переміщення мобільних стелажів, комп'ютерно-інтегрована система керування, система контролю, програма для контролера.

Такий тип стелажного зберігання, як мобільні стелажі, особливо актуальний на складах з високими експлуатаційними витратами (холодильні склади, приміщення з мікрокліматом). Застосування мобільних стелажів дозволяє збільшити місткість зберігання складського приміщення у 1,5-2 рази в порівнянні із застосуванням стаціонарних фронтальних стелажів[1]. Переміщаючи мобільні основи, оператор може відкрити проїзд в потрібному місці і отримати доступ до будь-якої адреси зберігання.

Розроблення програми керування переміщенням мобільних стелажів виконувалось в пакеті UnityPro, призначеного для платформи ModiconQuantum[2]. Для запису програми в контролер використовують технологію пакетної передачі даних Ethernet. Для забезпечення передачі даних необхідно провести налаштування портів.

Програма керування переміщенням мобільних стелажів, реалізована мовою FBD, складається з основної програми і декількох підпрограм.

Основна програма розділена на функціональні блоки, кожен з яких призначений для вирішення певних логічних дій.

Блок 1 приймає сигнали з датчиків світлового затвора, датчиків стану приводів, датчиків фронтального світлового затвора, сигналів з пульта дистанційного керування (стоп, режим провітрювання, команди на установлення проходу). Отримані блоком сигнали обробляються і при справності стану системи, а так само при відсутності перешкод на шляху переміщення відсіків, дає дозвіл на запуск електродвигунів.

Блок 2 приймає сигнали з датчиків положення, розташованих на відсіках і порівнює їх з командою на установлення проходу. Тим самим, можна визначити діючі проходи, де відстань між відсіками більше 15 см. Цей блок має елемент команд пов'язаних з установкою блоків в режим провітрювання.

Блок 3 здійснює порівняння цілочисельних значень при подачі команди на зміну положення проїзду і на підставі порівняння визначає напрям, в якому мають переміщатися відсіки.

Блок 4 виконує порівняння вхідних даних, серед яких: напрям руху відсіків; дані з датчика положення відсіку (лівий і правий датчики); код

команди на установку проходу; мітки режиму провітрювання; команда на установку провітрювання.

Блок складається з підпрограми PRIVOD_CONTROL, яка на основі вхідних даних видає сигнали для керування частотним перетворювачем.

Блок відповідає за індикацію даних про стан системи на дистанційному пульті керування. На основі отриманих даних, блок робить індикацію діючого проїзду, відображає установлення відсіків в режимі провітрювання, а також вказує проїзд/відсік, в якому сталася аварійна ситуація.

Підпрограма AVARIA_STOP групує вхідні сигнали про стан електродвигунів відсіків по зонах, до яких вони відносяться. У разі аварійної ситуації, підпрограма видає загальний аварійний сигнал і виділяє ділянку, на якій він виник.

Підпрограма OTCEK_DH_STOP групує вхідні сигнали про стан датчиків світлового затвора по зонах, до яких вони відносяться. У разі аварійної ситуації, підпрограма видає аварійний сигнал і виділяє ділянку, на якій він виник.

Підпрограма PRIVOD_CONTROL реалізує керування частотним перетворювачем.

Підпрограма SVETOVOI_ZATVOR реалізує підрахунок входів і виходів об'єктів в робочу зону.

Налагодження програми відбувається у два етапи:

1. Загальне налагодження.

Виконується в пакеті UnityPro в режимі симуляції. Для цього формують вхідні сигнали у вигляді заданого стану біта і відбувається комплексна імітація роботи системи керування переміщенням мобільних стелажів, з урахуванням усіх можливих аварійних ситуацій. Були зімітовані усі аварійні ситуації, включаючи обрив провідника, вихід з ладу датчиків відсутності живлення на контролері. При усіх зімітованих ситуаціях, програма забезпечує безпечну експлуатацію системи керування переміщенням мобільних стелажів і достовірність інформації, що надається оператору.

2. Налагодження при проведенні пуско-налагоджувальних робіт.

Після проведення монтажу системи, оператор виконує локальне налаштування програмного середовища.

Програма для керування переміщенням мобільних стелажів забезпечує можливість дистанційного керування через мережу Ethernet. Для цього до модуля QuantumEthernet I/O M340 PAC потрібно підключити кабель Ethernet і налаштувати IP-адресу.

Список використаних джерел

1. Синеглазов В.М., Сергеев І. Ю. Автоматизація технологічних процесів. Київ, 2015. – 444 с.
2. Платформа автоматизації Modicon Quantum. Каталог. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.novitech.com.ua/files/quantumcatru.pdf>