

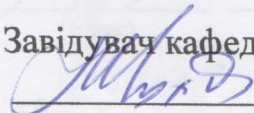
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра Електротехніка та електромеханіка

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

 /А. М. Муха/

« 15 » 12 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **14 Електрична інженерія**

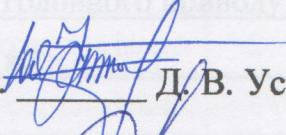
Спеціальність **141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

Освітньо-професійна програма **Електромеханічні системи автоматизації та електропривод**


Тема **Розробка автоматизованого електроприводу ескалатора**

Theme **Development of an automated electric escalator drive**

Керівник дипломної роботи

доц.  Д. В. Устименко

Нормоконтролер

доц.  О. О. Карзова

Студент групи ЕП1921

 К. В. Колісник

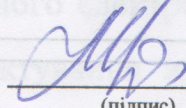
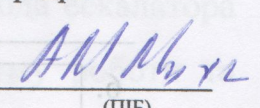
Student

Kolisnyk Kostiantyn

Дніпро – 2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Факультет Управління енергетичними процесами
кафедра Електротехніка та електромеханіка
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри


(підпис) 
(ПІБ)

« 25 » 08 2020 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної магістерської роботи на здобуття ОКР магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

студента групи ЕП1921 Колісник Костянтин Валерійович
(номер групи) (ПІБ)

1. Тема дипломної роботи «Розробка автоматизованого електроприводу ескалатора»

затверджена наказом по університету № 849 від « 12 » листопада 20 20 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 01.12.2020

3. Вихідні дані до дипломної роботи тип ескалатора ЕТ-3М; висота підйому

$H = 48$ м; швидкість полотна $v = 0,94$ м/с; потужність головного приводу

$P = 132$ кВт; потужність допоміжного приводу $P = 7,5$ кВт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки 1. Вступ 2. Аналіз літературних

джерел 3. Аналіз існуючої схеми ескалатора та визначення шляхів і об'єму

модернізації 4. Розробка системи керування електроприводом ескалатора та

вибір елементної бази 5. Алгоритм та програма функціонування цифрової

системи керування ескалатором 6. Охорона праці та безпека життєдіяльності

у надзвичайних ситуаціях 7. Загальні висновки та додатки.

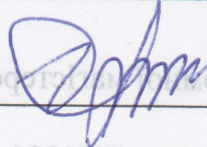
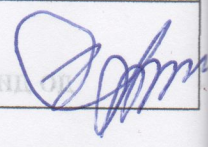
(підпис)

(підпис)

0024 ДМР 20.04.ПЗ

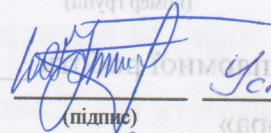
4

5. Перелік графічних робіт (з переліком обов'язкових креслень) 1. Постановка задачі та аналіз існуючих джерел і рішень 2. Креслення ескалатора, вихідна немодернізована система керування 3. Структура модернізації системи керування 4. Електрична принципова модернізована система керування з апаратами захисту 5. Алгоритм і програма в Zelio Logic

6. Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека при експлуатації електропривода	Саблін О.І.		

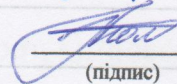
Дата видачі завдання: « 25 » червня 2020 р.

Керівник дипломної роботи


(підпис)

Устименко Д.В.
(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

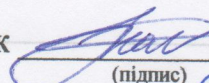

(підпис)

Колісник К.В.
(ПІБ)

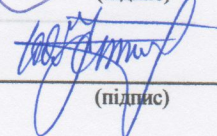
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу дипломної роботи	Термін виконання	Примітка
1	Вступ	12.10.2020	10%
2	Аналіз літературних джерел	12.10.2020	10%
3	Аналіз існуючої схеми ескалатора та визначення шляхів і об'єму модернізації	12.10.2020	15%
4	Розробка системи керування ЕП ескалатора та вибір елементної бази	09.11.2020	30%
5	Алгоритм та програма функціонування цифрової сист. керування ескалатором	30.11.2020	20%
6	Охорона праці та БЖД у надзв. ситуаціях	30.11.2020	10%
7	Загальні висновки та додатки	30.11.2020	5%

Студент-дипломник


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота на тему: «Розробка автоматизованого електропривода ескалатора» містить: 59 сторінок основного тексту, 5 таблиць, 10 рисунків, 14 літературних джерел, 5 додатків.

Мета роботи – розробка автоматизованого електропривода ескалатора ЭТ-3М Дніпровського метрополітену, проектування алгоритму роботи та написання програми в середовищі Zelio Soft 2.

В розділі 1 надана загальна інформація про інтелектуальні реле, їх типи, функції, будову та загальні характеристики. Також у цьому розділі описано параметри інтелектуального реле Zelio Logic SR2B201BD.

У розділі 2 детально розібрано існуюче силове коло, проведено вибір пристрою плавного пуску та датчиків. Розглянуті геометричні параметри ескалатора.

У розділі 3 приведено проектування автоматизованої системи керування електроприводом ескалатора, розроблено та реалізовано алгоритм роботи програми.



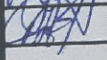
У розділі 4 представлена охорона праці та безпеки життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях при експлуатації електроприводу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕСКАЛАТОР, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ РЕЛЕ, СХОДОВІ ДІАГРАМИ, ZELIO LOGIC, ІНФРАЧЕРВОНІ ДАТЧИКИ, ALTISTART, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН.

									Арк.
									4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ДМР 20.04.ПЗ				

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ПАРАМЕТРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ РЕЛЕ ZELIO LOGIC	9
1.1 Інтелектуальні реле	9
1.2 Програмування	10
1.3 Запам'ятовуючі пристрої	12
1.4 Аналогові інтерфейси	13
1.5 Функції системи «Zelio Soft 2»	14
1.6 Зв'язок в Zelio Logic	15
1.7 Входи і виходи. Модулі розширення	17
1.8 Панель керування	18
1.9 Мова LADDER	19
1.10 Загальні характеристики Zelio Logic SR2B201BD	20
1.11 Джерела живлення і трансформатори	21
1.12 Висновки до розділу 1	22
РОЗДІЛ 2 МОДЕРНІЗАЦІЯ СИЛОВОГО КОЛА	23
2.1 Силове коло	23
2.1.1 Захист	26
2.1.2 Недоліки силового кола	28
2.2 Технічні характеристики ескалатора	28
2.3 Altistart	29
2.3.1 Переваги Altistart	30
2.3.2 Вибір пристрою	31
2.4 Датчики	33
2.5 Геометричні параметри ескалатора	36
2.6 Висновки до розділу 2	37

Розробка автоматизованого електроприводу ескалатора							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
					Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Колісник К. В.		14.12		5	59
Перевір.		Устименко Д. В.		14.12			
Н. Контр.		Карзова О. О.		15.12			
Консультант					ДНУЗТ ім. ак. Лазаряна група ЕП1921		
Затверд.		Муха А. М.					

РОЗДІЛ 3 ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ	
УПРАВЛІННЯ	38
3.1 Структура АСУ	38
3.2 Принципова схема	40
3.3 Алгоритм програми	42
3.4 Програма Zelio Soft 2	44
3.5 Висновки до розділу 3	46
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ У	
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	47
4.1 Питання охорони праці при експлуатації електроприводу	47
4.2 Безпека життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях	52
ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57
СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ	59

									Арк.
									6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024. ЛМР 20.04.13				

ВСТУП

Найважливішими машинами, призначеними для переміщення пасажирів з одного рівня на інший, є ескалатори. Вони володіють великою перевізною здатністю і надійністю, забезпечують безпечність користування при достатньому рівні зручності і відсутності забруднення навколишньої середовища.

Реалії сьогодення вказують на стрімкий технологічний розвиток в усьому світі. Постулати сучасного суспільства такі, що первинною цілю є економічний розвиток, тому саме вдосконалення кожної ланки виробництва, сфер обслуговування, перевезень і т.п. дозволить витратити мінімум ресурсів і в тому числі робочої сили окремих виконавців. Тому в даній роботі буде проаналізовано всі проблеми і прийняті шляхи вирішення задачі на прикладі ескалаторів ЕТ-3М Дніпровського метрополітену.

Сучасні технології мають за мету перехід на автоматизацію технологічних процесів для отримання найбільш високих показників. Використання інтелектуальних реле дозволяє програмувати ланки технологічних процесів, на прикладі оболонки Zelio Logic є можливість забезпечення також допоміжних та сервісних функцій.

Під терміном автоматизація розуміють процес, при якому контрольні та управлінські функції передаються від людини автоматичним пристроям. Автоматизація виробництва допомагає скоротити витрати, знизити собівартість і оптимізувати чисельність персоналу. Особливу цінність автоматизація має на місцях з монотонною роботою, або такою, що становить загрозу життю людини.

Метою даної роботи є модернізація існуючої системи управління електроприводом за допомогою інтелектуального реле Zelio Logic, що отримуватиме і оброблюватиме дискретні сигнали з датчиків. Також буде застосований пристрій плавного пуску Altistart.

Інтелектуальні реле Zelio Logic призначені для реалізації невеликих

									Арк.
									7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ДМР 20.04.ПЗ				

систем управління. Застосовуються в промисловості і невиробничій сфері. Вони слугують для перетворення сигналів датчиків або приладів в стандартні електричні сигнали, сумісні з автоматизованими системами, регуляторами (теплових процесів, швидкості і т.д.)

Для зарахування даної дипломної роботи як використаної, необхідно:

- навести довідкову інформацію про інтелектуальні реле Zelio Logic;
- створити умовну модель у вигляді логічної схеми;
- відтворити дослідження у середовищі Zelio Soft;
- зробити висновки.

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ДМР 20.04.ПЗ				

РОЗДІЛ 1

ПАРАМЕТРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ РЕЛЕ ZELIO LOGIC

1.1 Інтелектуальні реле

Програмувальне (інтелектуальне) реле — різновид програмувальних логічних контролерів (ПЛК). Застосування інтелектуальних реле дозволяє значно спростити схеми управління електроустаткуванням, підвищити їх надійність.

Завдання програми для інтелектуальних реле здійснюється за допомогою кнопок на лицьовій панелі і невеликого, як правило, в один-два рядки LCD (liquid crystal display) індикатора. Хоча існують і більш складні конструкції, і в цих випадках програми доводиться писати на персональному комп'ютері, з використанням спеціалізованих мов програмування релейного логіки LD, функціональних блокових діаграм FBD і деяких інших.

Для завантаження (прошивки) готових програм в пам'ять мікроконтролера використовуються інтерфейси типу RS-232, RS-485 або Industrial Ethernet, що дозволяють також здійснювати зв'язок з автоматизованою системою керування АСК верхнього рівня. Деякі моделі програмованих інтелектуальних реле дозволяють нарощувати можливості комунікації за допомогою спеціальних модулів розширення.

Відмінність інтелектуальних реле від повноцінних ПЛК в тому, що вони володіють малим об'ємом оперативної і програмної пам'яті, а це призводить до неможливості хоч яких-небудь складних математичних обчислень. Крім того кількість каналів вводу-виводу як цифрових, так і аналогових у інтелектуальних реле також невелика, тому область їх застосування досить обмежена. Перш за все, це автоматизація окремих агрегатів, управління системами освітлення, деякими пристроями в системі житлово-комунального господарства, локальні контури різних систем автоматизації, побутова техніка [1].

Різні виконання програмованих реле відрізняються:

									Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024. ЛМР 20.04.13				

- наявністю і кількістю каналів входів-виходів;
- робочим температурним діапазоном;
- ступенем захисту оболонки;
- наявністю і рівнем вибухозахисту;
- живленням;
- підтримкою промислових мереж;
- середовищем і мовами програмування.

Особливістю таких пристроїв є їх локальне застосування для невеликих систем, а так само програма для них в основному створюється на мові функціональних блокових діаграм (FBD) або на мові релейної логіки (LD).

Ці мови відповідають міжнародному стандарту МЭК 61131-3. Програмне забезпечення таких реле має зручний і доброзичливий інтерфейс і дозволяє розробити програми в короткий термін, перевірити синтаксис і вірність створеної програми, а так само має можливість провести налагодження програми в реальному часі, яка ясно дає уявлення про те, як буде вести себе контролер в тій або іншій ситуації.

Конструкція програмованих інтелектуальних реле найчастіше моноблочна, – в одному невеликому корпусі містяться всі вузли. Це, як правило, блок живлення невеликої потужності, мікроконтролер, канали введення і виведення інформації, клеми для підключення виконавчих пристроїв. Корпуси таких пристроїв невеликі і дозволяють установку в електричних шафах на DIN-рейку, що відповідає сучасним стандартам. Втім, блок живлення може бути і окремим пристроєм [2].

1.2 Програмування

Програмування здійснюється на базі універсальних мов програмування, що значно спрощує роботу як фахівців з налагодження систем автоматизації, так і інженерів електриків. Програмування може здійснюватися:

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ЛМР 20.04.ПЗ				

– автономно за допомогою клавiш iнтелектуального реле Zelio Logic (мова сходових дiаграм LADDER);

– на комп'ютері за допомогою iнструментальної системи програмування Zelio Soft 2.

Програмування з комп'ютера можна здiйснювати як на мові сходових дiаграм LADDER, так i на мові функціональних блок-схем FBD.

Засоби програмування забезпечують зв'язок між iнтелектуальним реле Zelio Logic i комп'ютером зi встановленою iнструментальною системою програмування Zelio Soft 2:

Проводове з'єднання:

– кабель SR2 CBL01 для підключення до 9-контактному послідовному COM - порту;

– кабель SR2 USB01 для підключення до USB-порту.

Бездротове: Інтерфейс Bluetooth SR2 BTC01.

Управління підсвічуванням вбудованого ЖК-дисплея здiйснюється однією з 6 програмуючих клавiш, розташованих на iнтелектуальному реле Zelio Logic, або програмується за допомогою Zelio Soft 2.

Контактний мова дозволяє писати програму LADDER з елементарними функціями, елементарними i похідними функціональними блоками, а також з контактами, котушками i змінними.

Контакти, котушки та змінні можуть супроводжуватися коментарями. Текст можна розташовувати в будь-якому місці всередині графічного об'єкта.

Режими складання схем управління. Режим «Введення даних Zelio» забезпечує користувачу таку ж ергономіку, як i при програмуванні безпосередньо на Zelio Logic.

Режим «Вільне введення даних» є більш інтуїтивним i забезпечує зручність експлуатації та численні додаткові функції.

Мова програмування LADDER допускає 2 типу застосування:

– символи LADDER;

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024. ЛМР 20.04.13				

– електричні символи.

Режим «Вільне введення даних» дозволяє також створювати мнемосхеми і коментарі, приєднуються до будь-якому рядку програми.

Перехід від одного режиму введення даних до іншого можливий в будь-який момент і здійснюється простим клацанням миші.

Можливо запрограмувати до 120 рядків схем управління, при 5 контактах і 1 котушці на рядок програмування [3].

1.3 Запам'ятовуючі пристрої

У інтелектуальне реле Zelio Logic вбудована пам'ять резервного копіювання, що дозволяє відтворювати програму на іншому реле (приклад: реалізація аналогічного обладнання, дистанційна передача оновлень). Ця пам'ять забезпечує також збереження програми при заміні виробу.

Резервне копіювання даних (попередньо заданих і поточних значень) здійснюється в флеш пам'ять EEPROM. А віддалений моніторинг і контроль установок за допомогою інтерфейсу модемного зв'язку (аналоговий модем або GSM).

У разі об'єднання запам'ятовує з реле, які не мають дисплея і клавіш, копія програми, що міститься в картриджі, автоматично передається на інтелектуальне реле при подачі напруги.

Інтелектуальне реле Zelio Logic може комплектуватися запасним картриджем пам'яті, що дозволяє копіювати прикладну програму на інше інтелектуальне реле Zelio Logic.

Однак, завантаження і оновлення прошивки (програмно-апаратних засобів реле) здійснюється тільки за допомогою картриджа пам'яті SR2 MEM02.

					0024. ЛМР 20.04. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Картридж пам'яті також служить для збереження резервної копії програми перед заміною реле.

При використанні інтелектуальних реле Zelio Logic без вбудованого дисплея або клавіш програма, записана в картриджі пам'яті, завантажується автоматично при подачі живлення на реле [3, 4].

1.4 Аналогові інтерфейси

Перетворювачі серії Zelio Analog служать для перетворення сигналів датчиків або пристроїв в стандартні електричні сигнали, сумісні з автоматизованими системами, регуляторами (теплових процесів, швидкості і т.д.). Вони дозволяють також збільшити відстань між датчиком і сполученим з ним пристроєм, використовують дані вимірювань, наприклад, між термopарою і контролером.

Серія Zelio Analog була розроблена, з одного боку, з урахуванням найбільш поширених видів застосування, з іншого боку, з метою забезпечення максимальної простоти застосування:

- завдяки попередньому калібруванню вхідних і вихідних шкал ніякі додаткові регулювання не потрібні;
- виходи захищені від зміни полярності, перенапруг та коротких замикань;
- живлення 24 В постійного струму;
- пломбований захисний кожух;
- установка на DIN-рейки, кріпиться гвинтами на пластині;
- світлодіодний індикатор на передній панелі;
- перемикачі вибору входів і виходів на передній панелі;
- значення неробочого стану на виході в разі відсутності вхідного сигналу (наприклад, при обриві кола датчика) [4].

					0024. ЛМР 20.04. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.5 Функції системи «Zelio Soft 2»

Інструментальна система програмування «Zelio Soft 2» призначена для:

- програмування на мові сходовій логіки (LADDER) або мовою функціональних блок-схем (FBD);
- моделювання, моніторингу та контролю;
- завантаження і скачування програм;
- видачі персоналізованих файлів;
- автоматичної компіляції програм;
- надання контекстної довідкової інформації.

Інструментальна система «Zelio Soft 2» забезпечує правильність введення даних за допомогою функції перевірки узгодженості. При виявленні найменшої помилки введення даних індикатор встановлюється червоним. Помилку можна локалізувати простим натисканням мишки.

Передбачено два режими перевірки написаних програм:

- задіяти дискретні входи;
- вивести на монітор стан виходів;
- змінювати напругу аналогових входів;
- задіяти клавіші на лицьовій панелі;
- змоделювати роботу прикладної програми в реальному або прискореному масштабі часу;
- динамічно виділяти червоним кольором різні активні елементи програми.

У режимі моніторингу, передбаченому в системі «Zelio Soft 2», можна перевірити виконання програми інтелектуальним реле на практиці, тобто:

- відобразити роботу програми в режимі реального часу;
- примусово управляти входами, виходами, поточними значеннями функціональних блоків;
- встановлювати час;

										Арк.
										14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024. ЛМР 20.04.ПЗ					

- протокол програмування;
- Modbus;
- Ethernet.

Протокол зв'язку мережі Modbus являє собою протокол типу master / slave (провідний / ведений). Існує два механізми обміну даними:

Запит / відповідь:

- з провідного пристрою (master) направляється запит відомому пристрою (slave);
- після цього ведучий пристрій очікує відповіді від веденого пристрою.

Розсилка:

- з провідного пристрою направляється запит на всі ведені пристрої, що знаходяться в мережі. Ці ведені пристрої виконують команду без надсилання відповіді.

Модульні інтелектуальні реле Zelio Logic підключаються до мережі Modbus за допомогою комунікаційного модуля Modbus slave. Справжній модуль являє собою електрично неізолюваний ведений пристрій.

Комунікаційний модуль Modbus slave слід підключати до модульного інтелектуального реле SR3 В***BD з напругою живлення 24 В.

Конфігурація. Налаштування конфігурації комунікаційного модуля Modbus slave може здійснюватися:

- за допомогою клавіш на лицьовій панелі інтелектуального реле;
- або за допомогою комп'ютера з встановленою інструментальною системою програмування Zelio Soft 2.

Налаштування конфігурації комунікаційного модуля Ethernet server здійснюється за допомогою комп'ютера з встановленою інструментальною системою програмування Zelio Soft. Програмування з комп'ютера виконується на мові функціональних блок-схем FDB [3].

					0024. ЛМР 20.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

1.7 Входи і виходи. Модулі розширення

В модульних інтелектуальних реле кількість входів/виходів може бути:

- 26 входів/виходів, живлення с 12 В;
- 10 або 26 входів/виходів, живлення а 24 В, а 100 ... 240 В або с 24 В.

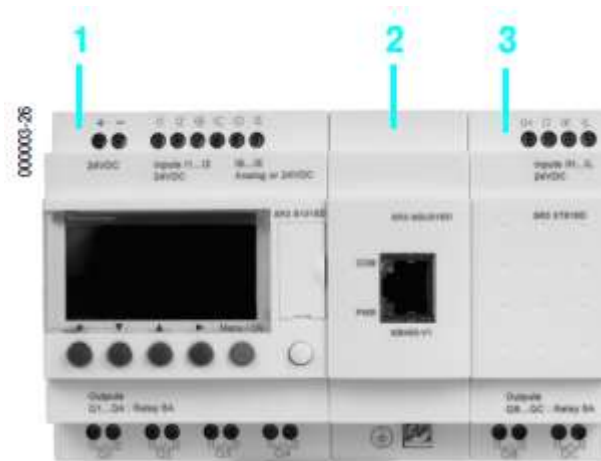


Рис. 1. Модулі розширення компактного інтелектуального реле

- 1 – Модульне інтелектуальне реле Zelio Logic (10 або 26 входів / виходів);
- 2 – Комунікаційні модулі Modbus або Ethernet;
- 3 – Модуль розширення входів / виходів:
дискретний (6, 10 або 14 входів / виходів) або
аналоговий (4 входу / виходу).

При необхідності більшої експлуатаційної гнучкості або робочих характеристик модульні інтелектуальні реле Zelio Logic можна оснащувати комунікаційними модулями і модулями розширення.

Модуль розширення Zelio Logic – це модуль, який оснащений додатковими аналоговими входами та виходами.

Максимальна кількість входів/виходів при цьому може досягати 40:

- комунікаційні модулі Modbus або Ethernet, живлення с 24 В через інтелектуальне реле Zelio Logic аналогічного напруги;
- аналогові модулі розширення з 4 входами/виходами, живлення 24 В через інтелектуальне;

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ЛМР 20.04.ПЗ				

- реле Zelio Logic аналогічного напруги;
- дискретні модулі розширення з 6, 10 або 14 входами/виходами, живлення через інтелектуальне реле Zelio Logic аналогічного напруги [3].

1.8 Панель керування

Панель керування модульного інтелектуального реле представляє собою засіб для маніпуляцій в системі Zelio Logic, що дозволяє здійснювати команди, які задаються безпосередньо натисканням клавіш на лицевій стороні панелі.



Рис. 2. Передня панель компактного інтелектуального реле

На передній панелі компактних інтелектуальних реле (рис. 2) розташовані:

- 1 – дві висувні провусини для гвинтового кріплення;
- 2 – дві клеми живлення;
- 3 – клеми приєднання входів;
- 4 – рідкокристалічний дисплей з підсвічуванням, 4 рядки по 18 символів;
- 5 – відсік для картриджа пам'яті і приєднання до персонального комп'ютера;
- 6 – клавіатура з 6 клавішами для програмування і регулювання параметрів;
- 7 – клеми приєднання виходів.

1.9 Мова LADDER

Мовою сходової логіки LADDER можна написати програму за допомогою елементарних функцій, елементарних функціональних блоків і похідних функціональних блоків, а також з використанням контактів, котушок і змінних. Контакти, котушки та змінні можна забезпечити коментарями. Текст можна розташовувати в будь-якому місці всередині графічного об'єкта.

Режими введення схем управління. Режим прямого введення Zelio entry буде зручний досвідченим користувачам, які звикли програмувати інтелектуальні реле Zelio Logic безпосередньо. В цьому режимі введення даних здійснюється за допомогою віртуальної лицьової панелі реле Zelio Logic, тому це не викличе складнощів у користувачів, які вперше використовують програмне забезпечення.

Режим вільного введення Ladder entry більш інтуїтивний, має дуже дружній користувачеві інтерфейс і безліч додаткових опцій.

При написанні програми на мові сходової логіки LADDER можна використовувати будь-який з двох альтернативних типів символів:

- символи сходової логіки;
- електричні символи.

У режимі Ladder entry також можна постачати кожен рядок програми мнемонічними об'єктами і коментарями.

У потрібний момент можна простим клацанням мишки переключитися з одного режиму введення в інший.

Програма може включати в себе до 120 рядків схеми управління, при цьому кожен рядок може містити 5 контактів і 1 котушку.

Функції:

- 16 текстових функціональних блоків;
- 16 функціональних блоків затримки часу; кожному з них можна задати параметри 11 різних типів (від 1/10 с. до 9999 год.);

										Арк.
										19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ЛМР 20.04.ПЗ					

- 16 функціональних блоків лічильника прямого/зворотного відліку від 0 до 32767;
- 1 швидкий лічильник (1 кГц);
- 16 функціональних блоків аналогового компаратора;
- 8 функціональних блоків годин, кожен з 4 каналами;
- 28 реле управління;
- 8 компараторів лічильника;
- ЖК-дисплей з програмованої підсвічуванням;
- автоматичний перехід на зимовий/літній час;
- інші функції: котушка, блокування скидання/установка (SET/RESET), бістабільності реле;
- 28 блоків повідомлень (з комунікаційним інтерфейсом) [3].

1.10 Загальні характеристики Zelio Logic SR2B201BD

Компактні інтелектуальні реле можна віднести до простих систем автоматизації.

Основні характеристики Zelio Logic SR2B201BD представлені у табл. 1.
Таблиця 1 – Основні характеристики інтелектуального реле Zelio Logic SR2B201BD

№	Параметри	SR2B201BD
1	Кількість дискретних входів	12
2	Кількість дискретних виходів	8
3	Струм дискретного входу, мА	4
4	Номінальна напруга живлення, В	24
5	Момент зтяжки, Н·м	0,5
6	Час циклу, мс	6-90

1.11 Джерела живлення і трансформатори

В якості зовнішнього джерела живлення може використовуватися мережевий AC/DC-адаптер.

Джерела живлення серії ABL 7RM служать для подачі напруги постійного струму в контрольні кола різних систем управління. Дана серія складається з двох виробів, які задовольняють потреби застосування в промисловій, невиробничої і житлової сферах. Ці джерела живлення є однофазні модульні електронні пристрої з імпульсною регулюванням, що забезпечують якість вихідного струму, необхідне для живлення компонентів. Завдяки узгодженості з функціонуванням модулів Zelio Logic вони є пріоритетними «партнерами» для останніх. Є також докладні вказівки по вибору вказаних захисних пристроїв, які можуть об'єднуватися з джерелами живлення, забезпечуючи комплексне рішення з високим рівнем безпеки.

Джерела живлення з імпульсною регулюванням є повністю електронними автоматичними пристроями. Застосування електроніки значно підвищує ефективність живлення.

Джерела живлення Phaseo представлені в однофазному виконанні. Вони видають напругу з точністю 3% при будь-якому навантаженні і для будь-якої мережі, в діапазоні 85 + 264 В однофазного напруги. Ці джерела живлення, що відповідають стандартам MEK і сертифіковані в системах UL (Underwriters Laboratories) і CSA (Canadian Standards Association), придатні для універсального застосування. А завдяки наявності вбудованих захистів від перевантажень і коротких замикань відпадає необхідність в нижчих захистах (В разі, якщо селективність не потрібно).

Всі вироби оснащені потенціометром для регулювання вихідної напруги, що дозволяє при необхідності компенсувати падіння напруги на лінії для установок з великою протяжністю електропроводки [3].

										Арк.
										21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024. ЛМР 20.04.ПЗ					

1.12 Висновки до розділу 1

Інтелектуальні програмовані реле можуть виконувати ряд завдань в виробничих і невиробничих сферах. Їх можна віднести до простих програмованих систем автоматизації. Перевагою таких програмованих реле є те, що вони значно дешевші ніж, наприклад, ПЛК, що дозволяє заощадити в процесі модернізації автоматичного процесу. Для того щоб запрограмувати інтелектуальне програмований реле, користувачеві не обов'язково мати навички програмування, можна використовувати набір типових програм.

Отже, інтелектуальні реле досить добре підходять для вирішення питання модернізації ескалаторів ЕТ-3М на Дніпровському метрополітені.

					0024. ЛМР 20.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

– повинен мати технічний устрій, який забезпечує безпеку виробництва ремонтно-ревізійних робіт (СТОП-трос, штепсельні розетки малого привода).

Перед початком модернізації системи, розглянемо існуюче силове коло ескалатора ЕТ-3М (рис. 3).

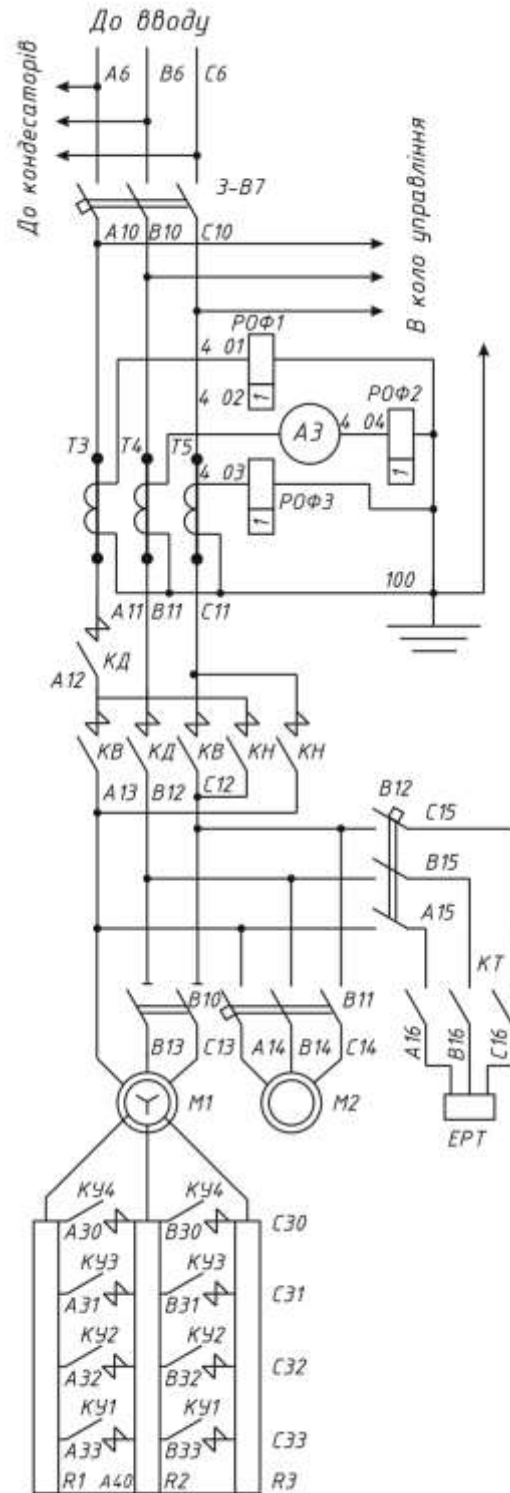


Рис. 3. Принципова схема силових кіл ескалатора ЕТ-3М

До складу силових кіл входить:

M1 – електродвигун головного привода;

M2 – електродвигун допоміжного привода;

ЭРТ – електромагніти робочого гальма;

КД, КТ, КВ, КН – головні силові контакти контакторів дублюючого, гальма, верху, низу;

B10 – рубильник головного електродвигуна;

B11 – автоматичний вимикач допоміжного електродвигуна;

B12 – автоматичний вимикач електромагнітів робочого гальма;

R1, R2, R3 – пускові резистори;

KY1, KY2, KY3, KY4 – головні силові контакти контакторів прискорення;

Tr3, Tr4, Tr5 – трансформатори струму;

РОФ1, РОФ2, РОФ3 – реле нульового струму.

Робота головного приводу відповідає за переміщення стрічки ескалатора за допомогою 3-фазного асинхронного двигуна змінного струму, а допоміжний привод відповідає приведення в рух поручнів.

Робота головного двигуна ескалатора при включених автоматичних вимикачах і рубильниках в колі управління, в колі живлення, а також в силовому колі (QF1, QF2) і при відключеному вимикачі B11 здійснюється в порядку, заданому схемою керування.

При включенні апаратури кіл управління замикається контактор КТ, потім КВ чи КН. Вони підготовлюють коло живлення ЕРТ і головного електродвигуна в вибраному напрямку. При подальших включеннях контактора КД напруга подається на електромагніт ЕРТ і одночасно на двигун М1.

Двигун розганяється по штучній характеристиці. Час розгону визначається витримкою часу відповідного реле в колі управління. Потім почергово з затримкою часу отримують живлення котушки контакторів KY1, KY2, KY3, KY4. Після замикання контактів KY4 пусковий резистор

										0024.ДМР 20.04.ПЗ	Арк.
											25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

шунтується і закінчується розгін двигуна. Двигун починає працювати на природній характеристиці.

При роботі на спуск передбачено одночасне включення контакторів КУ1 і КУ2, тому двигун переходить одразу з першої на третю природню характеристику. В подальшому розгін двигуна відбувається так само, як і на підйом. Це робиться тому, що при роботі на СПУСК двигун швидко розганяється під дією навантаження на полотні ескалатора і на другій характеристиці його швидкість різко зросла б, створюючи загрозу безпеці пасажирів на полотні.

При зупинці по будь-якій причині відключаються всі контактори, забезпечуються двигун і електромагніт робочого гальма, спрацьовує робочий тормоз, зупиняється ескалатор [5].

2.1.1 Захист

Захисними пристроями і механізмами, що застосовуються в схемах управління ескалатора, є:

- блокувальне коло, блокувальні зв'язки між електроапаратами;
- дублюючі електроапарати найбільш відповідального призначення;
- допоміжний привід;
- автоматичні вимикачі, запобіжники і в деяких випадках спеціальні реле для захисту силових кіл і кіл управління;
- апарати, які контролюють виконання заданої програми пуску, час гальмування, заданий напрямок руху і збільшення швидкості понад номінальну;
- захисне заземлення корпусів електроустаткування, металевих каркасів панелей управління, труб та інших конструкцій, які можуть опинитися під напругою при пошкодженні ізоляції;
- захист від перегріву підшипників вхідного вала редуктора – виконаний на температурних реле РТП, РТЛ (їх контакти включені в коло реле Р13, при відсутності напруги на якому, внаслідок розімкнутих контактів РТП або РТЛ, коло не буде зібране - готовності до пуску не буде).

									Арк.
									26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ДМР 20.04.ПЗ				

Даний захист виконаний в лінійному автоматичному вимикачі QF1, QF2 за допомогою теплового розчеплювача, який відмикає вимикач у випадку 3-кратного збільшення номінального струму головного силового кола. Діє з затримкою часу 20-60 с [5].

2.1.2 Недоліки силового кола

Основним недоліком існуючого силового кола є релейно-контакторна система управління ескалатором, що майже за кожною комутацією привода в дію зменшує точність роботи, так як апарати управління мають рухомі частини та рухливі замикаючі і розмикають контакти. Контакти і рухливі частини досить швидко зношуються, що призводить до порушення з'єднання між контактами і виходу з ладу деяких апаратів і всієї схеми управління. Імовірність порушення контактів стає дуже істотною і робота системи – ненадійною. Наприклад, стирання контактів призводить до затримки часу спрацювання, через це значення t можуть впасти до 10-40%.

Обмежений функціонал такого типу управління, що призводить до необхідності зміни топології схеми і застосування нового обладнання.

Також не можна не звернути увагу на енергоекономічність такої системи. Енергоекономічність використання релейно-контакторного типу дуже мала в порівнянні з використання інтелектуальних реле та їх прототипів.

2.2 Технічні характеристики ескалатора

Вітчизняні тунельні ескалатори виконані за єдиною принциповою схемою, мають ширину ступені 1 м, кут нахилу 30° і винесений в машинне приміщення редукторний привод. При висотах підйому більше 15 м розміри приводу такі, що для установки суміжних ескалаторів центральні доводиться робити з подовженою горизонтальною частиною. Технічні характеристики ескалатора ЭТ-3М наведені в табл. 2.

					0024. ДМР 20.04. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Таблиця 2 – Основні технічні характеристики ескалатора ЭТ-3М

Найменування параметрів	Висота підйому, м	Швидкість полотна, м/с	Потужність головного приводу, кВт	Потужність допоміжного приводу, кВт
ЭТ-3М	48	0,94	132	7,5

Швидкість руху сходового полотна на перших ескалаторах Н і ЕМ була 0,75...0,77 м/с. Пізніше, для збільшення продуктивності ескалаторів і прискорення транспортування пасажирів її збільшили до 0,9 і 0,94 м/с і треба сказати, що пасажирів не відчували будь-яких незручностей. Однак, очікуваного збільшення продуктивності не відбулося, а різко збільшився обсяг експлуатаційних витрат, змусивши сьогодні повернутися до вихідної економічної швидкості 0,75 м/с [6].

Головний привод оснащений трьохфазним асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором – 4АНК315М8. Двигуни серії 4АН вигідно відрізняються від відповідних електродвигунів попередніх серій меншою масою та габаритами, зменшеним рівнем шуму і вібрацій, збільшеними пусковими моментами та підвищеною надійністю. Також, мають бризка захищене виконання.

Допоміжний привод приводиться у вигляді трьохфазного асинхронного двигуна 4АМ132М6 з потужністю 7,5 кВт.

2.3 Altistart

Для розробки системи керуючого електропривода потрібно забезпечення плавного пуску і гальмування, що дозволить підвищити довговічність двигуна шляхом: ліквідації ривків в механічній частині двигуна і надмірного нагріву обмоток.

Пристрій плавного пуску і гальмування Altistart являє собою тиристорний перемикаючий пристрій (регулятор напруги), що забезпечує плавний пуск і зупинку трифазних асинхронних двигунів з

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ДМР 20.04.ПЗ				

короткозамкненим ротором різної потужності. Простота установки і експлуатації. Економія часу при підключенні (6 клем замість 12).

Він об'єднує функції плавного пуску і гальмування, захисту механізмів і двигунів, а також зв'язку з системами автоматизації.

Характеристики алгоритму управління пристроїв плавного пуску Altistart забезпечують високу надійність, безпеку і простоту введення в експлуатацію.

Оптимізація розмірів шафи завдяки компактності. Мінімальна тепловиділення в шафі завдяки низькій тепловіддачі. Зменшення кількості елементів схеми.

Захист обладнання. Altistart 22 мінімізує кидки струму. Зменшує механічні удари в установках. Збільшує термін служби обладнання.

Altistart 22 запобігає пошкодженню електрообладнання, визначаючи і сигналізуючи про таких несправності, як заклинювання або недовантаження електродвигуна або замикання на землю однієї з трьох фаз мережі.

Функції байпаса і безпеки. Пристрої захисту для контролю електродвигуна, установки в цілому і самого пристрою плавного пуску.

Пусковий пристрій Altistart 22 - це економічне рішення, що дозволяє:

- зменшити вартість експлуатації механізмів шляхом зниження механічних впливів і поліпшення експлуатаційної готовності обладнання;
- зменшити вплив пуску двигунів на електричну мережу за рахунок обмеження кидків струму і провалів напруги в мережі [7].

2.3.1 Переваги

До переваг пристрою Altistart відносять:

- мінімізація ударних навантажень, зменшення механічних напруг в установках і продовження терміну їх служби;
- вбудовані функції байпаса і безпеки;
- зниження експлуатаційних витрат;
- простота підключення;

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ДМР 20.04.ПЗ					

- захист підключеного електрообладнання;
- економія простору завдяки компактному пристрою
- підтримання моменту, що розвивається двигуном під час прискорення і уповільнення (значне зменшення ударних навантажень);
- простота налаштування прискорення при розгоні і пусковому моменті;
- можливість закоротки пристрою за допомогою обхідного контактора після закінчення пуску з підтриманням електронних захистів (функція «байпас»);
- великий допустимий діапазон зміни частоти при живленні від електроагрегатів;
- можливість підключення пускового пристрою до двигуна з з'єднанням обмоток трикутником, послідовно з кожною з обмоток.

2.3.2 Вибір пристрою

Компанія Schneider Electric має у своєму розпорядженні декілька типів виконання пристрою.

По-перше, на що слід звернути увагу при виборі пристрою плавного запуску і гальмування Altistart це наявність необхідних нам функцій "bypass" та «master», що дозволить керувати одночасно двома асинхронними двигунами. По-друге, необхідно врахувати звичайно діапазон потужності, що буде відповідати нашому ескалатору ЭТ-3М.

Отже, опираючись на технічні характеристики ескалатора ЭТ-3М, а саме потужність $P = 132$ кВт (табл. 2), вибираємо тип Altistart опираючись на каталог пристроїв [8].

Вибір будемо проводити з урахування 20% запасу по потужності. Технічні характеристики обраного пристрою Altistart заносимо до табл. 3.

					0024.ДМР 20.04.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3 – Технічні характеристики пристрою Altistart 22 для головного ЕП

№	Параметри	ATS22C59Q
1	Номінальна напруга, В	230
2	Номінальна потужність двигуна, кВт	160
3	Номінальний струм двигуна I_n , А	560
4	Номінальний струм пристрою ATS 22 IcL, А	590

Перевірка по потужності пристрою Altistart ATS22C59Q, P_{A1} :

$$P_{A1} = P_{г.дв} \cdot 1,2; \quad (1)$$

$$P_{A1} = 132 \cdot 1,2 = 158,4 \text{ кВт.}$$

Серія Altistart 22 підтримує функції «bypass» та «master», програмне забезпечення SoMove для конфігурації на ПК і передачі конфігурації через Bluetooth або по кабелю. Електронні плати в стандартному виконанні мають захисне покриття і можуть експлуатуватися в несприятливих умовах навколишнього середовища [7].

Для допоміжного електроприводу ескалатора, що має потужність двигуна 7,5 кВт, також вибираємо тип Altistart опираючись на каталог пристроїв [8].

Вибір будемо проводити з урахування 20% запасу по потужності. Технічні характеристики обраного пристрою Altistart заносимо до табл. 4. Таблиця 4 – Характеристики пристрою Altistart 22 для допоміжного ЕП

№	Параметри	ATS22D47Q
1	Номінальна напруга, В	230
2	Номінальна потужність двигуна, кВт	11
3	Номінальний струм двигуна I_n , А	42
4	Номінальний струм пристрою ATS 22 IcL, А	47

Перевірка по потужності пристрою Altistart ATS22D47Q, P_{A2} :

$$P_{A2} = P_{д.дв} \cdot 1,2; \quad (2)$$

$$P_{A2} = 7,5 \cdot 1,2 = 9 \text{ кВт.}$$

									Арк.
									32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ЛМР 20.04.ПЗ				

Проведено оснащення головного та допоміжного приводу системою плавного пуску і гальмування Altistart.

2.4 Датчики

В загальному випадку, датчик – це пристрій, що перетворює вхідний вплив будь-якої фізичної величини в сигнал, зручний для подальшого використання.

Для функціонування розумної системи керування електроприводом необхідно забезпечитись декількома типами датчиків.

По-перше, датчик вхідних та вихідних сигналів, відповідальні за підрахунок кількості людей, що його перетнули і знаходяться на рухливій частині ескалятора, які будуть відправляти відповідний сигнал на інтелектуальне реле Zelio Logic, після чого, якщо різниця сигналів на виході буде дорівнювати нулю, то швидкість руху стрічки знизиться до мінімуму.

По-друге, датчик заклинювання, який буде перевіряти рух ескалятора і у випадку відсутності руху, передавши сигнал на інтелектуальне реле відбудеться повна зупинка двигуна.

Вибір датчиків буде проведено з розрахунком на цінову складову.

Для фіксування наявності людей на стрічці ескалятора візьмемо фотоелектричні датчики OsiSense XU безконтактного виявлення предметів будь-якої форми і типу на необхідній відстані.

Датчики XUB/XUK/XUX оптимальної і універсальної серій: відстань спрацьовування від 0,1 до 60 м, пластикові або металеві корпуси в циліндричному, мініатюрному або компактному виконанні, НО/НЗ або НО+НЗ контакти релейного, PNP/NPN типів, робоча напруга 10 ... 36 В DC, 20 ... 264 В AC.

Принцип роботи фотоелектричних датчиків дозволяє виявляти будь-які типи об'єктів прозорі, непрозорі, що відображаючі. Вони також використовуються для виявлення людей (ескалатори, бар'єри безпеки).

									0024.ДМР 20.04.ПЗ	Арк.
										33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

На рис. 6 червоними крапками зображено розташування фотоелектричних датчиків OsiSense XU, що зможуть за допомогою інфрачервоного променя розпізнавати перехід людей на рухливу частину.

2.6 Висновок до розділу 2

Проведений аналіз існуючого силового кола електропривода ескалатора ЕТ-3М дозволив підкреслити всі недоліки в порівнянні з можливим варіантом застосування інтелектуального реле Zelio Logic для керування виконавчими двигунами та механізмами.

Виконаний вибір системи плавного пуску Altistar 22, яка дозволить реалізовувати більший термін експлуатації трифазних асинхронних двигунів, мінімізувати кидки струму та зменшити механічні удари в установках.

Вибрані необхідні типи датчиків, що будуть збирати інформацію та надсилати дискретні сигнали на програму, внаслідок чого системою буде прийматись те чи інше рішення.

					0024.ДМР 20.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

побудованій заздалегідь програмі та передає відповідний сигнал на плавний пуск Altistart 22.

Наступна ланка – це пристрій плавного пуску асинхронного двигуна, що дасть можливість знизити недоліки таких електричних машин і забезпечити:

- зниження витрат на ремонт. Пускові струми викликають перегрів обмотки, що істотно знижує експлуатаційний ресурс машин.
- відсутність ривків. Різкий старт двигуна призводить до збільшення зносу шестерних передавальних механізмів, гідроударів в мережі подачі рідини, інших небажаних наслідків.
- зниження споживаної електроенергії. Прямий пуск викликає додаткові енерговитрати. Крім того, просадки напруги в умовах обмеженої потужності мережі негативно впливають на всі підключені пристрої.
- зменшення витрат на обладнання комутації. Електронні пристрої та для асинхронного приводу вибирають з великим запасом потужності.

Після проходження цієї ланки вже насамперед і починається той усталений режим роботи асинхронного двигуна, при умові, що всі попередні ланки виконались, як вимагає того алгоритм роботи, який буде наведений у наступних розділах.

3.2 Принципова схема

Електрична принципова є вихідним завданням для конструктора, дає змогу зрозуміти як працює пристрій, як його деталі з'єднані один з одним.

На ескаляторах ЭТ-3М дніпровського метрополітену застосовується релейно-контакторна схема управління, що є застарілою в порівнянні з впровадженням нових систем керування за допомогою програмованих логічних контролерів. Тому приймаємо рішення застосувати ПЛК, а саме у вигляді інтелектуального реле Zelio Logic, який буде співпрацювати з пристроєм плавного пуску Altistart 22. Принципова схема керування електроприводом ескалятора наведена на рис. 8.

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ДМР 20.04.ПЗ				

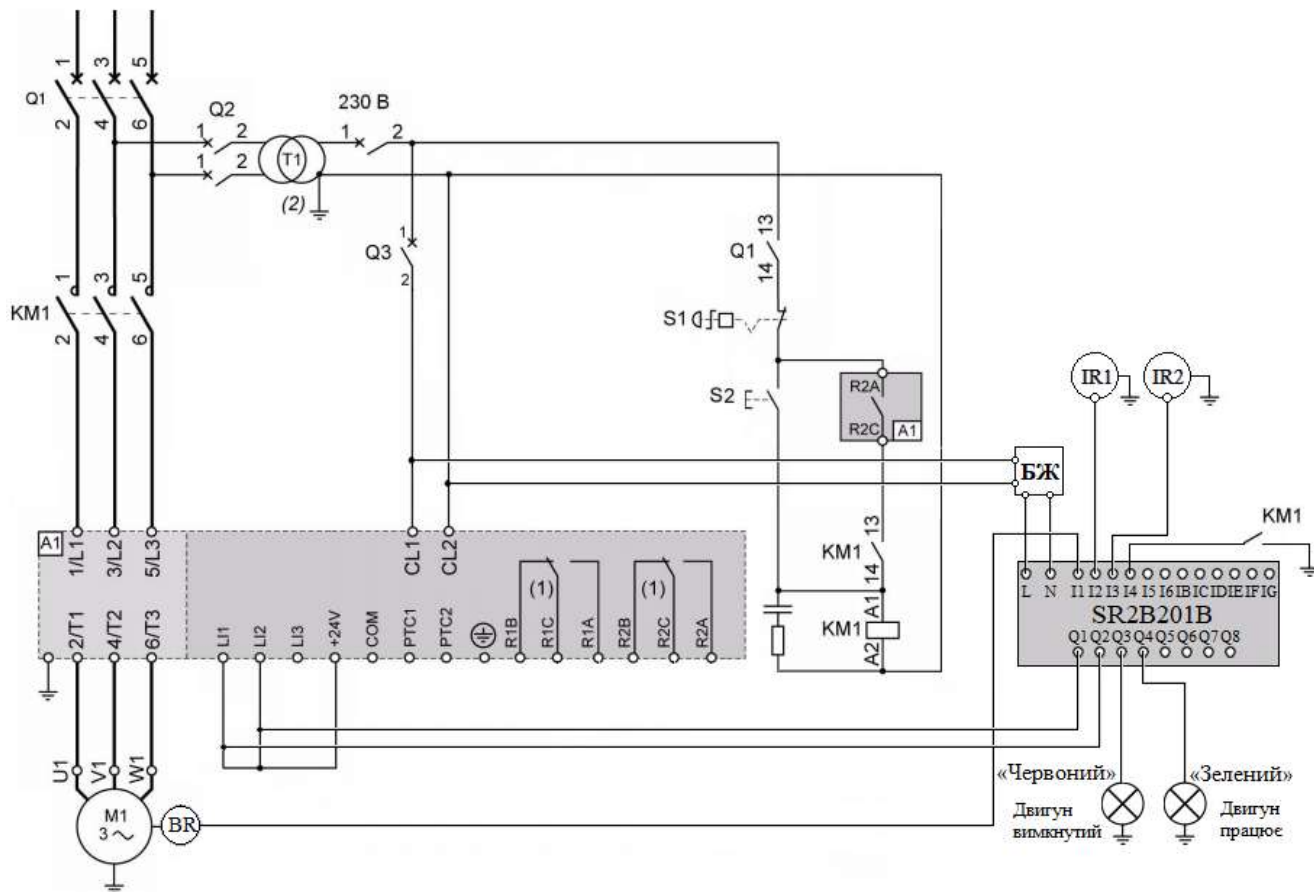


Рис. 8. Принципова схема управління ескалатора ЕТ-3М

Основна специфікація:

M1 – трифазний асинхронний двигун з КЗ ротором;

S2 – старт системи;

S1 – стоп системи;

Q1 – старт роботи асинхронного двигуна *M1*;

Q2 – зупинка роботи асинхронного двигуна *M1*.

При замиканні контактів на вводі отримує живлення пульт керування, що має кнопки *S2* та *S1*, старт і стоп системи відповідно. Також вхідну напругу і струм отримує інтелектуальне реле Zelio Logic шляхом переходу через блок живлення на 24 В. При замиканні контакторів *KM1* починає працювати пристрій плавного пуску Altistart 22, що отримує команду на запуск двигуна з виходів інтелектуального реле *Q1* та *Q2*, який в свою чергу опитав і обробив інформацію від датчиків *IR1-2* та *BR*. Система має світловою індикацію при вимкненому та ввімкнутому станах двигуна.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0024.ДМР 20.04.ПЗ

Арк.

41

3.3 Алгоритм програми

Загальний алгоритм будови програми в середовищі Zelio Soft 2 для системи керування електроприводом ескалатора показано на рис. 9.

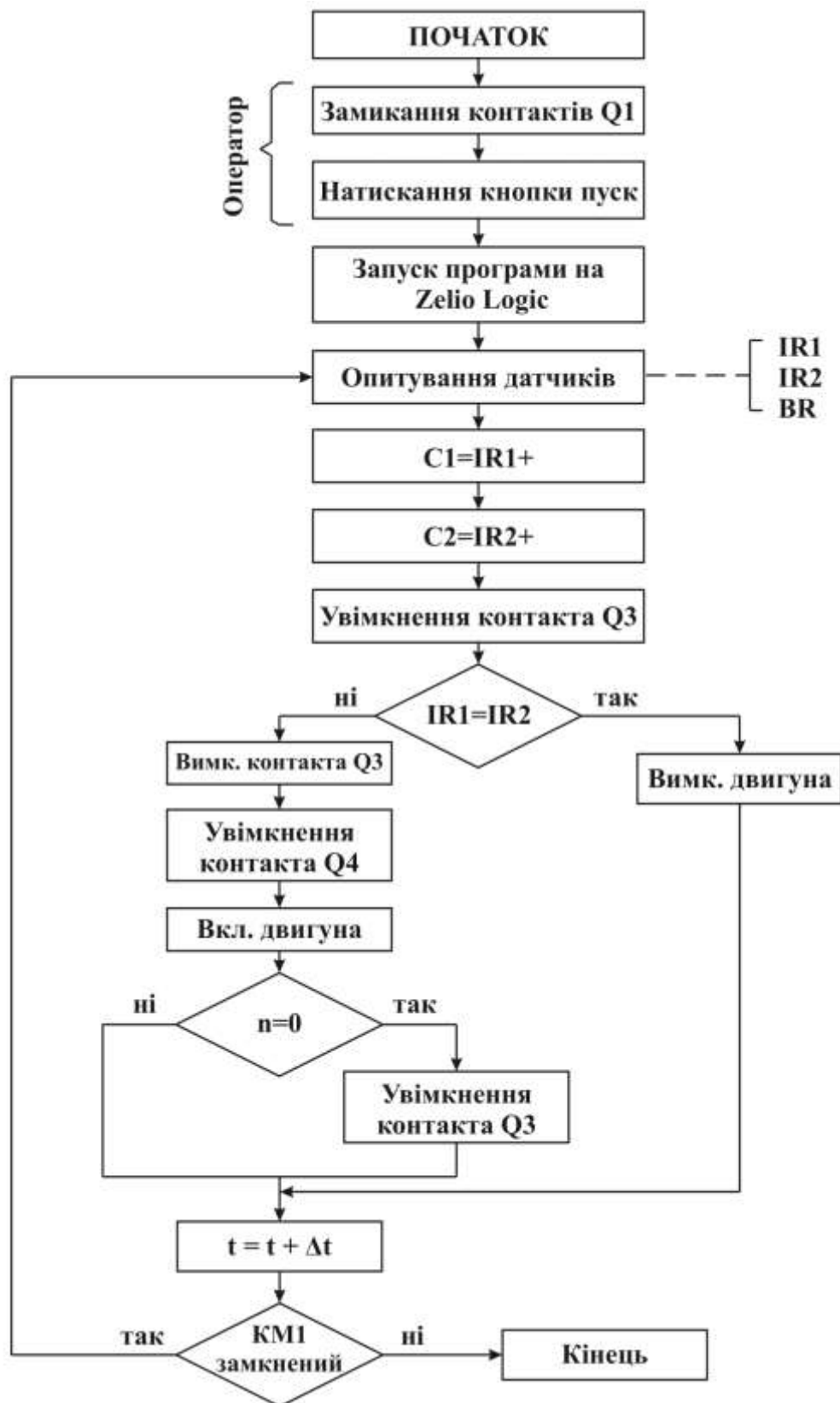


Рис. 9. Алгоритм роботи системи керування ЕП

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

0024.ДМР 20.04.ПЗ

Алгоритм прийнято наводити у вигляді функціональних блоків. Функціональний, або виконавчий блок – це блок, який виконує операції та розрахунки у відповідності з інструкціями комп'ютерної програми. Він може мати свій власний блок послідовності внутрішнього контролю.

Початок алгоритму починається з дій оператора, які в принциповому значенні ніяк не впливають на роботу логіки всієї програми Zelio Logic, окрім як саме включення системи в цілому. Оператор замикає контакти, що на принциповій схемі позначенні Q1, потім безпосередньо натискає кнопку «Пуск» і цим самим запускає програму.

Старт роботи програми після ввімкнення, починається з опитування всіх датчиків, – це інфрачервоні датчики руху (IR), що встановлені на підході до рухливої частини ескалатора.

Червона індикація Q3 вмикається одразу після опитування кількості вхідних сигналів C1 та C2, але при цьому сигнал на включення двигуна буде поданий пізніше, як тільки пройде перевірку компаратором.

Кожний IR датчик відправляє вхідний дискретний сигнал на реле Zelio Logic, встановлений програмний лічильник рахує ці сигнали, оброблює та компонує зібрану інформацію в єдину систему. Компонування запрограмоване на різницю значень цих сигналів, по відношенню до нуля. Якщо після всіх опитувань різниця дорівнює нулю, то відбувається зупинка двигуна. Інший варіант, коли співвідношення двох значень більше нуля, призводить до вимкнення червоної індикації Q3, ввімкненню зеленої Q4 та включення двигуна.

Далі йде опитування датчика BR (інкрементальний енкодер), який також перевіряється компаратором на умову прирівняння до нуля.

У випадку датчика BR лічильник нам не потрібен, адже необхідно мати лише інформацію про те, що є чи відсутній рух на валу асинхронної машини. Якщо рух на валу не зафіксований, то подається сигнал на включення індикації червоного кольору Q3. Інший варіант, коли датчик BR дає сигнал про оберти, – це означає що все гаразд та нічого змінювати не потрібно.

										Арк.
										43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ДМР 20.04.ПЗ					

Далі всі гілки алгоритму сходяться на опитування за часом, що дозволить системі мати завжди актуальну інформацію з датчиків. Таймінг буде працювати на одну соту секунди, чого буде достатньо.

Остання ланка, стан контакту КМ1, призводить або ж до нового циклу, або ж до так званого кінця алгоритму. Тобто, якщо КМ1 в розімкненому стані, то процес дій в алгоритмі завершується.

3.4 Програма в Zelio Soft 2

Програмування з комп'ютера здійснюється як на мові сходових діаграм LADDER, так і на мові функціональних блок-схем FBD. Для легкості та простоти програмування, використаємо LADDER. Універсальність та простота цієї мови полягає в:

- зручному режимі «вільного введення даних»: символи LADDER або електричні символи;
- програмування до 120 рядків;
- в одному рядку 5 контактів + 1 котушка;
- широкий вибір функцій.

Програма системи керування електроприводом ескалатора ЭТ-3М побудована за алгоритмом роботи (рис.9) наведена рис.10.

Програма містить 11 рядків, тому опис проведемо звертаючи увагу на кожний елемент.

1. Початок. Замкнення контактів Q1 (підводить напругу до цілої системи).
2. Натискання кнопки «ПУСК» (підводить напругу мережі до периферійного обладнання).
3. Лінія інфрачервоного зчитувача заходу на ескалатор (повертає значення кількості спрацювань лічильника С1).
4. Лінія інфрачервоного зчитувача зходу з ескалатора (повертає значення кількості спрацювань лічильника С2).

										0024.ДМР 20.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							44

5. Випадок коли значення лічильників С1 та С2 еквівалентні (логічна вітка «ТАК» – відсутність команди на вимикання двигуна).
6. Випадок коли значення лічильників С1 та С2 не еквівалентні (логічна вітка «НІ» – наявність команди на вмикання двигуна).
7. Ввімкнення двигуна (ввімкнення попереджувального зеленого діюду спричиняє вмикання контактора двигуна).
8. Лінія двигуна з енкодером І3 та його котушкою М3 (оскільки дана програма будується для теоретичного відпрацювання працездатності алгоритму, наявність або відсутність обертів задається мануально).
9. Двигун неактивний, робимо наступний крок.
10. Двигун активний, робимо наступний крок.
11. Сигнал стану енкодера, що надходить до ПЛК Zelio Logic.

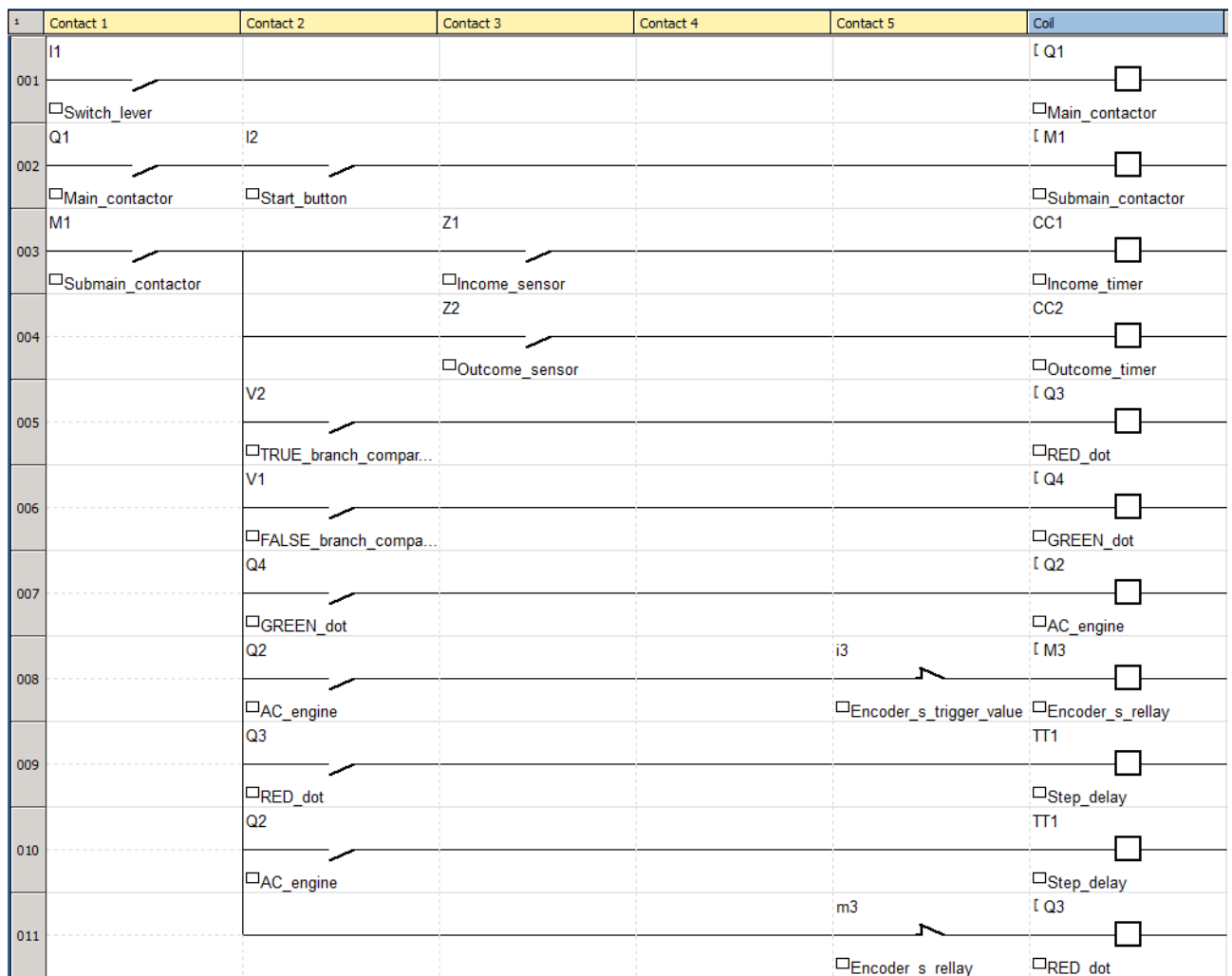


Рис. 10. Програма системи керування електроприводом ескалатора ЭТ-3М

3.5 Висновки до розділу 3

Проаналізовано різні варіанти структур і алгоритмів роботи автоматизованої системи управління електропривода ескалатора ЭТ-3М та прийнято остаточне рішення по принципу роботи АСУ, а також вигляду програми, що задовольняє поставлену ціль.

Мовою сходових діаграм в середовищі Zelio Soft 2 вдалося повністю відтворити ті ідеї, цілі, що ставилися на самому початку проектування автоматизованої системи управління. Імітація роботи програми дала змогу переконатися в правильності виконання завдання та успішності всієї роботи в цілому.

					0024. ДМР 20.04. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Питання охорони праці при експлуатації електроприводу

Електропривод ескалатора має декілька типів захисту, кожен з яких забезпечує стабільну роботу асинхронної машини. Система електроприводу має захист: тепловий, максимально струмовий та нульовий захист.

Пристрій плавного пуску забезпечує тепловий захист електродвигуна, що дозволяє легко контролювати параметри механізму і завдяки програмному забезпеченню SoMove може бути введено в роботу відразу після установки.

Теплові реле застосовуються для захисту електродвигунів від перевантажень неприпустимої тривалості, а також від обриву однієї з фаз. Конструктивно являють собою набір біметалевих розчеплювачів (по одному на кожну фазу), по яких протікає струм електродвигуна, який чинить теплову дію. Під дією тепла відбувається вигин біметалічної пластини, що приводить в дію механізм розчеплення. При цьому відбувається зміна стану допоміжних контактів, які використовуються в ланцюгах управління і сигналізації.

По улаштуванню і принципу роботи теплові розчеплювачі мало відрізняються від теплових реле. Часто в автоматичних вимикачах застосовують розчеплювачі без нагрівача. В цьому випадку контрольований струм пропускається безпосередньо через біметалічну пластину. У малопотужних вимикачах такий розчеплювач може виконувати функції і елемента максимального струмового захисту [11].

Номинальні струми теплового реле повинні встановлюватися для температури навколишнього середовища 40 °С (базова температура) для реле без температурної компенсації, 20 °С для реле з температурною компенсацією, при цьому нормальні атмосферний тиск по

									Арк.
									47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ДМР 20.04.ПЗ				

ГОСТ 20.57.406-81 [12], положення регулятора уставки, а також робоче положення реле повинні встановлюватися в технічних умовах на реле конкретних серій і типів.

Сталі значення допускаються перевищень температури нагріву контактних затискачів для приєднання зовнішніх провідників, обраних відповідно до обов'язкового додатка 2, не повинні перевищувати 60 °С.

Температура нагріву затискачів для приєднання зовнішніх провідників при встановленні реле в комплектний пристрій не повинна перевищувати 120 °С.

В реле з виводами для безпосереднього під'єднання до виводів пускача перевищення температури в місці їх з'єднання не повинно перевищувати значень, встановлених в технічних умовах на реле конкретних серій і типів.

Потужність, споживана полюсом реле або змінним нагрівачем, повинна встановлюватися в технічних умовах на реле конкретних серій і типів.

При температурі навколишнього середовища 40 °С для реле без температурної компенсації і 20 °С для реле з температурною компенсацією, встановлення в робочому положенні, приєднаних провідниках довжиною не менше 1,5 м і перетином, вибраним у відповідності з обов'язковим додатком 2, і будь-якому положенні регулятора уставки, реле повинні:

- не спрацьовувати при номінальному струмі неспрацьовування в усталеному тепловому стані;
- спрацьовувати при струмі, що дорівнює 1,2 номінального струму неспрацьовування, за час не більше 20 хв (після прогріву реле номінальним струмом неспрацьовування до сталого теплового стану).

У разі зміни нагрівачів струм спрацьовування реле не повинен збільшуватися більш ніж до 1,3 номінального струму неспрацьовування.

Допустиме відхилення струмів для будь-якого оцифрованого положення регулятора уставки не повинно перевищувати 10% від струмів спрацьовування і неспрацьовування і має встановлюватися в технічних умовах на реле конкретних серій і типів.

									Арк.
									48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024. ДМР 20.04. ПЗ				

Реле з ручним поверненням і реле з самоповерненням, що мають пристрій для прискорення повернення вручну, при будь-якому положенні регулятора уставки повинні повертатися у вихідне положення, якщо вплив на орган повернення вироблено не менше ніж через 1,5 хв після спрацьовування реле.

Час ручного повернення при температурі навколишнього середовища понад 40 °С, якщо воно відрізняється від зазначеного, має бути приведене в технічних умовах на реле конкретних серій і типів.

Реле з самоповерненням має повертатися у вихідне положення за час не більше 4 хв після спрацьовування.

Час автоматичного самоповороту реле при крайніх положеннях регулятора уставки, якщо воно перевищує 4 хв, має встановлюватися в технічних умовах на реле конкретних серій і типів.

Діапазон регулювання номінального струму неспрацьовування реле повинен встановлюватися в технічних умовах на реле конкретних серій і типів і вибиратися з таким розрахунком, щоб верхнє значення номінального струму неспрацьовування одного діапазону було вище нижнього значення номінального струму неспрацьовування наступного діапазону, призначеного для великих номінальних струмів неспрацьовування.

Номінальний струм неспрацьовування реле з температурною компенсацією при зміні температури навколишнього середовища від верхнього до нижнього значення має змінюватися не більше ніж на 0,25% / °С [12].

Максимально струмовий захист. Для забезпечення максимально струмового захисту в силове коло двигуна встановлюється автоматичний вимикач з вставкою спрацьовування, що перевищує струм в номінальному режимі роботи двигуна. Електрообладнання і його компоненти, включаючи кабелі, повинні бути в змозі протистояти струму короткого замикання або мати захист від них. Розрахункова відключаюча здатність повинна бути не

					0024.ДМР 20.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

менше очікуваного максимального значення струму короткого замикання в місці установки пристрою захисту.

Електрообладнання, що знаходяться під напругою, повинно бути захищено одним або декількома пристроями автоматичного відключення напруги живлення в разі коротких замикань. Цей захист може бути забезпечений обмеженням надструму до безпечного значення або тривалості його впливу.

Здатність, яка відключає пристрої (розривна потужність) повинна бути рівною, щонайменше, току короткого замикання, передбачуваному в місці установки пристрою захисту.

Пристрої захисту від струмів короткого замикання повинні живитися від струмових кіл і впливати механічну систему, яка утримує вимикач у включеному положенні. Допускається живлення від джерела оперативного струму, при цьому, для збільшення стійкості до перерв оперативного живлення, рекомендується використовувати накопичувачі енергії. Спрацьовування захисту від струмів короткого замикання має блокувати шафа комплектних розподільних пристроїв (КРУ) у відключеному положенні. Захист від короткого замикання повинен бути забезпечений пристроєм, що дозволяє здійснити функціональну перевірку її дії на контрольній уставці.

Захист від струмів короткого замикання повинен мати пристрій для перевірки її дії з метою виявлення внутрішніх пошкоджень, які можуть привести до несвоєчасного відключення або до невідключення при короткому замиканні [13].

Нульовий захист. При значному зниженні напруги в електромережі або його зникненні нульовий захист забезпечує відключення електродвигуна, якщо він був включений контактором або магнітним пускачем. Після відновлення напруги мимовільне включення електродвигуна буде запобігнене.

					0024.ДМР 20.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Наприклад, якщо зникло (або сильно знизилася) напруга, то котушка лінійного контактора КМ втратить живлення і він відключить електродвигун від мережі. При відновленні напруги включення електродвигуна може бути зроблено тільки після натискання на кнопку управління «пуск» [11].

Схеми керування електродвигунами повинні бути встановлені таким чином, щоб при зникненні напруги в головних колах електродвигуна відключалися апарати головних кіл і повторне їх включення було можливо тільки по команді оператора або автоматично за встановленою програмою.

Для електродвигунів, несподіване відключення яких загрожує суттєвими наслідками, рекомендується передбачати захист мінімальної напруги (тобто відключення апарату головних ланцюгів) з невеликою витримкою часу, що забезпечує їх самозапуск при відновленні напруги після дії АВР.

Захист мінімальної напруги допускається не передбачати у випадках, коли електродвигуни разом із зв'язаними з ними механізмами доступні тільки кваліфікованого обслуговуючого персоналу (наприклад, мають спеціальну огорожу, розташовані в окремих приміщеннях, на недоступній висоті тощо), а також для електродвигунів, для яких передбачений самозапуск.

Звертається увага на наступне: якщо відгалуження до електродвигуна захищено запобіжниками, а котушка пускача включена на фазну напругу, то при КЗ в проводах або електродвигуні можуть згоріти два запобіжники і електродвигун зупиниться, а котушка пускача буде продовжувати отримувати живлення або через запобіжник, що залишився цілим, або через обмотку електродвигуна, тобто пускач залишається включеним і на одному з затискачів електродвигуна залишається напруга. Після усунення КЗ і заміни згорілих запобіжників електродвигун може запуснитися, тому що пускач залишався включеним.

Крім того, оскільки пускач залишився включеним, то в схемах заблокованих механізмів зупинка цього механізму не фіксується і може статися аварія, що особливо небезпечно в поточно-транспортних системах.

										Арк.
										51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024. ДМР 20.04. ПЗ					

У зв'язку із зазначеним, можна включати котушку пускача на фазну напругу тільки при захисті головних ланцюгів електродвигуна вимикачем, що одночасно відключає всі три фази [14].

4.2 Безпека життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях

Загальною метою є забезпечення пожежної безпеки частини виробничих та інших робіт посадових персон, робітників підприємств, установ, підприємств та організацій. Це має бути відтворено у трудових контрактах (договорах) та статутах установ, підприємств та організацій.

Щоб забезпечити безпеку пожежної складової в установах, організаціях і підприємствах вона має бути покладена на плечі керівників та уповноважених ними людей, в тому разі, якщо інше не окреслено договором відповідного характеру.

Планування будь-чого, заміна призначення приміщень, робиться тільки при наявності проєктної документації, що мала пройти попередню перевірку на відповідність нормативним актам з огляду пожежної безпеки з позитивним підсумком в органах пожежного нагляду державного рівня.

Складові частини, устаткування та меблі повинні розташовуватись так, щоб мати вільний доступ до евакуаційного проходу на вихід з приміщення (шириною не менше 1,00 м). Евакуаційні шляхи та виходи мають бути вільними, не зашарженими зайвими речами. Накопичення відходів, що мають властивість горіння слід прибирати у відповідні сміттєзбірники.

Електромережі, апаратура та електроприлади мають експлуатуватися виключно у справному стані та з урахуванням рекомендацій заводів-виробників. У разі кепського стану електромереж, розеток, вимикачів та інших приладів слід негайно знеструмити їх і вжити негайно необхідних заходів щодо втілення пожежобезпечного стану.

Документацію, паперові матеріали слід тримати на відстані, не менше 1,00 м – від електрощитів, проводів, кабелів; 0,50 м – від світильників; 0,25 м – приладів опалення.

									Арк.
									52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024. ДМР 20.04. ПЗ				

Евакуаційні проходи, в яких не має місце природному світлу, повинні при наявності людей постійно освітлюватись електричними засобами освітлення.

На електрощитах, групових електрощитах повинні бути присутні схеми підключення споживачів з пояснювальними надписами та зазначеними струмом апарату захисту (плавка вставка).

Встановлення на горючі конструкції розеток, перемикачів, вимикачів та інших схожих апаратів допускається тільки за умови підкладання під них суцільного матеріалу, що має властивість вогнестійкості, який повинен перевищувати габарити апарату більше ніж 0,01 м.

Щодо засобів протипожежного захисту, то їх потрібно утримувати у справному стані. Працівники офісу зобов'язані вміти використовувати наявні вогнегасники, інші первинні засоби пожежогасіння, а також внутрішніми кранами для гасіння пожеж та знати місця на яких вони розташовуються.

Сповіщувачі пожеж повинні працювати цілодобово і постійно підтримуватись в чистоті. До них повинен бути вільний доступ, відстань від устаткування і складських матеріалів до сповіщувачів має бути не менше 0,60 м.

Незалежно від призначення, у приміщеннях при закінченні роботи приладів та електроустановок, контроль здійснюється черговим персоналом, з кожної мережі живлення має бути відключено напругу (окрім чергового освітлення, охоронних систем та протипожежних установок, а також електроустановок, що по технології повинні працювати цілодобово).

Службові приміщення (офіси) мають заборону:

– улаштування тимчасових електромереж, застосування саморобних некаліброваних плавких вставок в запобіжниках і саморобних подовжувачів, які не відповідають правилам улаштування електроустановок, експлуатувати світильники зі знятими розсіювачами;

– використання вимикачів та штепсельних розеток для розвішування на них предметів одягу та інше, обгортання електроламп й

									Арк.
									53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ДМР 20.04.ПЗ				

ВИСНОВКИ

Для створення автоматизованої системи керування електропривода ескалатора, були підібрані відповідні елеткрокомпоненти, датчики, пристрій плавного пуску Altistart, сконфігуровано принципову схему управління та розроблено алгоритм роботи програми інтелектуального реле Zelio Logic, що дозволяє виконувати поставлену мету при пасажирообороті в метрополітені.

Проведений аналіз існуючого силового кола електропривода ескалатора ЭТ-3М дозволив підкреслити всі недоліки в порівнянні з можливим варіантом застосування інтелектуального реле Zelio Logic для керування виконавчими двигунами та механізмами.

Інтелектуальне реле досить добре підійшло для вирішення питання модернізації ескалаторів ЭТ-3М на Дніпровському метрополітені. Перевагою таких програмованих реле виявилось, те, що вони значно дешевші ніж, наприклад, ПЛК.

Виконаний вибір пристрою плавного пуску Altistart 22, дозволив реалізувати більший термін експлуатації трифазних асинхронних двигунів, мінімізувати кидки струму та зменшити механічні удари в установках.

Графічно представлені принципова схем управління, структура і алгоритм роботи автоматизованої системи управління електропривода ескалатора ЭТ-3М та програма на мові сходових діаграм.

Мовою сходових діаграм в середовищі Zelio Soft 2 вдалося повністю відтворити ті ідеї, цілі, що ставилися на самому початку проектування автоматизованої системи управління. Імітація роботи програми дала змогу переконатися в правильності виконання завдання та успішності всієї роботи в цілому.

З вищенаведеної інформації можна зробити висновок, що використання інтелектуального реле повністю доцільне в таких системах транспортування людей і відповідає всім вимогам охорони праці, при експлуатації електроустановок.

									Арк.
									56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024.ДМР 20.04.ПЗ				

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Програмувальні інтелектуальні реле [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://muromremont.ru/639-post>
2. Программируемые интеллектуальные реле [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/840-programmiruemye-intellektualnye-rele.html>
3. Интеллектуальное реле Zelio Logic. Аналоговые преобразователи Zelio Analog [Електрон. ресурс] – Schneider Electric, 2011. Режим доступу: https://www.electrocentr.com.ua/files/documentation/SE/plc/zelio/ZelioLogic_cat_2011_ru.pdf
4. Интеллектуальные реле Zelio Logic [Електрон. ресурс] – Режим доступу: https://www.is-com.ru/files/zelio_logic_2_katalog.pdf
5. Электрическое оборудование эскалаторов типа ЭТ-2М, ЭТ-3М, устройство и принцип действия – Днепропетровск, 2006. 27 с.
6. Все об эскалаторах [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://escalator-world.spb.ru/MY%20%2010.htm>
7. Главный каталог Altivar [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.altivar.com.ua/altistart-22.html>
8. Altistart 22. Устройство плавного пуска и торможения. Руководство пользователя [Електрон. ресурс] – Режим доступу: http://www.eleten.com.ua/ATS22_user_guide_2010_ru.pdf
9. Telemecanique Sensors. Product data sheet [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/stepper/>
10. Цели, задачи и результаты АСУ ТП [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://ia.ua/ru/stati/ce-li-zadachi-i-rezultaty-asu-tp/>
11. Нулевая защита [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5711155/page:16/>

									Арк.
									57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0024. ЛМР 20.04.13				

12. ГОСТ 16308-84. Реле электротепловые токовые. Общие технические условия [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-16308-84>

13. ГОСТ 16308-84. Реле электротепловые токовые. Общие технические условия [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-16308-84>

14. Защита электродвигателей и электрических сетей до 1000 В [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://www.eleco.ru/lib1/docs/recomendations/recom3/rec-do-1000v.html>

15. НАОП 5.1.11-1.41-78 «Правила пожежної безпеки» (ЦУО - 3725). «Правила пожежної безпеки в Україні» [Электрон. ресурс] – К.:Укрархбудінформ, 1995. – Режим доступа: <https://dnaop.com/doc/31755.doc>

					0024. ЛМР 20.04.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		