

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

НН Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів
(повна назва кафедри)

До захисту допущено

Завідувач кафедри

(підпис) С.В. Бойченко
(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2023р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

з спеціальності – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма: Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних
виробництв

(код та назва напряму підготовки або спеціальності)

на тему Електромеханічне обладнання станції метро Деміївська з
модернізацією ескалатора

Виконав: студент 4 курсу, групи ОМ-91

Зубаньов Владислав Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник: к.т.н. доц Мейта О.В. .

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:

Технологічна частина

(назва розділу)

проф., д.т.н. Зайченко С.В.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Електропостачання

(назва розділу)

к.т.н., доц. Мейта О.В.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Охорона праці

(назва розділу)

к.т.н., доц. каф. ОППЦБ Мітюк Л.О.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

к.т.н., доц. кафедри ЕП Калінчик В.П.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2023 рік

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	
-------	--------	--

				О		
--	--	--	--	---	--	--

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет (інститут) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів
(повна назва)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

С.В. Бойченко

(прізвище ініціали)

(підпис)

“ ” _____ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Зубаньову Владиславу Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Електромеханічне обладнання станції метро Деміївська з модернізацією ескалатора

керівник проекту: к.т.н., доц. Мейта Олександр В'ячеславович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “27” травня 2023 року № 1353-с

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

а) технологічна частина

б) електропостачання

в) спеціальна частина

г) охорона праці

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

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
технологічна частина	проф., д.т.н. Зайченко С.В.		
електропостачання	к.т.н., доц. Мейта О.В.		
охорона праці	к.т.н., доц. каф. ОППЦБ Мітюк Л.О.		

7. Дата видачі завдання 05 квітня 2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного Проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Загальний та геологічний описи об'єкта	19.04.23	
2	Виконання робіт та розрахунок параметрів свердловини	21.04.23	
3	Характеристика умов проектування та розподілу електроенергії станції метро "Деміївська"	30.04.23	
4	Розрахунок електричного освітлення	05.05.23	
5	Розрахунок електричних навантажень та вибір трансформаторів	12.05.23	
6	Розрахунок електричних мереж	19.05.23	
7	Розрахунок струмів КЗ	24.05.23	
8	Вибір електричних апаратів та уставки їх спрацювання	31.05.23	
9	Літературний пошук та патентний пошук	04.06.23	
10	Розробка електроприводу ескалатора	06.06.23	
11	Охорона праці	07.06.23	
12	Графічна частина (чотири формати А1)	(15.04... 7.06) 2023	

Студент

_____ Зубаньов В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ Мейта О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Електромеханічне обладнання станції метро Деміївська з модернізацією ескалатора

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 99с., 32рис., 38 табл., 30 джерел.

Об'єкт дослідження – модернізація електроприводу ескалатора станції метро Деміївська шляхом заміни приводного двигуна на двигун з перетворювачем частоти.

Мета роботи – розробка та обґрунтування параметрів конструкції модернізованого ескалатора для підвищення продуктивності та енергозбереження.

Мета дослідження – розрахунок механічної та електричної частини станції метро Деміївська, пошук раціональних параметрів та компонентів ескалатора, вдосконалення електроприводу ескалатора.

Методи дослідження – пошук, огляд, аналіз і узагальнення результатів досліджень, а також математичне моделювання.

В даній пояснювальній записці наведено комплекс механізації станції метро Деміївська, розрахунок електропостачання, результати інформаційного пошуку в яких розглянуто актуальність проблеми ефективності та надійності ескалатора. Розглянуті варіанти вирішення даної проблеми та запропонований варіант модернізації ескалатора. Розроблено варіант конструкції модернізованого ескалатора.

Ключові слова: станція метро, Деміївська, ескалатор, метрополітен, електропостачання станції, механізація станції.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						2
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Abstract

Explanatory note: 99pp., 32fig., 38 table., 30 sources.

The object of research – modernization of the escalator of the Demiivska metro station instead of replacing the motor and frequency converter.

The purpose of the work – development and substantiation of design parameters of a modernized escalator to increase productivity and energy saving.

The purpose of the study – calculation of the mechanical and electrical parts of the Demiivska metro station, the search for rational parameters and components of the escalator.

Research methods - search, review, analysis and generalization of research results, as well as mathematical modeling.

In this explanatory note, the complex of mechanization of the Demiivska metro station, the calculation of power supply, the results of an information search, which consider the relevance of the problem of efficiency and reliability of the escalator, are given. Considered options for solving this problem and a proposed option for modernizing the escalator. A design variant of the modernized escalator has been developed.

Key words: metro station, Demiivska, escalator, subway, power supply of the station, mechanization of the station.

					<i>OM-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ</i>	Арк
						3
ЗМН	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Зміст

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	11
1.1 Опис станції метро “Деміївська”.....	11
1.2 Опис обладнання.....	13
1.2.1 Водовідлив.....	13
1.2.2 Водопониження.....	16
1.2.3 Тенелепрохідницький комплекс.....	17
1.3 Розрахунок водовідливної установки.....	17
Висновок.....	18
2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	19
2.1 Загальна характеристика об’єкту.....	19
2.2 Розрахунок електричного освітлення.....	20
2.3 Розрахунок електричних навантажень.....	22
2.4 Розрахунок електричної мережі.....	26
2.5 Вибір провідників.....	31
2.5.1 Вибір перетину провідників і жил кабелів за нагрівом.....	31
2.5.2 Перевірка за механічною міцністю.....	31
2.5.3 Перевірка мережі за втратами напруги	31
2.5.4 Розрахунок сумарного навантаження.....	34
2.5.5 Остаточний вибір провідників.....	36
2.6 Розрахунок режиму КЗ.....	37
2.6.1 Розрахунок струмів КЗ.....	37
2.6.2 Розрахунок струмів КЗ в межах напруги до 1000В.....	37
2.7 Вибір електричних апаратів захисту.....	41
2.8 Основні енергетичні показники підприємства.....	43
Висновок.....	44
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	45
3.1 Аналіз літературних джерел для виявлення проблематики.....	45
3.2.1 Опис об’єкту модернізації.....	61
3.2.2 Основні параметри ескалаторів.....	65
3.2.3 Привід ескалатора.....	66
3.3 Розрахунок основних характеристик об’єкту досліджень.....	68
3.4 Розрахунок модернізованого пристрою.....	69
3.4.1 Розрахунок та вибір необхідних компонентів.....	69
3.4.2 Розробка силової схеми та вибір її компонентів.....	71

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ						
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	ЗМІСТ						
Розроб.		Зуданьов									
Перевір.									Літ.	Арк.	Аркушів
										4	
Реценз.									ІЕЕ ОМ-91		
Н.Контр.											
Затверд.		Мейта									

3.4.3 Розробка структурної схеми регулювання і регуляторів швидкості.....	76
3.4.4 Розробка системи керування електроприводом ескалатора.....	78
3.4.5 Структура програми та алгоритм роботи.....	82
3.5 Програмна реалізація.....	83
3.6 Економічне обґрунтування.....	85
Висновок.....	87
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА.....	88
4.1 Загальна характеристика об'єкту.....	88
4.2 Визначення обсягів і послідовності робіт.....	91
4.3 Аналіз умов праці на робочих місцях електротехнічних працівників.....	91
4.4 Вибір технічних засобів і заходів робіт в енергоустановках.....	93
4.5 Заходи пожежної безпеки.....	95
Перелік посилань.....	97
Додаток А.....	100

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Метро, як система громадського транспорту, відіграє важливу роль у сучасному світі. Воно має на меті забезпечити швидкий, зручний та ефективний спосіб пересування для мешканців великих міст.

Однією з основних функцій метро є полегшення проблем транспортного сполучення. У великих містах наземний транспорт, такий як автомобілі та автобуси, часто стикається з пробками та заторами, що призводить до затримок та стресу для пасажирів. Метро, будучи підземною системою, уникає таких перешкод і забезпечує швидке та надійне пересування від однієї частини міста до іншої.

Крім того, метро сприяє зменшенню автомобільного трафіку та викиду шкідливих викидів. Забезпечуючи ефективний громадський транспорт, метро залучає більше людей до його використання, що зменшує кількість приватних автомобілів на дорогах. Це допомагає поліпшити якість повітря, зменшує шум та сприяє створенню більш екологічно чистого міста.

Інший аспект важливості метро полягає у забезпеченні доступу до транспорту для всіх верств населення. Метро може бути особливо корисним для людей з обмеженими можливостями, які можуть мати складнощі з використанням інших видів транспорту. Будучи придатним для пересування на візках і маючи розташування станцій на різних рівнях, метро стає доступним для всіх користувачів.

Метро стає місцем зустрічей та спілкування, сприяє розвитку бізнесу та туризму. Великі міста з добре розвиненою системою метро стають більш привабливими для життя, роботи та відпочинку.

У сьогоdnішньому світі, де зростає населення міст та мобільність людей, метро стає необхідним і важливим елементом інфраструктури. Воно допомагає забезпечити ефективний та стало зростаючий потік людей, сприяє сталому розвитку міст та покращує якість життя їхніх мешканців.

Київський метрополітен це підприємство міського електротранспорту є однією з найбільших та найрозвинутіших інфраструктурних систем в Україні, від 1998 року перебуває у комунальній власності. Він складається з трьох ліній та має

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						6
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

значну кількість станцій, серед яких знаходиться станція "Деміївська". Розглянемо загальну структуру Київського метрополітену та особливості станції "Деміївська".

Київський метрополітен є однією з найбільших транспортних систем в Україні та покриває велику площ та забезпечує транспортні потреби мільйонів людей щодня тому він складається з трьох ліній(рис.1.1.).



Рисунок 1.1. Схема ліній метрополітену

M1 (Академістечко - Лісова) довжина становить 22,7км, 18 станцій з часом проїзду близько 38.5хв.

M2 (Героїв Дніпра - Теремки) довжина становить 20,9км, 18 станцій з часом проїзду близько 34хв.

M3 (Сирець – Червоний Хутір) довжина становить 23,9км, 16 станцій з часом проїзду близько 39хв.

Загалом експлуатаційна довжина яких становить 69.648км, 52 станції із трьома підземними вузлами пересадки в центрі міста. Усі лінії якого електрифіковані постійною напругою 825В на них працюють 5-вагонні електропоїзди довжиною приблизно 100м.

Київський метрополітен працює відповідно до графіка, який зазвичай починається з 5.30 ранку і триває до 21.30. Пасажири мають змогу використовувати

						Арк
						7
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата	ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	

метро для подорожей по місту в робочі та вихідні дні. Організація роботи метрополітену включає планування графіків руху поїздів, підтримку безпеки та порядку на станціях, контроль за квитками та обслуговування пасажирів.

Технології та обладнання, які використовуються в київському метрополітені, є дуже високотехнологічними та досить складними. Це дозволяє забезпечити безпеку та ефективність руху поїздів, а також забезпечити комфорт для пасажирів.

Однією з ключових технологій, яка використовується в київському метрополітені, є система автоматичного управління поїздами (САУП). Ця система дозволяє контролювати рух поїздів та забезпечувати безпеку пасажирів. Вона включає в себе різні компоненти, такі як датчики, контролери та програмне забезпечення.

Ще однією важливою технологією є система вентиляції та кондиціонування повітря. Ця система забезпечує комфортні умови для пасажирів та забезпечує безпеку в разі пожежі. Вона включає в себе вентиляційні шахти, вентилятори та фільтри.

Також важливою технологією є система безпеки. Вона включає в себе відеоспостереження, датчики диму та вогню, системи аварійного відключення електропостачання та інші компоненти. Ця система дозволяє забезпечити безпеку пасажирів та персоналу метрополітену.

Одним з найважливіших компонентів обладнання є поїзди. Київський метрополітен використовує різні типи поїздів, включаючи вагони залізничного типу та вагони метрополітену. Вони оснащені різними системами, такими як системи безпеки, системи кондиціонування та вентиляції, системи освітлення та інші.

Крім того, київський метрополітен використовує різні системи для забезпечення безпеки та ефективності руху поїздів. Наприклад, система сигналізації та блокування дозволяє контролювати рух поїздів та забезпечувати безпеку пасажирів. Система диспетчерського управління дозволяє контролювати рух поїздів та забезпечувати ефективність роботи метрополітену.

Усі ці технології та обладнання дозволяють київському метрополітену забезпечувати безпеку та ефективність руху поїздів, а також забезпечувати

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						8
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

комфорт для пасажирів. Вони є надзвичайно важливими для міста та його мешканців, оскільки забезпечують швидкий та зручний транспорт для мільйонів людей щодня.

Станція "Деміївська" знаходиться на Святошинсько-Броварській лінії і є однією з найбільш відвідуваних станцій у метрополітені. Вона була відкрита у 1989 році. Станція має глибокий однопролітний підземний хол та два острівні типи платформ. Дизайн станції характеризується використанням мармуру, мозаїки та скульптурних композицій, що надає їй елегантного вигляду. Станція "Деміївська" Київського метрополітену оснащена сучасним технічним та електричним обладнанням, яке забезпечує безперебійну та безпечну роботу станції та пасажирського руху. Давайте розглянемо основні компоненти обладнання станції та її ескалаторів:

Системи вентиляції. На станції "Деміївська" встановлені потужні системи вентиляції, які забезпечують циркуляцію свіжого повітря на платформі та в підземних приміщеннях. Це важливо для забезпечення комфортних умов для пасажирів та контролю рівня вологості та температури.

Системи освітлення. Станція оснащена сучасними системами освітлення, які забезпечують рівномірне та достатнє освітлення на платформі, в холах та на сходах. Використовуються енергоефективні світлодіодні лампи, які забезпечують яскраве освітлення та сприяють зниженню споживання електроенергії.

Електричне обладнання. Електричне обладнання на станції "Деміївська" включає в себе трансформаторні підстанції, електрошафи, розподільні та інші компоненти, які забезпечують стабільне електропостачання станції. Це необхідно для живлення освітлення, ескалаторів, систем вентиляції та інших електроприладів на станції.

Ескалатори. Одним з важливих елементів станції "Деміївська" є ескалатори, які забезпечують зручний рух пасажирів між платформою та вихідними/в'їзними холами. Ескалатори обладнані сучасними системами безпеки, такими як автоматичні сенсори руху та екстрені кнопки зупинки. Вони мають надійну конструкцію та регулярно підлягають технічному обслуговуванню та оглядам для забезпечення безпеки пасажирів.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						9
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Станція "Деміївська" дбає про високий рівень технічного та електричного обладнання, що дозволяє забезпечувати безперебійну та комфортну роботу метрополітену. Це забезпечує надійність та безпеку для пасажирів та допомагає забезпечити ефективне функціонування станції. Загалом, Київський метрополітен є важливою складовою інфраструктури міста Києва. Він використовує передові технології та має добре організовану структуру для забезпечення безпеки, комфорту та ефективності пасажирів. Станція "Деміївська" є однією з популярних та визначних станцій, яка прикрашає метрополітен своїм дизайном та архітектурою.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						10
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис станції метро “Деміївська”

Станція метро Деміївська є однією з найбільш технологічно розвинених станцій метрополітену Києва. Вона розташована на синій лінії метро. Станція під номером 47 обладнана 4 лініями ескалаторів розташованими в центрі посадкової платформи, через складний рельєф, що і зумовив таке розміщення та конструкцію вестибюлю.

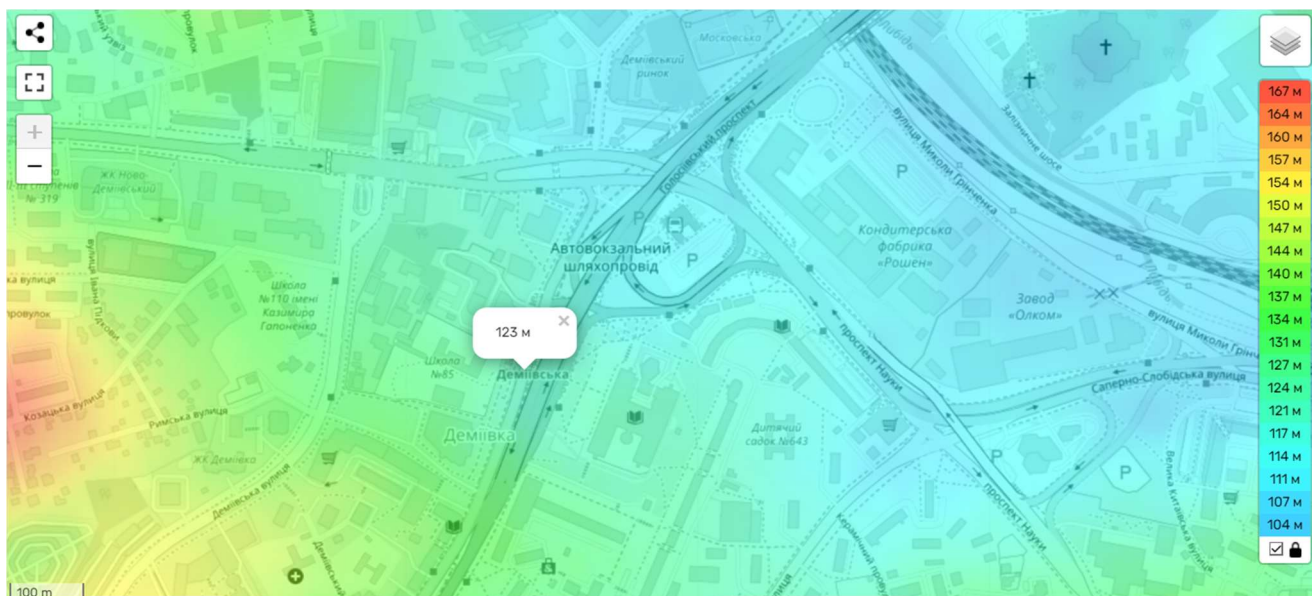


Рисунок 1.1.1 Топологія станції метро “Деміївська”

Структура станції складається з двох рівнів: верхнього та нижнього. Верхній рівень призначений для вхідно-вихідних груп, а також для забезпечення безпеки пасажирів. Нижній рівень є пасажирським та містить платформи для посадки та висадки пасажирів.

Геологічні умови на місці будівництва станції були складними, оскільки підземні води були досить близько до поверхні землі. Тому було використано спеціальні технології для забезпечення водонепроникності станції.

Конструкція станції метро Деміївська включає в себе велику кількість інженерних рішень. Наприклад, для забезпечення безпеки пасажирів було встановлено систему вентиляції та кондиціювання повітря, а також систему пожежогасіння. Крім того, станція має спеціальні ескалатори та ліфти для людей з обмеженими можливостями.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						11
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

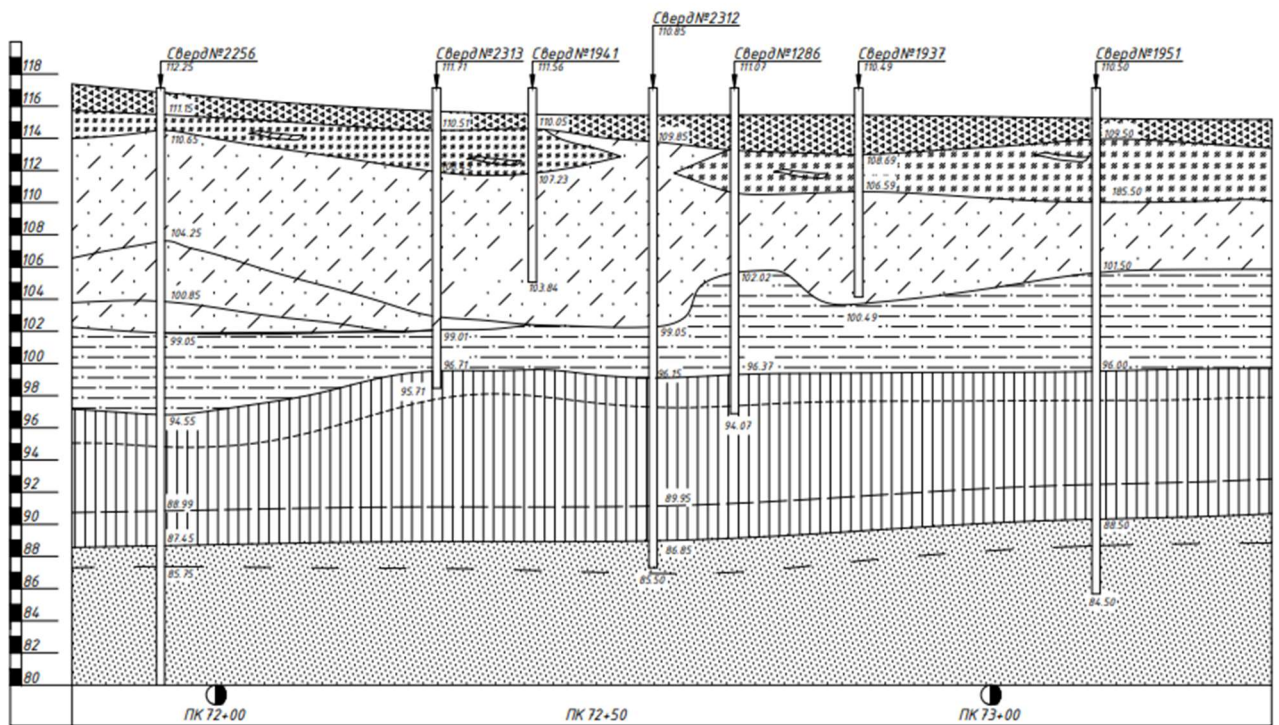


Рисунок 1.1.2 Мапа ґрунтів станції метро “Деміївська”

Узагалі, станція метро Деміївська є прикладом високотехнологічного підходу до будівництва та експлуатації станцій метрополітену. Вона забезпечує комфорт та безпеку пасажирів, а також є важливим елементом транспортної інфраструктури міста.

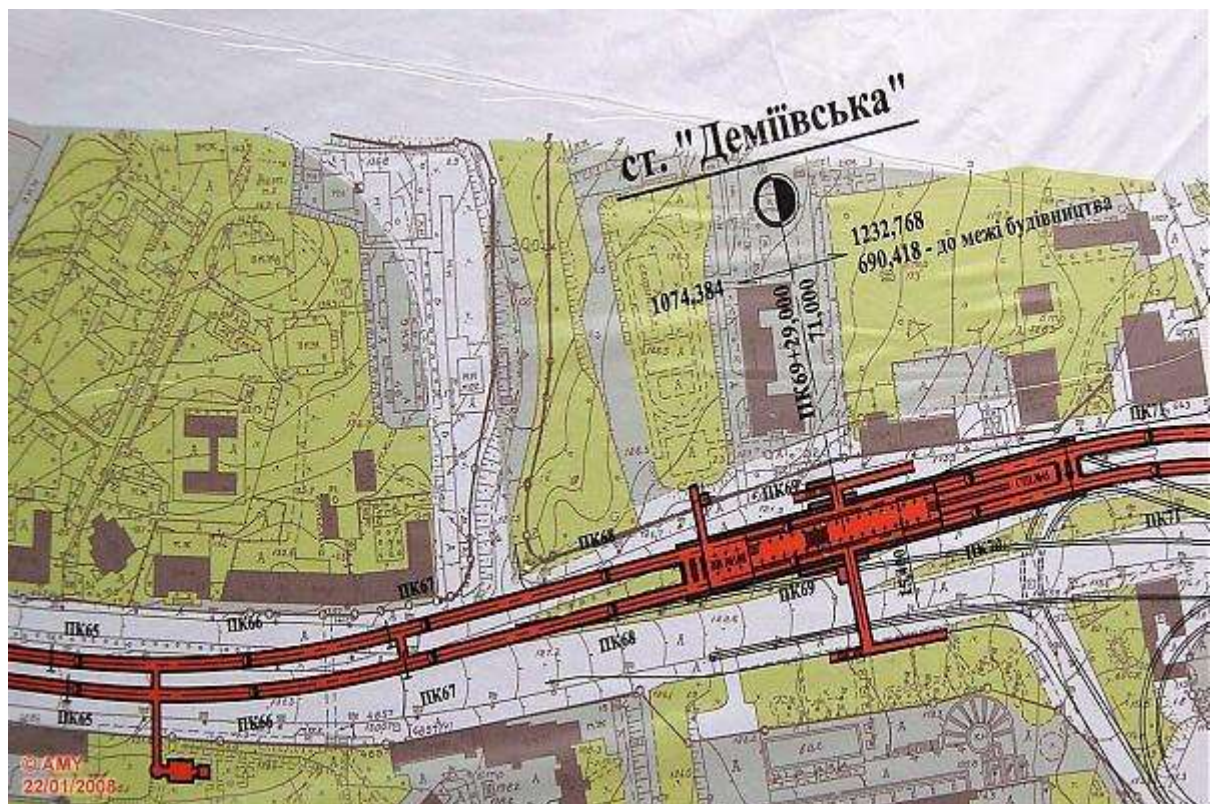


Рисунок 1.1.3 Розташування та констукція станції метро “Деміївська”

							Арк
						ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	12
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата			

1.2 Опис обладнання

1.2.1 Водовідлив

Насоси ЦНС 13-140 використовують у головному водовідливі, розміри якого показані на рисунку (рис.1.2.1).

Ці насоси виду ЦНС (відцентрові насоси секційні) в ньому варіюється число секцій від ц до 10 та від цього залежить варіативність об'єму подачі від 13 до 850 м³/год на це вказує перше число у маркуванні насоса, також відрізняється і напір який може забезпечити насос він має значення від 44 до 1300 м.вод.ст, це позначає друге число у позначенні насоса. Така варіативність дозволяє підібрати насос для вирішення різних завдань.

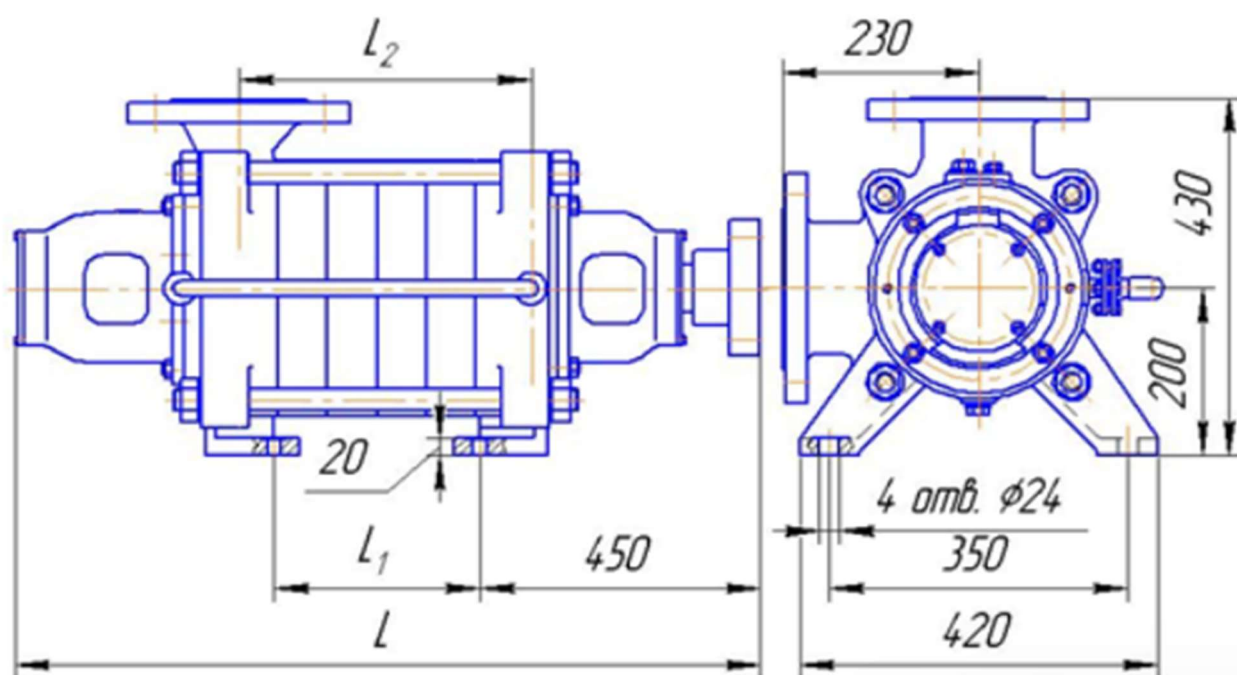


Рисунок 1.2.1 Габаритні розміри насосу ЦНС13-140

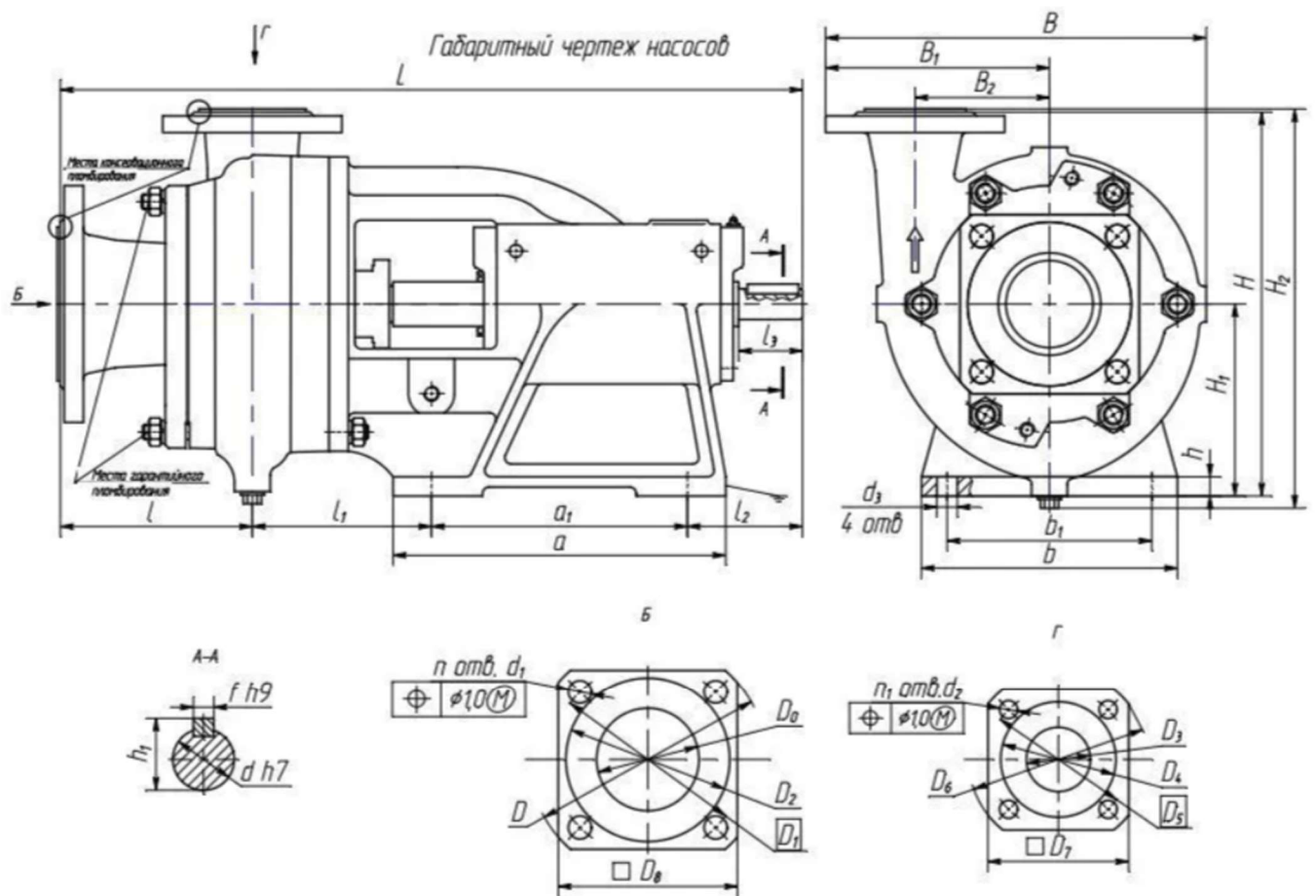
Таблиця 1.2.1 – Характеристики насосу ЦНС13-147

Назва насосу	Подача, м ³ /год	Напір, м	Р, кВт	Частота обертання,	Маса, кг	Габаритні розміри, мм	Внутр. діаметр.	Внутр. діаметр.
ЦНС 13-140	13	140	11	2950	172	977x337x227	125	125

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ			Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата				13

Призначення насосів (ЦНС) це перекачування хімічно нейтральної води, з максимальною її температурою $+105^{\circ}\text{C}$, перекачування мастила, і подача мастила в системи регулювання при пуску і зупинці ЦНМС, допускається і перекачування кислотної води, але з показником кислотності $\text{pH} < 6.5$, а також з з вмістом твердих механічних домішок в кількості не більше 0.1% за масою, розмір повинний бути менше 0.1мм і мікротвердістю не більше 1.47ГПа. Основні характеристики встановленого насосу наведені в таблиці 2.1.1. Матеріалами для поточної частини є: чавун, композит та хромонікелева сталь.

Місцевий водовідлив оснащений насосами K45/30, габарити якого наведені на наступному рисунку.



містять тверді домішки розміром до 0.2мм і з їх об'ємною кількістю у речовині не більше 0.1%. Матеріалом проточної частини є чавун.

Таблиця 1.2.2 – Характеристики насосу K45/30

Назва насосу	Подача, м ³ /год	Напір, м	Р, кВт	Частота обертання, об/хв	Маса, кг	Габаритні розміри, мм	Внутр. діаметр. всмок. патруб.,	Внутр. діаметр. напор. патруб.,
ЦНС 13-140	45	32	7.5	2950	53	977x337x227	80	50

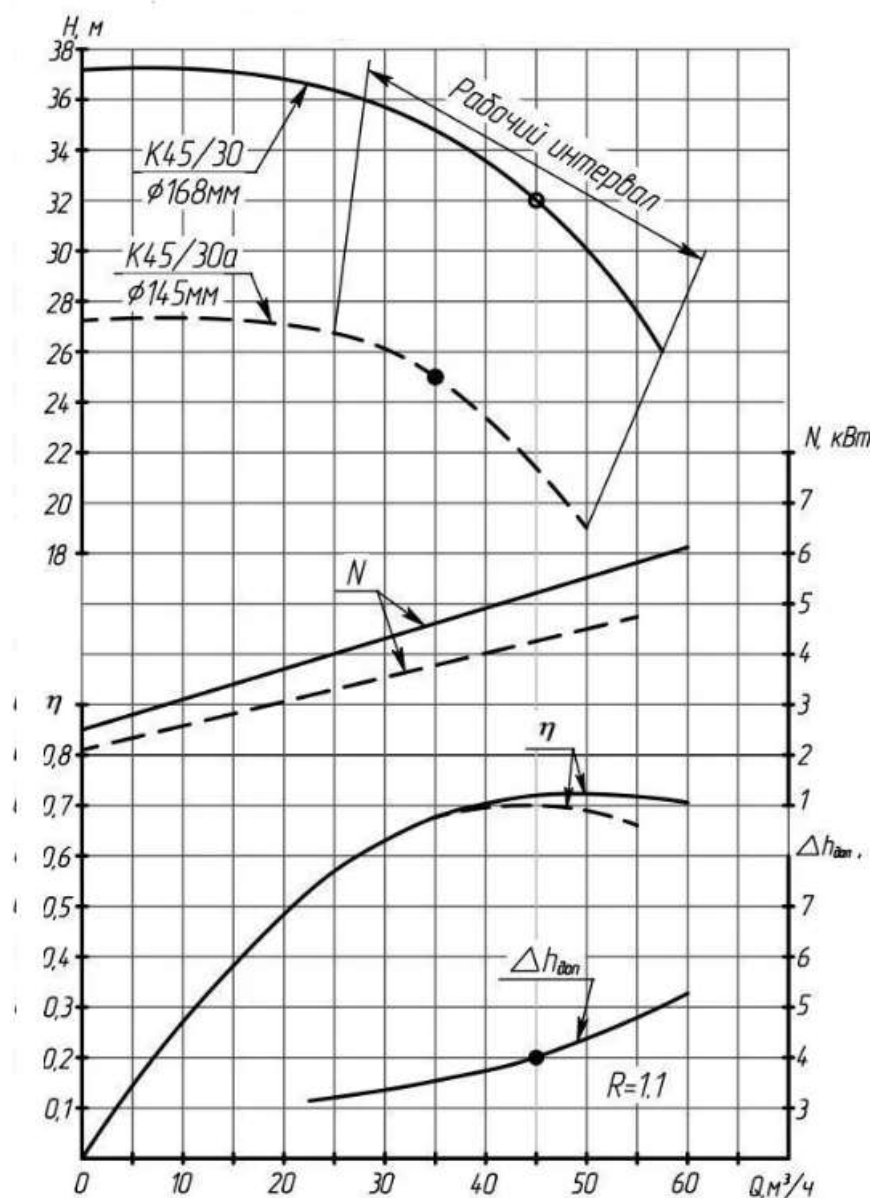


Рисунок 1.2.3 Характеристика насосу K45/30

1.2.2 Водопониження

Для пониження одноярусного рівня ґрунтових вод в відкладеннях гравію використовують свердловини водопониження з діаметром 200-400мм з встановленими в них глибинними насосами. Самі свердловини пробурені з кроком 5-15 м в свердловини опускаються трубчасті фільтри і витягуються обсадні труби. Фільтри виготовляються з сталевих(перфорованих), пластмасових, азбоцементових труб які мають діаметр 200-350мм. Зовнішня поверхня фільтрів обмотуються нержавіючим дротом або сіткою з галунним плетінням.

У замулених ґрунтах або малопроникних ґрунтах зазори заповнюються фільтруючим матеріалом, в якості цього матеріалу використовують дрібний гравій і грубозернистий пісок. Після цих етапів в кожній свердловині розміщується поршневий, відцентровий або штанговий насос з продуктивністю від 30 до 450 м³, які і використовують для відкачки води. Електродвигуни мають можливість встановлення разом з насосом в свердловину або на поверхні землі. Робочі режими насоса керуються автоматичними пристроями, які керують режимом роботи електродвигуна в залежності від припливу та рівня води. Одна з головних переваг даного способу водовідливу є можливість максимального водовідбору з кожної свердловини та контроль за продуктивністю кожної свердловини, регулювання режимів роботи окремих свердловин за рахунок ввімкнення та вимкнення окремих свердловин.

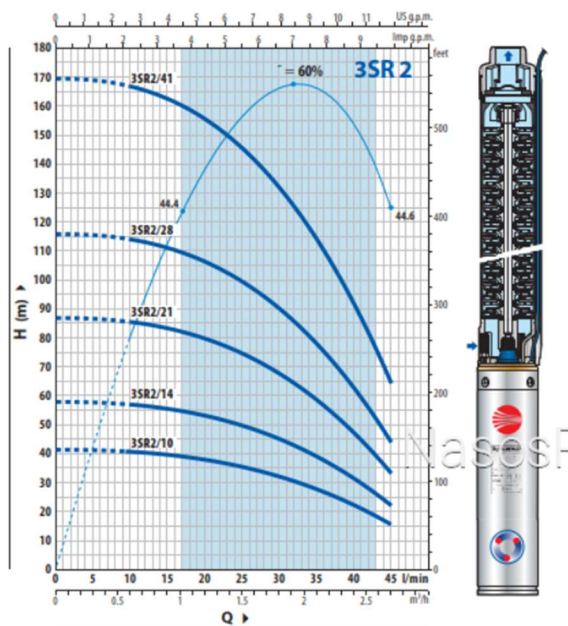


Рисунок 1.2.4 Приклад глибинного насоса та його характеристика.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		16

1.2.3 Тунелепрохідницький комплекс

Для роботи в складних інженерно-геологічних умовах спорудження тунелів користуються головним прохідницьким агрегатом ТПМК, це є механізованим щитом, який може забезпечувати споруджування тунелів навіть в умовах малої стійкості грантів і під великим гідростатичним тиском. Даним потребам відповідає прохідницький щит від “Herren Knecht” віж міжнародного провідного виробника, щит відноситься то універсального типу. ТПМК має діаметр 6.28м має у складі сам прохідницький механізований щит і комплекс захитового обладнання.

1.3 Розрахунок водовідливної установки

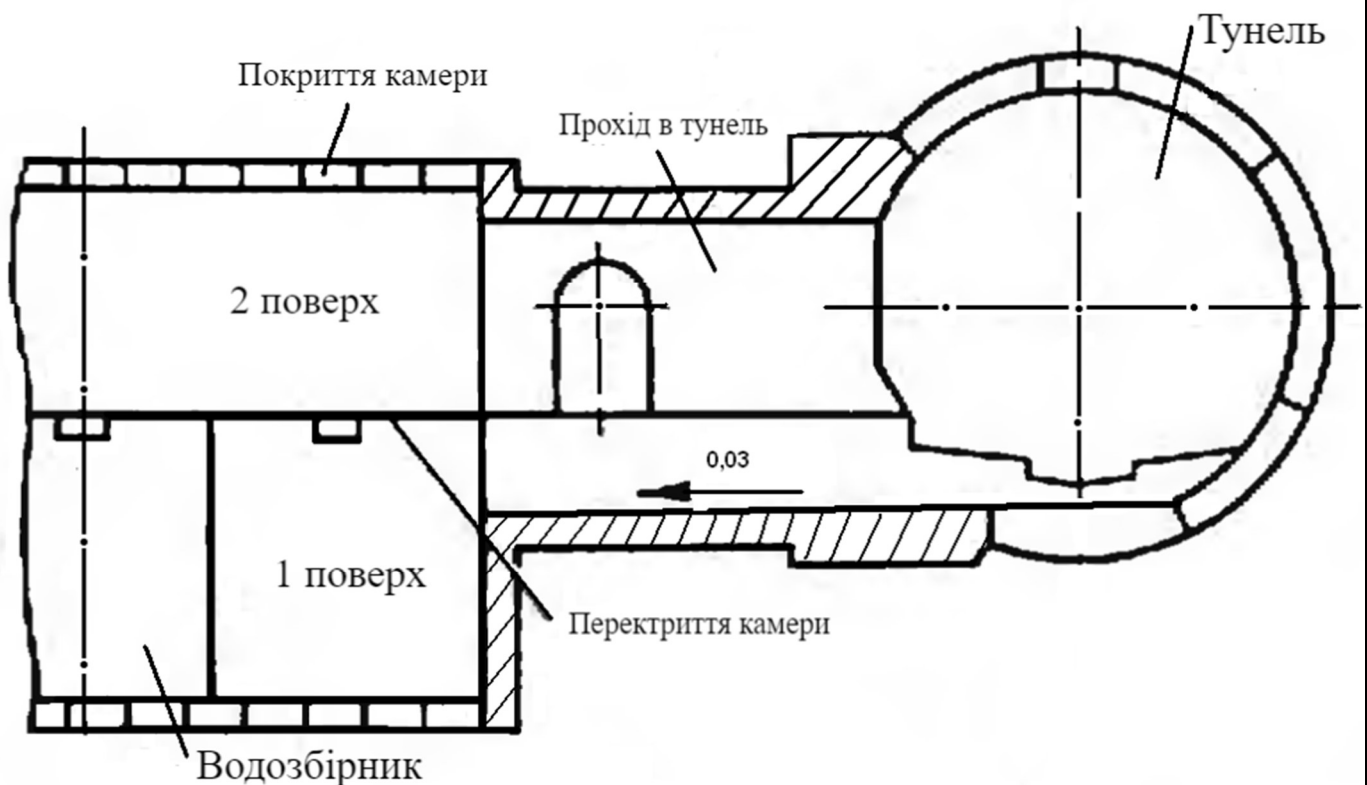


Рисунок 1.3.1 Схема водовідливної установки станції метро “Деміївська”

Показники які повинен забезпечувати насос:

$$Q_n = 32 \text{ м}^3/\text{год} \quad \eta = 0.7 \quad H_g = 20 \text{ м}$$

Розраховуємо мінімальну необхідну подачу:

$$Q_{min} = Q_n \cdot 1.2 = 32 \cdot 1.2 = 38.4 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Розраховуємо необхідний напір насосу:

$$H_n = \frac{H_g}{\eta} = \frac{20}{0.7} = 28.6 \text{ м}$$

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		17

Відповідно до розрахованих характеристик, потреби задовольняє насос К45/30 з характеристиками:

$Q=45\text{м}^3/\text{год}$ $H=32\text{м}$ – напір одного робочого колеса

Розраховуємо необхідну кількість робочих коліс:

$$i = \frac{H_{\text{н}}}{H} = \frac{28.6}{32} = 0.89$$

Згідно розрахунків $i=1$ -кількість робочих коліс

Відповідно до розрахунків наведених вище встановлений на станції насос водовідливної установки К45/30 забезпечує необхідний для станції об'єм водовідливу та висоту напору.

Висновки

В розділі було отримано та оглянуто загальну інформацію про станцію метро “Деміївська”, її обладнання та наведено розріз ґрунтів станції.

У цьому розділі було описано механізацію станції метро “Деміївська” та розглянуто насос ЦНС 13-140, що використовується для водовідливу та насос К45/30, їх механічні та напірні характеристики. Розглянуто специфіку водопониження на даному об'єкті.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						18
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Загальна характеристика об'єкту

Загальна інфраструктура станції. Пасажирські приміщення: Станція "Деміївська" має пасажирські приміщення, включаючи зони очікування, каси, торгові точки та інші сервісні приміщення для комфорту пасажирів. Платформи та перони: Є дві платформи для руху поїздів у кожному напрямку, забезпечуючи висадку та посадку пасажирів. Вестибюль: Вестибюль станції є вхідним приміщенням, де знаходяться входи/виходи, системи контролю проїзду та інші необхідні пристрої для пасажирів.

Джерела електропостачання. Станція "Деміївська" отримує електроенергію від зовнішнього електричного мережі, яка постачається з центральної електростанції або підстанції. Аварійне живлення: Щоб забезпечити неперервне функціонування станції, використовується аварійне живлення, яке може бути активоване в разі відключення основного джерела електропостачання.

Підстанція станції: Трансформатори використовуються для зниження або підвищення напруги електроенергії, що надходить від джерела постачання, забезпечуючи потрібні параметри живлення станції. Розподільчі пристрої: Розподільчі пристрої використовуються для розподілу електроенергії до різних систем та пристроїв на станції. Захисні пристрої: Захисні пристрої, такі як вимикачі та автоматичні вимикачі, використовуються для захисту від перевантаження, короткого замикання та інших непередбачених подій. Апаратура управління: Апаратура управління відповідає за контроль та керування електропостачанням станції, забезпечуючи безперебійну роботу систем.

Кабельна система: Кабелі живлення встановлюються для передачі електроенергії від підстанції до різних систем та пристроїв на станції. Заземлення: Система заземлення використовується для забезпечення безпеки та відведення струму в разі виникнення непередбачених ситуацій. Захист від електромагнітних перешкод: Для запобігання впливу електромагнітних перешкод на електричні системи використовуються відповідні заходи та екранування. Контроль якості електричних з'єднань: Регулярно проводяться перевірки та тестування електричних з'єднань для забезпечення їхньої надійності та безпеки.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						19
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок електричного освітлення

Розрахунок освітлення метод коефіцієнта використання світлового потоку.

Вхідними умовами для розрахунку методом коефіцієнта світлового потоку слугують довжина, ширина приміщення, висота підвісу світильника над робочою поверхнею та характеристики приміщення (колір стін та стелі). Нормована освітленість може бути задана числовим значенням або типом приміщення, яке потребує освітлення.

Результатом розрахунків є кількість світильників прийнятого типу.

Послідовність розрахунків (майстерні)

Метод враховує не тільки потік, який падає на робочу поверхню безпосередньо від світильника, але й потік, відбитий від стін та стелі, за рахунок введення коефіцієнта використання освітлювальної установки. Останній залежить від кольору стін і стелі, розмірів приміщення.

Метод використовують для розрахунку освітлення приміщень, насосних, машинних камер, камер ЦПП, РПП та інших.

Розрахунок ведуть у такій послідовності:

1) Приймають тип світильника і знаходять світловий потік лампи $\Phi_{\text{л}}$.

Таблиця 2.2.1 – Тип світильника

Тип світильника	Область Застосування	Тип Лампи	Потужність, Вт	Напруга, В	ККД, %	cosφ	Світловий потік
Астра-1	Приміщення	Б220-60/100/	60(100)	220	70	1	715(1350)

2) Розраховують показник приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{15 \cdot 9}{2 \cdot (15 + 9)} = 2,81$$

де: A і B - довжина та ширина освітлюваного приміщення, м;

h - висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м.

3) Розраховують загальний світловий потік, потрібний для забезпечення необхідної освітленості;

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						20
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$F = \frac{K_3 \cdot E_{min} \cdot S \cdot z}{K_B} = \frac{1,5 \cdot 40 \cdot 135 \cdot 1,4}{0,49} = 11340 \text{ лм}$$

де: K_3 - коефіцієнт запасу, який враховує старіння ламп та запорошеність їхніх ковпаків;

$K_3 = 1,3 \dots 1,5$ для ламп розжарювання;

$K_3 = 1,5 \dots 2,0$ для люмінесцентних ламп;

E_{min} - мінімальна освітленість по нормах, лк;

S - площа освітлюваного приміщення, м²;

z - коефіцієнт нерівномірності освітлення ($z = 1,3 \dots 1,4$);

K_B - коефіцієнт використання освітлювальних установок.

4) Обчислюють потрібну кількість ламп;

$$n = \frac{F}{F_{\lambda}} = \frac{11340}{715} = 15,9 \sim 16$$

Загальна кількість ламп для даного приміщення – 16.

Розрахунок освітлення методом питомої потужності.

Вхідними умовами для розрахунку методом питомої потужності слугують довжина та ширина приміщення та питома потужність на забезпечення необхідної освітленості.

Результатом розрахунків є кількість світильників (прийнятого типу) та відстань між ними при розміщенні

Послідовність розрахунків (камери водовідливу)

Використовується при орієнтовних розрахунках електричних навантажень на освітлення приміщень і відкритого простору.

1) Питома потужність на освітлення знаходиться із залежності Вт/м²

$$\omega = \frac{P_0}{S} = \frac{2}{84} = 0,02$$

де: P_0 - сумарна потужність ламп, Вт;

S - площа освітлювальної поверхні, м².

2) Тоді необхідна для освітлення приміщення потужність

$$P_{осв} = \omega \cdot S = 0,02 \cdot 84 = 1,68 \text{ Вт}$$

де: $S = L \cdot b$ – освітлювальна площа приміщення, м²;

L – довжина приміщення, м;

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						21
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

б -ширина приміщення.

3)Необхідна кількість світильників

$$N_{CB} = \frac{P_{OCB}}{P_L} = \frac{1,68}{0,5} = 3,36 \sim 3$$

де: P_Л- потужність лампи, Вт.

Обраний світильник:

Таблиця 2.2.2 – Обраний світильник

Тип світильника	Область Застосування	Тип Лампи	Потужність, Вт	Напруга, В	ККД, %	cosφ	Світловий потік
Гс	Приміщення	Гс220-500/1000	500(1000)	220	80	1	8300(1860)

2.3 Розрахунок електричних навантажень

Розрахунок навантаження групи електроприймачів за методом коефіцієнту попиту.

Таблиця 2.3.1 – Збірка №1

Вхідні дані					Результати розрахунків			
Споживач	P _н , кВт	К-ть споживачів	cosφ	Кп	tgφ	P _p ,кВт	Q _p ,кВАр	S _p ,кВа
Збірка №1(Збірка 0.4 кВ)								
Насоси водопониження	11	5	0.75	0.52	1.3	28.6	28.9	40.65
Усього по збірці №1						28.6	28.9	40.65

Таблиця 2.3.2 – Збірка №2

Вхідні дані					Результати розрахунків			
Споживач	P _н , кВт	К-ть споживачів	cosφ	Кп	tgφ	P _p ,кВт	Q _p ,кВАр	S _p ,кВа
Збірка №2(Збірка 0.4 кВ)								
Насоси водопониження	11	5	0.75	0.52	1.3	28.6	28.9	40.65
Усього по збірці №2						28.6	28.9	40.65

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						22
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3.3 – Збірка №3

Вхідні дані					Результати розрахунків			
Споживач	P_n , кВт	К-ть споживачів	$\cos\varphi$	K_p	$\tan\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА
Збірка №3(Збірка 0.4 кВ)								
Вентилятор головного провітрювання	50	1	0.7	0.65	1.1	32.5	35.75	48.3
Вентилятор місцевого провітрювання	12	1	0.7	0.65	1.1	7.7	8.58	11.5
Головний водовідлив	75	1	0.75	0.52	1.3	39	50.7	64
Місцевий водовідлив	15	1	0.75	0.52	1.3	7.8	10.1	12.8
Компресорна	40	1	0.85	0.8	1.7	32	54.4	63.1
Усього по збірці №3						119	159.5	199.7

Таблиця 2.3.4 – Збірка №4

Вхідні дані					Результати розрахунків			
Споживач	P_n , кВт	К-ть споживачів	$\cos\varphi$	K_p	$\tan\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА
Збірка №4(Збірка 0.4 кВ)								
Кран КС-50-42Б	59.5	1	0.65	0.5	0.95	29.8	28.31	41.1
Склад цементу	7	1	0.65	0.6	0.95	4.2	4	5.8
Обігрів вагонів	5	1	0.65	0.6	0.95	3	2.85	4.1
Вібратори	2.5	1	0.5	0.7	0.62	1.75	1.1	2.1
Водовідлив типу ГНОМ	7.5	1	0.75	0.52	1.3	3.9	5.07	6.4
Зварювальний апарат	32	1	0.65	0.4	0.95	12.8	12.16	17.6
Усього по збірці №4						55.45	53.5	77.3

Таблиця 2.3.5 – Збірка №5

Вхідні дані					Результати розрахунків			
Споживач	P_n , кВт	К-ть споживачів	$\cos\varphi$	K_p	$\tan\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА
Збірка №5(Збірка 0.4 кВ)								
Глиномішалка МГ-2-4П	58	1	0.75	0.6	1.27	34.8	44.2	56.3
Насос НБ-32	75	1	0.8	0.75	1.47	56.25	82.69	100

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ				Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата					23

Таблиця 2.3.5 – Збірка №5 (продовження)

Вібросито С-442	0.45	1	0.8	0.75	1.47	0.33	0.5	0.6
Токарний верстат	10	1	0.65	0.4	0.95	4	3.8	5.6
Строгальний верстат	4.5	1	0.65	0.4	0.95	1.8	1.71	2.4
Заточний верстат	2.8	1	0.65	0.4	0.95	1.12	1.1	1.6
Свердильний верстат	2.8	1	0.65	0.4	0.95	1.12	1.1	1.6
Усього по збірці №5						99.42	135.1	168.1

Таблиця 2.3.6 – Збірка №6

Вхідні дані					Результати розрахунків			
Споживач	P_n , кВт	К-ть споживачів	$\cos\varphi$	K_p	$\tan\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА
Збірка №6(Збірка 0.4 кВ)								
Лісопильна рама И-78	0.6	1	0.65	0.4	0.95	0.3	0.29	0.42
Стругальний верстат	0.2	1	0.65	0.4	0.95	0.1	0.1	0.14
Станок для різання арматури	5.8	1	0.65	0.4	0.95	2.32	2.2	3.19
Станок для гнуття арматури	2.2	1	0.65	0.4	0.95	0.9	0.9	1.3
Розриномішалка РМ-750	7	1	0.65	0.6	0.95	4.2	4	5.8
Усього по збірці №6						7.8	7.5	10.85

Розрахунки на прикладі Збірки №6

Розрахунок навантажень методом коефіцієнта попиту

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n P_{ni}$$

$$P_p = K_p \cdot P_{ni} = 0,4 \cdot 0.6 = 0.3 \text{ кВт}$$

$$P_p = K_p \cdot P_{ni} = 0,4 \cdot 0.2 = 0.1 \text{ кВт}$$

$$P_p = K_p \cdot P_{ni} = 0,4 \cdot 5.8 = 2.32 \text{ кВт}$$

$$P_p = K_p \cdot P_{ni} = 0,4 \cdot 2.2 = 0.9 \text{ кВт}$$

$$P_p = K_p \cdot P_{ni} = 0,6 \cdot 7 = 4.2 \text{ кВт}$$

$$Q_p = P_p \cdot \tan \varphi_p$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0,65^2} = 0.76$$

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						24
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = 0.95$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_p = P_p \cdot \cos \varphi = 0.4 \cdot 0.95 = 74.52 \text{ кВАр}$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_p = P_p \cdot \cos \varphi = 0.1 \cdot 0.95 = 3.57 \text{ кВАр}$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_p = P_p \cdot \cos \varphi = 2.32 \cdot 0.8 = 16 \text{ кВАр}$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_p = P_p \cdot \cos \varphi = 0.9 \cdot 0.8 = 8 \text{ кВАр}$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_p = P_p \cdot \cos \varphi = 4.2 \cdot 0.85 = 15.3 \text{ кВАр}$$

Таблиця 2.3.7 – Шафа АВР-140

Вхідні дані					Результати розрахунків			
Споживач	Р _н , кВт	К-ть споживачів	cosφ	Кп	tgφ	Р _р ,кВт	Q _р ,кВАр	S _р ,кВа
Шафа АВР-140 (Збірка 0.4 кВ)								
Освітлення Лівого тунелю	1	1	1	0.8	2.9	0.8	2.32	2.45
Освітлення Правого тунелю	1	1	1	0.8	2.9	0.8	2.32	2.45
Освітлення будмайданчиків	0.5	1	1	0.8	2.9	0.4	1.16	1.22
Втрати в трансформаторі ТСЗ-40/0.66						0.25		
Усього по Шафа АВР-140						2.25	5.8	6.12

Для збірки № 1, 2 обираємо трансформатор ТМ-400/10 Р_{ном}=400 кВА.

Для збірки № 3 обираємо трансформатор ТМ-160/10 Р_{ном}=160 кВА

Таблиця 2.3.8 – Характеристики трансформаторів

Тип	Р _{ном}	Номинальна напруга кВ		Витрати кВт.		Напруга КЗ%	Струм ХХ %	Схема і група з'єднання обмоток
		ВН	НН	Хол.ход	Кор.зам.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТМ-400/10	400	6/10	0.4	0.95	5.5(5.9)	4.5	2.1	Y/Y _н -0 Δ/Z _н -11
ТМ-160/10	160	6/10	0.4	0.51	2.65(3.1)	4.5(4.7)	2.4	Y/Y _н -0 Y/Z _н -11

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						25
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2.4 Розрахунок електричної мережі

При проектуванні системи живлення і розподілу електроенергії зазвичай виконують електричні і механічні розрахунки ліній електропередач.

Перед вибором перетинів проводів і жил кабелів ЛЕП необхідно скласти схему електропостачання підприємства з наведенням довжини всіх елементів мережі СЕП. З погляду на те, що фронт робіт і гірничі машини постійно переміщаються і місце прикладення навантажень у електричній мережі змінюється, схему електропостачання складають на період найбільш несприятливішого розташування машин, коли втрати напруги в мережі будуть максимальними. При цьому припускають, що електричні навантаження можуть бути зосереджені в кінці магістральних ліній на відстані один від іншого, обумовленою технологією ведення робіт.

Перетин проводів та жил кабелів вибирають з врахуванням технічних та економічних факторів. До технічних факторів, що впливають на вибір перерізу, відносяться здатність провідника витримувати довготривале навантаження при нормальному та після аварійному режимах з врахуванням допустимого перегріву, термічна стійкість в режимі коротких замикань і втрати напруги в провідниках від протікання по них струму в нормальному, після аварійному та аварійному режимах; механічна стійкість до механічного навантаження; коронування в мережах напругою 35 кВ і вище – фактор, що залежить від напруги, перерізу провідника та навколишнього середовища. До економічних факторів відноситься економічна щільність струму.

Перетин проводів повітряних стаціонарних ЛЕП напругою 6 і 10 кВ вибирають по економічній щільності струму і перевіряють за умовами нагрівання. Далі вся мережа перевіряється за припустимими втратами напруги.

Повітряні ЛЕП напругою до 1000 В розраховують за втратами напруги і перевіряють за умовами нагрівання та економічній щільності струму при тривалості використання максимуму навантаження понад 4000...5000 г/рік. Крім того, погоджують перетин проводів із захистом ЛЕП, а мережу перевіряють на відключення мінімальних значень струмів КЗ релейним захистом.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						26
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Стационарні кабельні лінії напругою 6 кВ вибирають за економічною щільністю струму і перевіряють за умовами нагрівання з урахуванням і поправками на умови прокладки, за термічною стійкістю струмам КЗ і за втратами напруги. Переносні кабельні лінії вибирають за нагріванням і перевіряють на термічну стійкість струмам КЗ і за втратами напруги.

Кабельні лінії напругою до 1000 В вибирають аналогічно повітряним на цю ж напругу

При виборі перетинів проводів і жил кабелів розрахунковий струм навантаження групи електроприймачів визначається так:

$$I_n = P_p / \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta_m \cdot \cos \varphi_p$$

Таблиця 2.4.1 – Вихідні дані для розрахунку електричних мереж підприємства

Споживач	№ лінії	Довжина лінії, м	Тип лінії	Потужність, що передається лінією	$\cos \varphi$	ККД	Розрахунковий робочий струм лінії, А
Збірка № 1	L ₁	50	Каб.лін. до 1кВ	95	-	-	58.67
Насос водопониження(5)	L _{1.1}	50	Каб.лін. до 1кВ	11	0.75	0.97	11.96
Збірка № 2	L ₂	50	Каб.лін. до 1кВ	95	-	-	58.67
Насос водопониження(5)	L _{2.1}	50	Каб.лін. до 1кВ	11	0.75	0.97	11.96
Збірка № 3	L ₃	50	Каб.лін. до 1кВ	95	-	-	288.24
Вентилятор головного провітрювання	L _{3.1}	50	Каб.лін. до 1кВ	50	0.7	0.97	102.76
Вентилятор місцевого провітрювання	L _{3.2}	50	Каб.лін. до 1кВ	12	0.7	0.97	16.4
Головний водовідлив	L _{3.3}	50	Каб.лін. до 1кВ	75	0.75	0.97	82.9
Місцевий водовідлив	L _{3.4}	50	Каб.лін. до 1кВ	15	0.75	0.97	16.6

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		27

Таблиця 2.4.1 – Вихідні дані для розрахунку електричних мереж підприємства(продовження)

Споживач	№ лінії	Довжина лінії, м	Тип лінії	Потужність, що передається лінією	$\cos\varphi$	ККД	Розрахунковий робочий струм лінії, А
Компресорна	L _{3.5}	50	Каб.лін. до 1кВ	40	0.85	0.97	68

$$I_p = S_p / \sqrt{3} \cdot U_H$$

де P_p , S_p - розрахункові навантаження для даного елемента мережі, кВт; кВА;

U_H - напруга мережі, кВ;

η_m - ККД мережі (для повітряних ЛЕП, 0,94...0,95; для-гнучких кабелів 0,97...0,99;

$\cos\varphi_p$ - розрахунковий коефіцієнт потужності для даного елемента мережі.

Таблиця 2.4.2 – Вихідні дані для розрахунку електричних мереж підприємства

Споживач	№ лінії	Довжина лінії, м	Тип лінії	Потужність, що передається лінією	$\cos\varphi$	ККД	Розрахунковий робочий струм лінії, А
Збірка № 4	L ₄	80	Каб.лін. до 1кВ	95	-	-	111.6
Кран КС-50-42Б	L _{4.1}	80	Каб.лін. до 1кВ	59.5	0.65	0.97	68.2
Склад цементу	L _{4.2}	80	Каб.лін. до 1кВ	7	0.65	0.97	9.6
Обігрів вагонів	L _{4.3}	80	Каб.лін. до 1кВ	5	0.65	0.97	6.7
Вібратори	L _{4.4}	80	Каб.лін. до 1кВ	2.5	0.5	0.97	4
Водовідлив типу ГНОМ	L _{4.5}	80	Каб.лін. до 1кВ	7.5	0.75	0.97	8.9
Зварювальний Апарат	L _{4.6}	80	Каб.лін. до 1кВ	32	0.65	0.97	29.3
Збірка № 5	L ₅	80	Каб.лін. до 1кВ	95	-	-	242.6
Глиномішалка МГ-2-4П	L _{5.1}	80	Каб.лін. до 1кВ	58	0.75	0.97	69
Насос НБ-32	L _{5.2}	80	Каб.лін. до 1кВ	75	0.8	0.97	139.5

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						28
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4.2 – Вихідні дані для розрахунку електричних мереж підприємства(продовження)

Споживач	№ лінії	Довжина лінії, м	Тип лінії	Потужність, що передається лінією	$\cos \varphi$	ККД	Розрахунковий робочий струм лінії, А
Вібросито С-442	L _{5.3}	80	Каб.лін. до 1кВ	0.45	0.8	0.97	0.6
Токарний верстат	L _{5.4}	80	Каб.лін. до 1кВ	10	0.65	0.97	9.2
Строгальний верстат	L _{5.5}	80	Каб.лін. до 1кВ	4.5	0.65	0.97	4.1
Заточний верстат	L _{5.6}	80	Каб.лін. до 1кВ	2.8	0.65	0.97	2.56
Свердлильний верстат	L _{5.7}	80	Каб.лін. до 1кВ	2.8	0.65	0.97	2.56
Збірка № 6	L ₆	80	Каб.лін. до 1кВ	95	-	-	15.7
Лісопильна рама И-78	L _{6.1}	80	Каб.лін. до 1кВ	0.6	0.65	0.97	0.75
Стругальний верстат	L _{6.2}	80	Каб.лін. до 1кВ	0.2	0.65	0.97	0.22
Станок для різання арматури	L _{6.3}	80	Каб.лін. до 1кВ	5.8	0.65	0.97	5.3
Станок для гнуття арматури	L _{6.4}	80	Каб.лін. до 1кВ	2.2	0.65	0.97	2
Розриномішалка РМ-750	L _{6.5}	80	Каб.лін. до 1кВ	7	0.65	0.97	9.6
Шафа АВР-140	L ₇	20	Каб.лін. до 1кВ	95	-	-	3.54
Освітлення Лівого тунелю	L _{7.1}	750	Каб.лін. до 1кВ	1	1	0.97	1.4
Освітлення Правого тунелю	L _{7.2}	750	Каб.лін. до 1кВ	1	1	0.97	1.4
Освітлення будмайданчиків	L _{7.3}	50	Каб.лін. до 1кВ	0.5	1	0.97	0.7

Розраховуємо за формулою розрахунковий струм навантаження групи електроприймачів:

$$I_{p1} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{40.65}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 58.67 \text{ А}$$

$$I_{p1.1} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{5.72}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.92 \cdot 0.75} = 11.96 \text{ А}$$

$$I_{p2} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{40.65}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 58.67 \text{ А}$$

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		29

$$I_{p2.1} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{5.72}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.92 \cdot 0.75} = 11.96 \text{ A}$$

$$I_{p3} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{199.7}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 288.24 \text{ A}$$

$$I_{p3.1} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{32.5}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.7} = 102.76 \text{ A}$$

$$I_{p3.2} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{7.7}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.7} = 16.4 \text{ A}$$

$$I_{p3.3} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{39}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.75} = 82.9 \text{ A}$$

$$I_{p3.4} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{7.8}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.75} = 16.6 \text{ A}$$

$$I_{p3.5} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{32}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.85} = 68 \text{ A}$$

$$I_{p4} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{77.3}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 111.6 \text{ A}$$

$$I_{p4.1} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{29.8}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.65} = 68.2 \text{ A}$$

$$I_{p4.2} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{4.2}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.65} = 9.6 \text{ A}$$

$$I_{p4.3} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{3}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.65} = 6.7 \text{ A}$$

$$I_{p4.4} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{1.75}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.65} = 4 \text{ A}$$

$$I_{p4.5} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{3.9}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.65} = 8.9 \text{ A}$$

$$I_{p4.6} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{12.8}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.65} = 29.3 \text{ A}$$

$$I_{p5} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{168.1}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 242.6 \text{ A}$$

$$I_{p5.1} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{34.8}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.75} = 69 \text{ A}$$

$$I_{p5.2} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.8} = 139.5 \text{ A}$$

$$I_{p5.3} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{0.33}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.8} = 0.6 \text{ A}$$

$$I_{p5.4} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{4}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.65} = 9.2 \text{ A}$$

$$I_{p5.5} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{1.8}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.65} = 4.1 \text{ A}$$

$$I_{p5.6} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{1.12}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.65} = 2.56 \text{ A}$$

$$I_{p5.6} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{1.12}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.65} = 2.56 \text{ A}$$

$$I_{p6} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{10.85}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 15.7 \text{ A}$$

$$I_{p6.1} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{0.3}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.75} = 0.75 \text{ A}$$

$$I_{p6.2} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{0.1}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.8} = 0.22 \text{ A}$$

$$I_{p6.3} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{2.32}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.8} = 5.3 \text{ A}$$

$$I_{p6.4} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{0.9}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.65} = 2 \text{ A}$$

$$I_{p6.5} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{4.2}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 0.65} = 9.6 \text{ A}$$

$$I_{p7} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{6.12}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 3.54 \text{ A}$$

$$I_{p7.1} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 1} = 1.4 \text{ A}$$

$$I_{p7.2} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 1} = 1.4 \text{ A}$$

$$I_{p7.3} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{0.5}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.97 \cdot 1} = 0.74 \text{ A}$$

2.5.1. Вибір перетину провідників і жил кабелів за нагрівом

Вибір перетину провідників за нагрівом зводиться до порівняння розрахункового струму I_p з довготривалими припустимими струмами навантаження, наведеними для стандартних перетинів проводів у таблицях ПУЕ.

2.5.2 Перевірка за механічною міцністю

Мінімальні значення перерізу силових кабелів шахтних дільничних розподільних мереж напругою до 1000 В за механічною міцністю рекомендують приймати для живлення: механізмів, змонтованих на спеціальних візках у складі загального електропоїзда, не менше 10 мм² окремих встановлених механізмів, що періодично переміщуються не менше 16мм².

2.5.3 Перевірка мережі за втратами напруги

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		31

Обраний перетин провідників ЛЕП повинен відповідати як економічним, так і технічним вимогам, у тому числі й умовам забезпечення споживачів електроенергією необхідної якості. Тому електрична мережа повинна бути вибрана або перевірена на припустиму втрату напруги.

Для низьковольтних електроприймачів (до 1 кВ) – у вольтах

Ділянка мережі низької напруги складається з трансформатора (або трансформаторної підстанції) та кабелів (магістральні, відгалужувальні, гнучкі), які з'єднують трансформатор та електроприймач. Величину втрат напруги для мережі до 1 кВ приймають рівною 39В, 63В, 117В)– відповідно при УН мережі 380В, 660В, 1140В. Втрати напруги в низьковольтній мережі – це сума втрат напруги в усіх її елементах, яка не повинна перевищувати нормоване значення (при необхідності знизити втрати збільшують переріз кабелів.

$$\Delta U_{TP\%} = \beta(U_{a\%} \cos \phi_{TP} + U_{p\%} \sin \phi_{TP})$$

Розраховуємо втрати напруги для трансформатора ТМ-400/10:

$$\beta = \frac{S_p}{S_{н.т.}} = \frac{280.8}{400} = 0.702$$

$$U_{a\%} = \frac{\Delta P_k}{10 \cdot S_{н.т.}} = \frac{950}{10 \cdot 400000} = 0.024 \%$$

Розраховуємо втрати напруги для трансформатора ТМ-400/10:

$$\beta = \frac{S_p}{S_{н.т.}} = \frac{280.8}{400} = 0.702$$

$$U_{a\%} = \frac{\Delta P_k}{10 \cdot S_{н.т.}} = \frac{950}{10 \cdot 400000} = 0.024 \%$$

$$U_{p\%} = \sqrt{(U_{k\%})^2 - (U_{a\%})^2} = \sqrt{4.5^2 - 0.024^2} = 4.5\%$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{90}{280.8} = 0.32$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = 0.864$$

$$\Delta U_{TP\%} = \beta \cdot (U_{a\%} \cdot \cos \varphi + U_{p\%} \cdot \sin \varphi) = 1.739 \%$$

$$\Delta U_{TP} = \Delta U_{TP\%} \cdot K \cdot \frac{U_0}{100} = 1.739 \cdot 1 \cdot \frac{400}{100} = 6.956 \text{ В}$$

Розрахунок втрат напруги в кабелі від трансформатора до збірки [1]

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						32
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$\Delta U_{\Gamma.K1.1-1.5} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{11 \cdot 50 \cdot 10^3}{32 \cdot 95 \cdot 380 \cdot 0.97} = 0.49 \text{ В}$$

Розрахунок втрат напруги в кабелі від трансформатора до збірки [2]

$$\Delta U_{\Gamma.K2.1-2.5} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{11 \cdot 50 \cdot 10^3}{32 \cdot 95 \cdot 380 \cdot 0.97} = 0.49 \text{ В}$$

Розрахунок втрат напруги в кабелі від трансформатора до збірки [3]

$$\Delta U_{\Gamma.K3.1} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{120 \cdot 100 \cdot 10^3}{32 \cdot 95 \cdot 380 \cdot 0.97} = 10.709 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K3.2} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{32 \cdot 20 \cdot 10^3}{32 \cdot 16 \cdot 380 \cdot 0.97} = 3.39 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K3.3} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{78 \cdot 30 \cdot 10^3}{32 \cdot 16 \cdot 380 \cdot 0.97} = 12.39 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K3.4} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 20 \cdot 10^3}{32 \cdot 2.5 \cdot 380 \cdot 0.97} = 6.78 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K3.5} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 30 \cdot 10^3}{32 \cdot 2.5 \cdot 380 \cdot 0.97} = 0.23 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K3.6} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 150 \cdot 10^3}{32 \cdot 10 \cdot 380 \cdot 0.97} = 1.35 \text{ В}$$

Розрахунок втрат напруги в кабелі від трансформатора до збірки [4]

$$\Delta U_{\Gamma.K2.1} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{120 \cdot 100 \cdot 10^3}{32 \cdot 95 \cdot 380 \cdot 0.97} = 10.709 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.2} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{32 \cdot 20 \cdot 10^3}{32 \cdot 16 \cdot 380 \cdot 0.97} = 3.39 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.3} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{78 \cdot 30 \cdot 10^3}{32 \cdot 16 \cdot 380 \cdot 0.97} = 12.39 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.4} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 20 \cdot 10^3}{32 \cdot 2.5 \cdot 380 \cdot 0.97} = 6.78 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.5} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 30 \cdot 10^3}{32 \cdot 2.5 \cdot 380 \cdot 0.97} = 0.23 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.6} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 150 \cdot 10^3}{32 \cdot 10 \cdot 380 \cdot 0.97} = 1.35 \text{ В}$$

Розрахунок втрат напруги в кабелі від трансформатора до збірки [5]

$$\Delta U_{\Gamma.K2.1} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{120 \cdot 100 \cdot 10^3}{32 \cdot 95 \cdot 380 \cdot 0.97} = 10.709 \text{ В}$$

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						33
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$\Delta U_{\Gamma.K2.2} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{32 \cdot 20 \cdot 10^3}{32 \cdot 16 \cdot 380 \cdot 0.97} = 3.39 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.3} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{78 \cdot 30 \cdot 10^3}{32 \cdot 16 \cdot 380 \cdot 0.97} = 12.39 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.4} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 20 \cdot 10^3}{32 \cdot 2.5 \cdot 380 \cdot 0.97} = 6.78 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.5} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 30 \cdot 10^3}{32 \cdot 2.5 \cdot 380 \cdot 0.97} = 0.23 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.6} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 150 \cdot 10^3}{32 \cdot 10 \cdot 380 \cdot 0.97} = 1.35 \text{ В}$$

Розрахунок втрат напруги в кабелі від трансформатора до збірки [6]

$$\Delta U_{\Gamma.K2.1} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{120 \cdot 100 \cdot 10^3}{32 \cdot 95 \cdot 380 \cdot 0.97} = 10.709 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.2} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{32 \cdot 20 \cdot 10^3}{32 \cdot 16 \cdot 380 \cdot 0.97} = 3.39 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.3} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{78 \cdot 30 \cdot 10^3}{32 \cdot 16 \cdot 380 \cdot 0.97} = 12.39 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.4} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 20 \cdot 10^3}{32 \cdot 2.5 \cdot 380 \cdot 0.97} = 6.78 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.5} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 30 \cdot 10^3}{32 \cdot 2.5 \cdot 380 \cdot 0.97} = 0.23 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\Gamma.K2.6} = \frac{P_H \cdot L_{\Gamma.K1.} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{\Gamma.K1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 150 \cdot 10^3}{32 \cdot 10 \cdot 380 \cdot 0.97} = 1.35 \text{ В}$$

де: P_H - потужність всіх електроприймачів, що живиться цим кабелем [кВт];

$L_{\Gamma.K.}$ - довжина кабелю [м];

$\gamma=50$ [м/(Ом•мм²)] - питома провідність мідного кабелю ($\gamma=32$ для алюмінієвих жил);

$S_{\Gamma.K.}$ - переріз кабелю [мм²];

U_H - номінальна напруга мережі, для якої розраховуються втрати напруги [В];

η_H - ККД електроприймача (якщо не зазначено, то ККД=1).

2.5.4 Розрахунок сумарного навантаження

$$U_{H.сум} = \Delta U_{TP} + \Delta U_{\Gamma.K} + \Delta U_{сп1.1}$$

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						34
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Розрахунок для споживачів збірки [1]

$$U_{\text{н.сум}L1} = 6.956 + 6.247 + 5.45 = 18.65 \text{ В}$$

Розрахунок для споживачів збірки [2]

$$U_{\text{н.сум}L1} = 6.956 + 6.247 + 5.45 = 18.65 \text{ В}$$

Розрахунок для споживачів збірки [3]

$$U_{\text{н.сум}L1} = 6.956 + 10.70 + 3.39 = 21.04 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L2} = 6.956 + 10.70 + 12.399 = 30.04 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L3} = 6.956 + 10.70 + 6.782 = 24.43 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L4} = 6.956 + 10.70 + 1.356 = 19 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L5} = 6.956 + 10.70 + 1.87 = 1 = 19.52 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L6} = 6.956 + 10.70 + 4.154 = 19.52 \text{ В}$$

Розрахунок для споживачів збірки [4]

$$U_{\text{н.сум}L1} = 6.956 + 10.70 + 3.39 = 21.04 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L2} = 6.956 + 10.70 + 12.399 = 30.04 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L3} = 6.956 + 10.70 + 6.782 = 24.43 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L4} = 6.956 + 10.70 + 1.356 = 19 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L5} = 6.956 + 10.70 + 1.87 = 1 = 19.52 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L6} = 6.956 + 10.70 + 4.154 = 19.52 \text{ В}$$

Розрахунок для споживачів збірки [5]

$$U_{\text{н.сум}L1} = 6.956 + 10.70 + 3.39 = 21.04 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L2} = 6.956 + 10.70 + 12.399 = 30.04 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L3} = 6.956 + 10.70 + 6.782 = 24.43 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L4} = 6.956 + 10.70 + 1.356 = 19 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L5} = 6.956 + 10.70 + 1.87 = 1 = 19.52 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L6} = 6.956 + 10.70 + 4.154 = 19.52 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L7} = 6.956 + 10.70 + 4.154 = 17.23 \text{ В}$$

Розрахунок для споживачів збірки [6]

$$U_{\text{н.сум}L1} = 6.956 + 10.70 + 3.39 = 21.04 \text{ В}$$

$$U_{\text{н.сум}L2} = 6.956 + 10.70 + 12.399 = 30.04 \text{ В}$$

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						35
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$U_{н.сумL3} = 6.956 + 10.70 + 6.782 = 24.43 \text{ В}$$

$$U_{н.сумL4} = 6.956 + 10.70 + 1.356 = 19 \text{ В}$$

$$U_{н.сумL5} = 6.956 + 10.70 + 1.87 = 19.52 \text{ В}$$

$$U_{н.сумL6} = 6.956 + 10.70 + 4.154 = 19.52 \text{ В}$$

Розрахунок для шафи АВР-140

$$U_{н.сумL1} = 6.956 + 10.70 + 3.39 = 21.04 \text{ В}$$

$$U_{н.сумL2} = 6.956 + 10.70 + 12.399 = 30.04 \text{ В}$$

$$U_{н.сумL3} = 6.956 + 10.70 + 6.782 = 24.43 \text{ В}$$

2.5.5 Остаточний вибір провідників

Таблиця 2.5.1 – Обрані провідники

№ лінії	Розрахунковий робочий струм лінії I_p , А	За нагрівом		Механічна міцність, $S_{мех}$, мм ²	За втратами напруги		Остаточна обрана марка та переріз лінії
		$I_{доп}$, А	$S_{нагр}$, мм ²		Втрати напруги (Вольт)	S втр.напр, мм ²	
L ₁	58.67	80	2x16	16	29.67	16	СБ 2x16
L _{1.1}	11.96	20	3x10	10	6.78	10	АВВГ 3x10
L ₂	58.67	80	2x16	16	29.67	16	СБ 2x16
L _{2.1}	11.96	20	3x10	10	6.78	10	АВВГ 3x10
L ₃	288.24	350	5x95	35	6.247	95	АВБбШнг 5x95
L _{3.1}	102.76	125	3x16	16	12.39	16	АВВГ 3x16
L _{3.2}	16.4	20	3x10	10	6.78	10	АВВГ 3x10
L _{3.3}	82.9	100	2x16	16	16.95	16	СБ 2x16
L _{3.4}	16.6	20	3x10	10	6.78	10	АВВГ 3x10
L _{3.5}	68	100	3x16	10	3.39	16	АВВГ 3x16
L ₄	111.6	150	3x70	16	5.45	70	КГЕШ 3x70
L _{4.1}	68.2	100	3x16	10	3.39	16	АВВГ 3x16
L _{4.2}	9.6	20	3x10	10	6.78	10	АВВГ 3x10
L _{4.3}	6.7	10	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L _{4.4}	4	10	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L _{4.5}	8.9	15	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L _{4.6}	29.3	50	2x16	16	16.95	16	СБ 2x16

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		36

Таблиця 2.5.1 – Обрані провідники(продовження)

№ лінії	Розрахунковий робочий струм лінії I_p , А	За нагрівом		Механічна міцність, $S_{мех}$, мм ²	За втратами напруги		Остаточна обрана марка та переріз лінії
		$I_{доп.}$, А	$S_{нагр.}$, мм ²		Втрати напруги (Вольт)	$S_{втр.напр.}$, мм ²	
L5	242.6	270	5x95	35	6.247	95	АВБбШнг 5x95
L5.1	69	80	2x16	16	29.67	16	СБ 2x16
L5.2	139.5	180	3x70	16	5.45	70	КГЕШ 3x70
L5.3	0.6	1	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L5.4	9.2	1	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L5.5	4.1	10	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L5.6	2.56	5	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L5.7	2.56	5	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L6	15.7	20	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L6.1	0.75	1	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L6.2	0.25	1	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L6.4	2	5	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L6.5	9.6	15	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L7	3.54	10	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L7.1	1.4	5	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L7.2	1.4	5	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10
L7.3	0.7	2	3x10	10	1.35	10	АВВГ 3x10

2.6.1 Розрахунок струмів КЗ

Скласти розрахункову схему заміщення (додаток А) на основі схеми підприємства. На схемі піозначити характерні точки, для яких буде розраховано струми КЗ.

2.6.2 Розрахунок струмів КЗ в мережах напруги до 1000 В

При розрахунку струмів КЗ визначаються величини:

I'' - діюче значення початкового зверхперехідного струму для вибору уставки для вибору уставок спрацювання швидкодіючого захисту;

I_{∞} - усталений струм КЗ для перевірки на термічну стійкість електричних апаратів та кабелів;

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						37
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

i_y - миттєве значення ударного струму КЗ для перевірки електричних апаратів на у динамічну стійкість;

I_y - найбільше діюче значення повного струму КЗ для перевірки електричних апаратів на У динамічну стійкість на протязі першого періоду КЗ;

I_i - діюче значення повного струму КЗ для довільного моменту часу для вибору t вимикачів за відмикаючим струмом;

St - потужність КЗ для довільного моменту часу для перевірки вимикача за відключаючою ним потужністю.

Особливістю розрахунку струмів КЗ. в мережах напругою до 1000 В є необхідність врахування опору всіх елементів схеми (трансформаторів струму, шин, котушок розчеплювачів автоматів, контактних з'єднань апаратів та ін.), врахування активної і реактивної складової опору. Струми КЗ. розраховують в іменованих одиницях.

Величина активного опору лінії визначається за довідниковими даними або в залежності від перерізу ($R = r_0 \cdot L = \frac{1000}{\gamma \cdot S} \cdot L$). Величина реактивного опору лінії визначається за питомим опором ($X = x_0 \cdot L$). Питомий індуктивний опір лінії (може бути прийнято за додатками 73, 76 або для повітряних ЛЕП напругою до 1 кВ - 0,32; до 10 кВ - 0,35; 35 кВ і вище - 0,4; для кабельних ЛЕП напругою до 1 кВ - 0,07; до 10 кВ - 0,08, Ом/км)

Трифазний струм КЗ:

$$I_K^{(3)} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(\sum r)^2 + (\sum x)^2}}$$

де: U_{cp} - середня номінальна напруга ступіні КЗ (690,400, 230,133 В)

$\sum r$, $\sum x$ - сума активних і реактивних опорів до точки КЗ, включаючи трансформатор та опір зовнішньої системи, мОм.

Опір зовнішньої системи приведений до напруги споживачів 0,4 кВт:

$$X_{zc} = \frac{U_{c.n.}^2}{S_K^{(3)}} = \frac{400^2}{40 \cdot 10^6} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$$

Опір трансформатора ТМ40\0.66

$$R_T = \Delta P_K / (3 \cdot I_{H.T.}^2)$$

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						38
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

$$Z_T = U_K \cdot U_{C.H.} / 100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{H.T.}$$

де: ΔP_K - втрати короткого замикання трансформатора, Вт;

$I_{H.T.}$ - номінальний струм вторинної обмотки трансформатора. А;

U_K - напруга короткого замикання трансформатора, %.

$$I_{H.T} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 57.35 \text{ А};$$

$$Z_{Tp} = \frac{U_k \cdot U_{CH}}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{H.T}} = \frac{4,5 \cdot 400}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 57,35} = 0,18 \text{ Ом};$$

$$R_{Tp} = \frac{\Delta P_k}{3 \cdot I_{H.T}^2} = \frac{590}{3 \cdot 57,35^2} = 0,06 \text{ Ом};$$

$$X_{Tp} = \sqrt{Z_{Tp}^2 - R_{Tp}^2} = \sqrt{0,18^2 - 0,06^2} = 0,169 \text{ Ом};$$

Таблиця 2.6.1 – Опори елементів мережі в іменованих одиницях

Елементи мережі	R, Ом	X, Ом
Лінія №1	0.016	0.001
Лінія №2	0.017	0.001
Лінія №3	0.089	0.006
Лінія №4	0.391	0.027
Лінія №5	0.094	0.007
Лінія №6	0.234	0.016
Лінія №7	0.033	0.002

За розрахунковою схемою складають схему заміщення, де всі її елементи заміняють опорами. Далі, у разі необхідності, спрощують схему шляхом заміни послідовних, паралельних та інших з'єднань опорів еквівалентними:

Розрахуємо сумарний опір до кожної точки КЗ:

Таблиця 2.6.2 – Сумарні опори точок КЗ

Точка	ΣR_K	ΣX_K	Z_K
K1	0.076	0.025	0.08
K2	0.077	0.025	0.081

Таблиця 2.6.2 – Сумарні опори точок КЗ(продовження)

К3	0.149	0.03	0.152
К4	0.451	0.051	0.454
К5	0.154	0.031	0.157
К6	0.294	0.04	0.297
К7	0.093	0.026	0.097

Приклад розрахунку струмів КЗ для точки

а) діюче значення струму трифазного КЗ для і-ої точки ланцюга

$$I_{КЗс}^3 = \frac{U_{с.н.}}{\sqrt{3} \cdot Z_{КЗс}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,004} = 57,73 \text{ кА}$$

б) струм двофазного короткого замикання

$$I_{Крп}^2 = \frac{U_{с.н.}}{2 \cdot Z_{Крп}} = \frac{400}{2 \cdot 0,063} = 31,6 \text{ кА};$$

в) миттєве значення ударного струму КЗ через півперіоду (0.01с) після виникнення КЗ

$$i_y = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_K^3$$

де: k_y - ударний коефіцієнт;

$k_y = 1,2 \dots 1,3$ при короткому замиканні на шинах підстанції;

$k_y = 1,8$ при короткому замиканні зі сторони високої напруги

$k_y = 1$ при короткому замиканні у віддаленій точці;

$\sum I_n$ - сума номінальних струмів асинхронних двигунів потужністю понад 100 кВ·А.

$$i_{yКЗс} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{КЗс}^3 = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 57,7 = 127,27 \text{ кА};$$

$$i_{yрп} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{Крп}^3 = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,6 = 58,13 \text{ кА};$$

$$i_{yК1} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{К1}^3 = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,8 = 4,05 \text{ кА};$$

Решту струмів розраховуємо аналогічно.

г) діюче значення повного струму КЗ

$$I_{yКЗс} = I_{КЗс}^3 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_y - 1)^2} = 57,7 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 75,49 \text{ кА};$$

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						40
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$I_{ypp} = I_{Kpp}^3 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_y - 1)^2} = 3,6 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,2 - 1)^2} = 3,28 \text{ кА};$$

$$I_{yK1} = I_{K1}^3 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_y - 1)^2} = 2,8 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1 - 1)^2} = 2,86 \text{ кА};$$

Аналогічно розраховуємо решту струмів короткого замикання та заносимо значення до (табл. 2.6.3.)

Таблиця 2.6.3 – Розрахунок струмів КЗ у іменованих одиницях

Точка КЗ	$U_{CH},$ В	R, Ом	X, Ом	Z, Ом	$I_K^{(3)},$ кА	$I_K^{(2)},$ кА	$i_y,$ кА	$I_y,$ кА
K1	400	0.076	0.025	0.08	2.8	2.5	4	2.8
K2	400	0.077	0.025	0.081	2.8	2.4	4	2.8
K3	400	0.149	0.03	0.152	1.5	1.3	2.1	1.5
K4	400	0.451	0.051	0.454	0.5	0.4	0.7	0.5
K5	400	0.154	0.031	0.157	1.4	1.2	2	1.4
K6	400	0.294	0.04	0.297	0.7	0.6	1	0.7
K7	400	0.093	0.026	0.097	2.3	2	3.3	2.3

2.7 Вибір електричних апаратів захисту

Вибір апаратів захисту залежить від:

1) Номінальної напруги апаратів, має бути більшим або рівним напрузі мережі $U_{ном.ап} \geq U_M$.

2) Номінальних струмів апаратів, які повинні бути рівними або більшими за розрахунковий номінальний струм: $I_{ном.ап} \geq I_p$.

3) Миттєве значення струмів динамічної стійкості апаратів мають бути, рівними або більшими за миттєві значення ударних струмів КЗ в певній ділянці груп електроприймачів схеми, де встановлюються апарати за умовою: $i_{дс} > i_y$.

4) Добуток квадратів струмів термічної стійкості апаратів та його часу спрацювання мають бути рівними або більшими за добуток квадратів діючого значення встановленого струму КЗ на встановлений час виникнення короткого замикання в кабелі: $I_{T.C.}^2 \cdot t_{T.C.} \geq I_{\infty}^2 \cdot t_{np}$. Розрахунок та вибір апаратів захисту наведено в (табл. 2.7.1)

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		41

Таблиця 2.7.1 - Електричні апарати захисту кабельних мереж. Авт. вимикачі.

Точки встановлення апаратів	Тип ел.апаратури	Напруга, кВ		Струм, А		Струм вимикання, кА		Ел.динам. стійкість, кА		Термічна стійкість	
		$U_{н.ап}$	U_m	$I_{н.ап}$	I_p	$I_{вим}$	$I_{к^{(3)}}$	$i_{д.е.}$	i_y	$I_{т.е.^2 \cdot t_{т.е.}}$	$I_{\infty}^2 \cdot t_{пр}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K1	A3711Ф	0.4	0.4	80	59	10,0	0,748	25,0	1,9	$20^2 \cdot 4$	$0,748^2 \cdot 0,25$
K2	A3711Ф	0.4	0.4	80	59	10,0	0,748	25,0	1,9	$20^2 \cdot 4$	$0,748^2 \cdot 0,25$
K3	A3731Ф	0.4	0.4	400	288	20,0	0,977	50,0	2,48	$20^2 \cdot 4$	$0,977^2 \cdot 0,25$
K4	A3711Ф	0.4	0.4	160	112	20,0	0,977	50,0	2,48	$20^2 \cdot 4$	$0,977^2 \cdot 0,25$
K5	A3731Ф	0.4	0.4	400	243	20,0	4,04	50,0	10,28	$20^2 \cdot 4$	$4,04^2 \cdot 0,25$
K6	A3711Ф	0.4	0.4	80	16	10,0	1,08	25,0	2,74	$20^2 \cdot 4$	$1,08^2 \cdot 0,25$
K7	A3711Ф	0.4	0.4	80	4	10,0	4,04	25,0	10,28	$20^2 \cdot 4$	$4,04^2 \cdot 0,25$

Таблиця 2.7.2 - Електричні апарати захисту кабельних мереж. роз'єднув

Точки встановлення апаратів	Тип ел.апаратури	Напруга, кВ		Струм, А		Струм вимикання, кА		Ел.динам. стійкість, кА		Термічна стійкість	
		$U_{н.ап}$	U_m	$I_{н.ап}$	I_p	$I_{вим}$	$I_{к^{(3)}}$	$i_{д.е.}$	i_y	$I_{т.е.^2 \cdot t_{т.е.}}$	$I_{\infty}^2 \cdot t_{пр}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K6	АП50Б	0.2	0.2	6.3	4	0.1	0,748	25,0	1,9	$20^2 \cdot 4$	$0,748^2 \cdot 0,25$

Таблиця 2.7.3 - Електричні апарати захисту кабельних мереж. запобіжники

Точки встановлення апаратів	Тип ел.апаратури	Напруга, кВ		Струм, А		Струм вимикання, кА		Ел.динам. стійкість, кА		Термічна стійкість	
		$U_{н.ап}$	U_m	$I_{н.ап}$	I_p	$I_{вим}$	$I_{к^{(3)}}$	$i_{д.е.}$	i_y	$I_{т.е.^2 \cdot t_{т.е.}}$	$I_{\infty}^2 \cdot t_{пр}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K1	ПР-2	0.4	0.4	100	58.6	10,0	0,748	25,0	1,9	$20^2 \cdot 4$	$0,748^2 \cdot 0,25$
K2	ПР-2	0.4	0.4	100	58.6	10,0	0,748	25,0	1,9	$20^2 \cdot 4$	$0,748^2 \cdot 0,25$
K3	ПР-2	0.4	0.4	350	288.2_4	35,0	0,977	50,0	2,48	$20^2 \cdot 4$	$0,748^2 \cdot 0,25$
K4	ПР-2	0.4	0.4	200	111.6	20,0	0,977	40,0	2,48	$20^2 \cdot 4$	$0,748^2 \cdot 0,25$
K5	ПР-2	0.4	0.4	350	242.6	35,0	4,04	50,0	10,28	$20^2 \cdot 4$	$0,748^2 \cdot 0,25$
K6	ПР-2	0.2	0.2	60	15.7	5,0	1,08	15,0	2,74	$20^2 \cdot 4$	$0,748^2 \cdot 0,25$

Таблиця 2.7.3 - Електричні апарати захисту кабельних мереж. запобіжники
(продовження)

Точки встановлення апаратів	Тип ел.апаратури	Напруга, кВ		Струм, А		Струм вимикання, кА		Ел.динам. стійкість, кА		Термічна стійкість	
		U _{н.ап}	U _м	I _{н.ап}	I _р	I _{вим}	I _{к⁽³⁾}	i _{д.с.}	i _у	I _{т.с.} ² ·t _т	I _∞ ² ·t _{пр}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
К7	ПР-2	0.4	0.4	15	3.54	1,0	4,04	10,0	10,28	20 ² ·4	0,748 ² ·0,25

2.8 Основні енергетичні показники підприємства

Існує кілька методів визначення витрат електроенергії, у випадку обчислення річник витрат активної W_P та реактивної V_P електроенергії станції метро Деміївська за максимальним навантаженням T_M , тобто за розрахунковими значеннями P_P та Q_P групи електроспоживачів та річній кількості годин використання максимуму навантаження, будуть знайдені за формулами:

$$W_P = P_P \cdot T_M = 341.12 \cdot 6205 = 2116649.6 \text{ кВт}$$

$$V_P = Q_P \cdot T_M = 419.2 \cdot 6205 = 2601136 \text{ ВАР}$$

де: P_P - активна складова;

Q_P - реактивна складова;

T_M - півгодинне максимальне навантаження.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		43

Висновок

Умови роботи станції метро «Деміївська» зумовлюють підвищену потребу в надійному електропостачанні. При проектуванні електромереж категорія електроприймачів відіграє вирішальну роль у визначенні відповідного плану дій. Створення оптимальної електромережі при розрахованих основних енергетичних показників являє собою досить складну задачу; при її рішенні в проектній практиці зазвичай використовують кілька варіантів і на основі техніко-економічного порівняння вибирається такий, при якому з найменшими приведеними витратами активної потужності 2116649.6 кВт та реактивної потужності 2601136 кВАр забезпечується необхідна надійність електропостачання, необхідне якість енергії в приймачів, зручність і безпека обслуговування і можливість подальшого розвитку мережі з метою підключення нових споживачів та забезпечення можливості модернізації.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						44
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз літературних джерел, для виявлення проблематики

Ескалатори є невідомою частиною метрополітенів у всьому світі, надаючи пасажиром зручний та швидкий спосіб переміщення між платформами та вестибюлем. Ці технічні чудеса розроблені з метою полегшити мобільність та забезпечити комфорт у густонаселених областях, де пересування пішком є непрактичним. У цій статті ми розглянемо важливість ескалаторів у метрополітені та їх вплив на життя пасажирів.

Ескалатори - це механічні пристрої, які використовуються для пересування пасажирів вгору або вниз по схилу. Вони складаються з трьох основних компонентів: ступенів, рейок та механізму приводу. Сучасні ескалатори виготовляються з високоякісних матеріалів, таких як сталеві сплави та алюміній, що забезпечує їх тривалу роботу та міцність.

У метрополітені ескалатори виконують кілька важливих функцій. Перш за все, вони сприяють покращенню мобільності пасажирів, зокрема для людей з обмеженими можливостями або з важкими вантажами. Ескалатори дозволяють зручно та безпечно підніматися та спускатися, замість сходів, що може бути важкою задачею для деяких людей. Крім того, вони знижують ризик травмування та втоми, особливо в умовах довгих переходів між платформами.

Друга важлива функція ескалаторів - це покращення пропускної здатності метро. У густонаселених містах, де кількість пасажирів щодня перевищує мільйони, швидке переміщення є критично важливим для забезпечення ефективності системи масового транспорту. Ескалатори допомагають зменшити затори та надмірне навантаження на сходи, дозволяючи більшому числу пасажирів одночасно пересуватися між різними рівнями метро.

Однак, разом з усіма перевагами, ескалатори також потребують постійного технічного обслуговування та безпекових заходів. Часті поломки можуть викликати незручності для пасажирів та призводити до затримок у русі метро. Тому забезпечення правильної експлуатації та регулярного обслуговування є ключовими факторами для забезпечення безперебійної роботи системи ескалаторів.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						45
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Застосування новітніх технологій у розробці та управлінні ескалаторами також може покращити їх продуктивність та безпеку. Наприклад, використання сенсорів та систем штучного інтелекту може допомогти виявляти можливі поломки або неполадки на ранніх етапах, що сприятиме швидкому реагуванню технічних служб та запобігатиме можливим аваріям.

У підсумку, ескалатори у метрополітені є важливими технічними рішеннями, які полегшують переміщення пасажирів та забезпечують швидке та зручне пересування між платформами та вестибюлем. Вони покращують мобільність, знижують ризик травмування та забезпечують ефективність системи масового транспорту. Постійна технічна підтримка та використання новітніх технологій дозволяють забезпечити безперебійну роботу ескалаторів та задовольнити потреби пасажирів.

Історичні звіти вказують на те, що історія створення та еволюції ескалаторів, ймовірно, обмежена кількома конкретними датами.

- Перший етап стався в 1892 році, коли вчені США отримали патент на ескалатор.
- Другий етап почався в 1900 році, коли в Парижі був побудований перший ескалатор.
- Третій етап, який припав на 1921 рік, характеризувався появою традиційного ескалатора.

Перший патент на створення "безперервні сходи" (revolving stair) був виданий у 1859 році Натану Еймсу штатом Массачусетс у 1859 році. Однак першою людиною, яка запатентувала створення ескалатора, був Джессі Вілфорд Рено.

Перший робочий ескалатор Джессі Уілфорд Ріно винайшов у 1891 році, він був запатентований 15 березня 1892 року. Він назвав своє творіння «похилим ліфтом», і новинка, яка, здавалося, мала більше конвеєр, ніж ескалатор, була розміщена на старому залізничному пірсі на Коні-Айленді, Нью-Йорк. Крім того, перша ескалаторна машина був запатентована 9 березня 1859 року, але вона так і залишилась лише патентом. Творіння Рено було невеликим, всього 7 футів (близько 2 метрів) в довжину і розташоване на площині під кутом 25 градусів. Замість сходинок він мав гладку рухоми стрічку, яка використовувала для

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						46
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

пересування чавунні шпунти. Зазначається, що за два тижні роботи ескалатора на нього піднялося понад 75 тисяч осіб. Відтоді ескалатор був вдосконалений та розширений новими функціями.

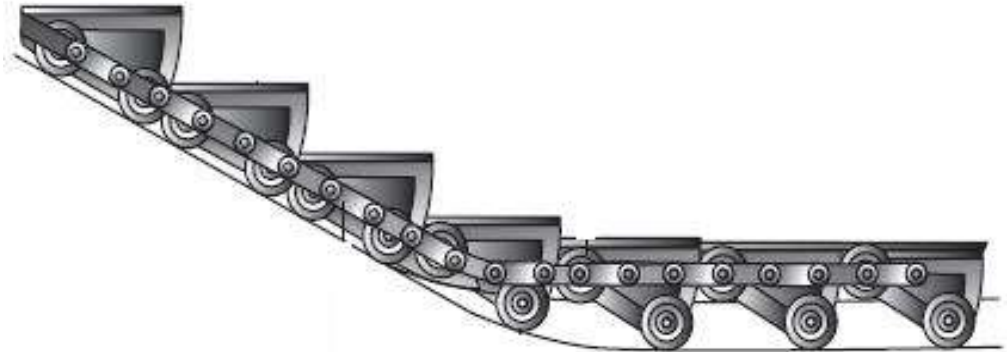


Рисунок 3.1.1. Полотно ескалатора

Незабаром після цього корпорація «Otis» придбала патент у Рено і почала виробництво та впровадження ескалаторів.

У Парижі під час Всесвітньої виставки в 1900 році був виставлений механічний апарат, створений компанією Otis, що спеціалізується на ліфтах, ім'я пристрою було дано творцем Чарльзом Д. Сібергером, цьому апарату було додано унікальна і красива назва - ескалатор (від лат. scala - сходи, і elevator - піднімає). Він мав горизонтальні сходи, які виходили з-під майданчика для входу, ці сходи йшли під огорожу з іншого боку. Перший ескалатор корпорації «Otis» був побудований в штаті Філадельфія, в універсальному магазині «Gimbel» на 8-й вулиці в Філадельфії, і діяв до 1938 року.

До Першої світової війни новинка вже широко використовувалася у великих американських, французьких і англійських універмагах. У 1911 році в лондонському метро на лінії Пікаділлі були встановлені перші моделі ескалаторів. Два десятиліття після цього, у 1921 році, «Otis» створив ескалатор, який поєднав у собі переваги моделей Reno та Wheeler-Seeberger. Розташовані на ньому горизонтальні сходи мали поздовжні підвищення. Щоб зробити сходи зручнішими, вони сконструювали поручні, які рухаються паралельно сходам і мають однакову швидкість. З тих пір основні принципи конструкції ескалатора не був змінений.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						47
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Підйомно-транспортні машини поділяються на машини, які працюють на циклічній або безперервній основі. До перших відносяться шахтні та інші підйомники, а також вантажо-пасажирські, лікарняні, пасажирські, та спеціальні ліфти. Крім того, вони включають канатні дороги, фунікулери і канатні дороги. Машини, які працюють без зупинки, відомі як багатокабінні ліфти, ескалатори, конвеєри, що рухаються по тротуару і спортивні канатні дороги.

Ескалатор - це сходи, що безперервно рухаються, мають балюстраду з кожного боку та поручні, розташовані з обох сторін. Пасажири використовують ескалатор, щоб пересуватися по ньому, стоячи на сходах або пересуванням по ним, при бажанні вони будуть триматися за поручень, який рухається зі швидкістю сходів. Рух ходового полотна ескалатора обмежений одним напрямком: вгору або вниз. Для зручності руху в обох напрямках одночасно повинні бути присутніми як мінімум два ескалатора, один з яких буде підніматися, інший - опускатися. Напрямок руху кожного ескалатора можна змінювати, при необхідності всі ескалатори можуть перевозити пасажирів в одному напрямку.

Ескалатори мають багато переваг перед іншими пристроями того ж типу. Основною перевагою ескалаторів є їх висока продуктивність (10 000-14 000 людей на годину) при середній ширині 1 метр. За продуктивністю з ескалаторами можна порівняти лише пасажирські стрічкові конвеєри. Конвеєри призначені для руху горизонтально або під невеликим нахилом (до 12°), або ескалатори - для підйому під кутом нахилу 30-35 °.

Швидкість пасажирів, які заходять на ескалатор, і швидкість ескалатора безпосередньо впливає на функціональність ескалатора. Однією з переваг ескалатора є те, що пасажиру не потрібно чекати посадки або початку руху. Пасажир може пересуватися по ескалатору, що збільшить швидкість перевезення та скоротить час перебування на ескалаторі. Однією з істотних переваг ескалатора є можливість використовувати його як прості сходи при аварійній ситуації.

Ескалатори діляться на дві категорії - тунельні і поверхові:

Тунельні ескалатори встановлюють у довгих похилих тунелях - виходах із підземних станцій метро. Велика довжина цього ескалатора висуває особливі вимоги до міцності його конструкції та надійності гальма. Для утримання такого

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						48
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

ескалатора між стрічками потрібні досить широкі перила. У будівлях використовуються поверхові ескалатори. Оскільки такі ескалатори зазвичай вільні у використанні, вони не потребують широких перил.

За кутом нахилу розрізняють ескалатори тунельного і поверхового типу. Тому висота підйому повинна досягати 6 метрів, кут нахилу ескалатора 30° або 35°, а висота підйому понад 6 метрів - лише 30°.

Зовні траволатор виглядає як некваплива їдуча доріжка. Його також можна знайти в торгових і виставкових центрах, аеропортах і на вокзалах. Основними відмінностями траволатора як його перевагами є:

- Вміти пересувати візки, коляски з дітьми та інвалідні коляски;
- Візки можна закріпити, щоб вони не могли скочуватися з траволатора;
- Може працювати з довгими предметами.

Траволатори діляться на похилі і горизонтальні. Останній являє собою рівну доріжку з рухомим полотном. Пандус встановлюється під невеликим кутом до поверхні. Вони легко піднімають людей і вантажі на висоту 8-10 метрів. Кут нахилу траволатора менше тридцяти градусів.

Так його довжина стає довшою. Але ця функція важлива лише в екстрених ситуаціях.

У 2004 році на станції «Сирець» встановлено перший український ескалатор типу ЕТК-245 виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод». Зараз аналогічні машини (серії 215) успішно працюють на нових випусках станцій «Лісова» та «Дарниця». Поручні ескалатора виготовлені з нержавіючої сталі, ширина сходинки 1 м, швидкість руху 0,75 м/с. Конструкція ескалатора ЕТК-215 заснована на багаторічному досвіді будівництва тунельних ескалаторів, аналогічного продукту в зарубіжній практиці немає і є подальшим розвитком рішень транспортного машинобудування безперервної дії. Таким чином ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» виробляє й до сьогодні не тільки тунельні ескалатори типів: ЕТК-330, ЕТК – 215, ЕТК – 265, які використовуються в метрополітені, але й поверхові.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						49
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



Рисунок 3.1.2. Ескалатор ЕТК 215

Сьогодні такі компанії як «OTIS», «Schindler» і «KONE» виробляють кращі поверхові ескалатори для використання в торгових центрах, музеях і т.д. Наприклад, ескалатор фірми «OTIS» типу ХО - 508. Широко використовується завдяки розвитку сучасної архітектури та композиції. Ескалатор Otis ХО-508 має енергозберігаючу модульну конструкцію, надійні пристрої безпеки та бездоганний дизайн. Висота підйому ескалатора може досягати 8 м, що підходить для будівель різного призначення.

Показчик напрямку руху з чіткими показаннями на зовнішньому цоколі дозволяє організувати правильний пасажиропотік. Приводи ескалаторів з частотними перетворювачами дозволяють ескалаторам рухатися з різною швидкістю в залежності від трафіку. Привід ескалатора використовує регулювання швидкості перетворення частоти в поєднанні з функцією періодичної роботи. Коли пасажир ступає на сходинки, ескалатор поступово розганяється до номінальної швидкості. Такий варіант економить електроенергію і значно скорочує експлуатаційні витрати.

Група компаній Schindler є одним з найбільших виробників ескалаторів, ліфтів і травалаторів. Заснований у Швейцарії в 1874 році Робертом Шиндлером і

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						50
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Цей ескалатор також має вбудовану систему безпеки: контролер ескалатора MICONIC F (рисунок 3.1.5) двічі перевіряє кожен пристрій безпеки в режимі реального часу. Швидкість і напрямок руху регулюються валом двигуна, перегородками ступенів і поручнями. Резервне попереджувальне безвідмовне керування забезпечується моніторингом трьох незалежних компонентів. Унікальна гальмівна система Schindler мінімізує ризик падіння пасажирів під час аварійної зупинки завдяки гальмівному моменту, адаптованому до напрямку руху полотна.

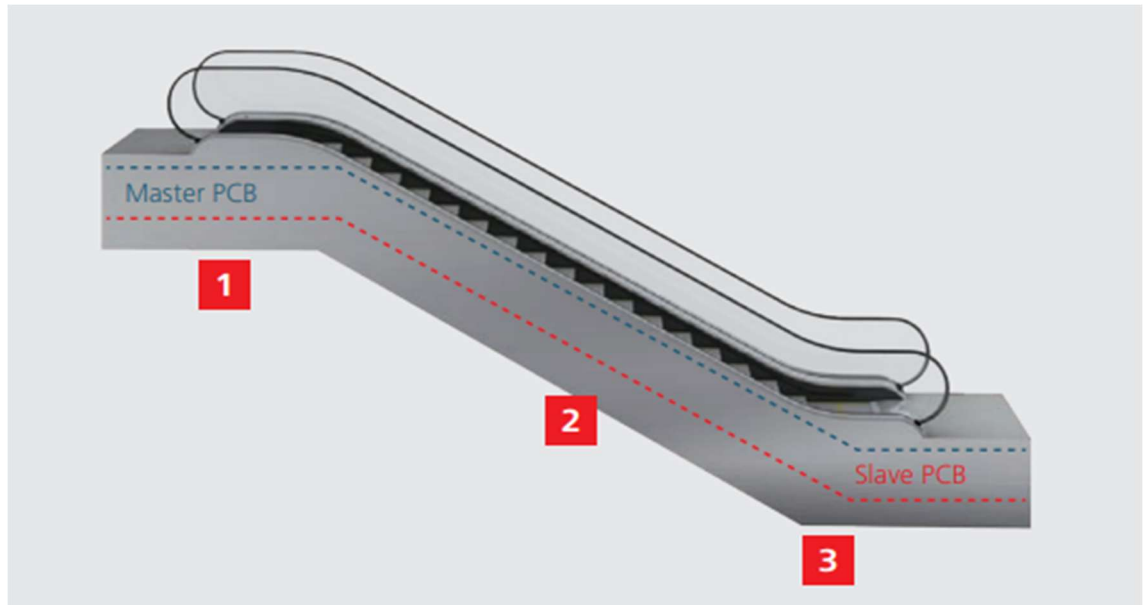


Рисунок 3.1.5. Схематичне зображення системи безпеки MICONIC F

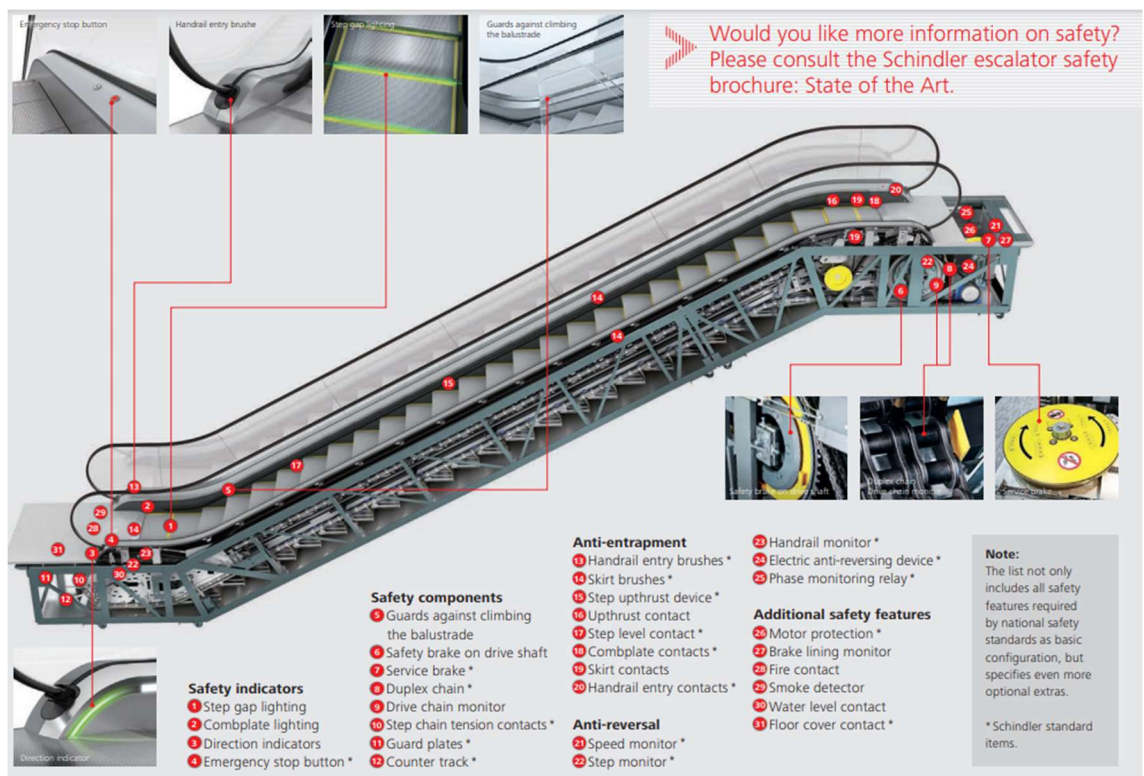


Рисунок 3.1.6. Компоненти та переваги ескалатора «Schindler 9300»

						Арк
						52
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата	ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	

Траволатори теж дуже популярні в сучасному світі.

Траволатор - транспортно-підйомний засіб, призначений для переміщення з одного рівня на інший при малому куті нахилу або здійснює горизонтальне переміщення людей. Траволатор замість ступенів має похиле рухоме суцільне полотно.

Ширина стрічки доступна в різних розмірах від 600 до 1000 мм. Швидкість інструменту 0,45 - 0,75 метра в секунду. Він може перевозити близько 9000 пасажирів на годину.

Вони підходять для вокзалів і аеропортів, де потрібно пересувати багаж.

Наприклад, китайська компанія «SJEC», яка складається з трьох екологічних фабрик, займає площу понад 100 000 квадратних метрів. м. Для випробувань нових розробок є спеціальний науково-дослідний центр висотою 140 м. Виробництво підйомного обладнання здійснюється на сучасному роботизованому обладнанні з використанням найсучасніших технологій. Продукція продається більш ніж у 80 країнах світу, і попит є досить високим.

У підсумку, ескалатори у метрополітені відіграють незамінну роль у забезпеченні зручного та швидкого переміщення пасажирів між різними рівнями метро. Вони полегшують мобільність, знижують ризик травмування та сприяють ефективності системи масового транспорту. Забезпечення постійного технічного обслуговування та використання новітніх технологій є важливими факторами для забезпечення надійності та безперебійної роботи ескалаторів у метрополітені.

Враховуючи все написане вище ескалатори стали невід'ємною частиною сучасної інфраструктури, надаючи зручний спосіб вертикального та горизонтального транспортування у місцях великого потоку людей, таких як торгові центри, метрополітен, аеропорти та залізничні вокзали. Хоча їх функціональність широко визнана, ескалатори також створюють унікальні виклики щодо експлуатації, обслуговування та безпеки. Далі хочу розглянути загальні принципи роботи ескалаторів, а також проблеми, які вони можуть створювати, і способи їх вирішення.

Принцип роботи.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						53
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Ескалатори працюють на основі двох головних компонентів: електродвигуна та рухомих сходів. Електродвигун використовується для приведення в рух інших частин механізму. Рухомі сходи складаються з неперервних ступенів, які рухаються вгору або вниз, надаючи пасажирам можливість безперешкодно переміщуватися.

Основні проблеми та способи їх вирішення:

1. Зношеність і обслуговування: Ескалатори піддаються значному зношуванню через постійне використання та вплив зовнішніх факторів, таких як пил, волога та забруднення. Регулярне обслуговування, включаючи мастильні роботи, регулювання та перевірку на відповідність безпековим стандартам, є важливим для запобігання поломкам та забезпечення безпеки пасажирів.
2. Безпека пасажирів: Ескалатори можуть створювати ризик травм для пасажирів, особливо маленьких дітей або людей з обмеженою рухливістю. Проблеми безпеки можуть включати смикання одягу або взуття, травми пальців, або навіть падіння на рухомих сходах. Для запобігання таким ситуаціям, ескалатори повинні бути обладнані безпечними системами, такими як захисні бар'єри, нижні датчики на виході, які зупиняють рух сходів при виявленні перешкод, та регулярними перевітками стану безпеки.
3. Енергоефективність: Ескалатори вимагають значних енергетичних зусиль для своєї роботи. Застосування енергоефективних компонентів, таких як системи енергозбереження, режими переривання руху при неактивності та світлодіодні джерела освітлення, може допомогти знизити споживання електроенергії і покращити енергоефективність систем.

Аналіз літературних джерел з теми ескалаторів розкриває, що ці системи є невід'ємною частиною сучасної інфраструктури та надають зручний спосіб переміщення людям. Проте, варто звернути увагу на присутні проблеми та приділити увагу їх вирішенню для поліпшення якості взаємодії та підвищенню

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						54
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

надійності та енергоефективності, що є дуже актуальним у зв'язку з великим розповсюдженням ескалаторів і відповідно великими витратами енергії.

Патентний пошук

Сутність винаходу [7] полягає у тому, що, маховик установлений на підшипниках з опорою на циліндричний хвостовик, який жорстко з'єднаний з корпусом редуктора. Маховик розємно сполучений з напівмуфтою, що з'єднана з валом редуктора за допомогою шліцьового або шпонкового з'єднання. Це дозволяє розвантажити підшипники вхідного вала редуктора від навантажень, викликаних наявністю маховика. Сутність винаходу пояснюється кресленнями: на Фіг. зображений перетин вхідного вала редуктора. Привод ескалатора рис. 1.5 складається з головного електродвигуна 1, вал 2 якого за допомогою пружної муфти 3, обладнаної маховиком 4, з'єднаний із вхідним валом 5 редуктора 6, що встановлений у корпусі 7 на підшипниках 8 й 9. Маховик 4 установлений на підшипниках 10 й 11, які опираються на циліндричний хвостовик 12, жорстко пов'язаний з корпусом 7 редуктора 6 і рознімно з'єднаний з напів муфтою 13 пружної муфти 3, що кріпиться на вхідному валу 5 редуктора рознімним з'єднанням (шліцьовим або шпонковим). З напів муфтою 13 маховик 4 з'єднаний за допомогою кріпильних деталей 14. При роботі привода навантаження, викликані вагою маховика 4, а також його дисбалансом, сприймаються підшипниками 10 й 11, заміну яких можна робити без розбирання редуктора Підшипники 8 й 9 сприймають навантаження, що виникають у зачепленні, а від навантажень, викликаних наявністю маховика 4 вони розвантажені, що значно збільшує строк їхньої експлуатації. Технічний результат полягає в збільшенні строку експлуатації підшипників редуктора. Конструкція привода ескалатора, заявляється пройшла випробування та експлуатується на ескалаторах Київського метрополітену.

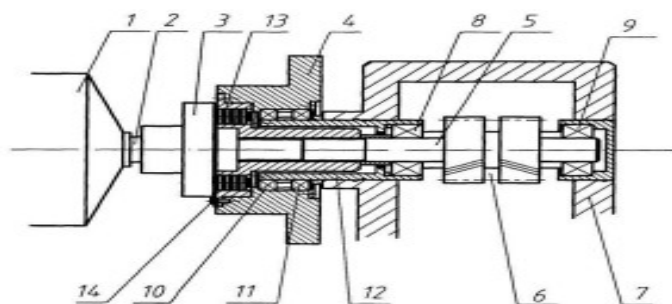


Рисунок 3.1.7. Привод електродвигуна

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		55

Сутність винаходу [8] полягає в тому, що одна з опор редуктора приводу ескалатора виконана шарнірною, установлена спів-вісно із вхідним валом редуктора, а інша має опорну площадку, що прибирається. Редуктор приводу ескалатора має раму, що утворює простір, достатній для повороту редуктора навколо осі шарнірної опори на певний кут, а опорна площадка, що прибирається, може бути встановлена як на редукторі, так і на рамі редуктора. Така конструкція дозволяє після розбирання зубчастої муфти й прибирання опорної частини другої опори повернути редуктор щодо осі першої опори на кут що дозволяє звільнити доступ до торця головного вала для запалювання, при цьому редуктор перебуває в такому положенні, що дозволяє демонтувати його кришку цілком.

Сутність винаходу ілюструється наступними кресленнями: на рис. 3.7.8 (а) зображений вид збоку на редуктор приводу ескалатора в робочому положенні;

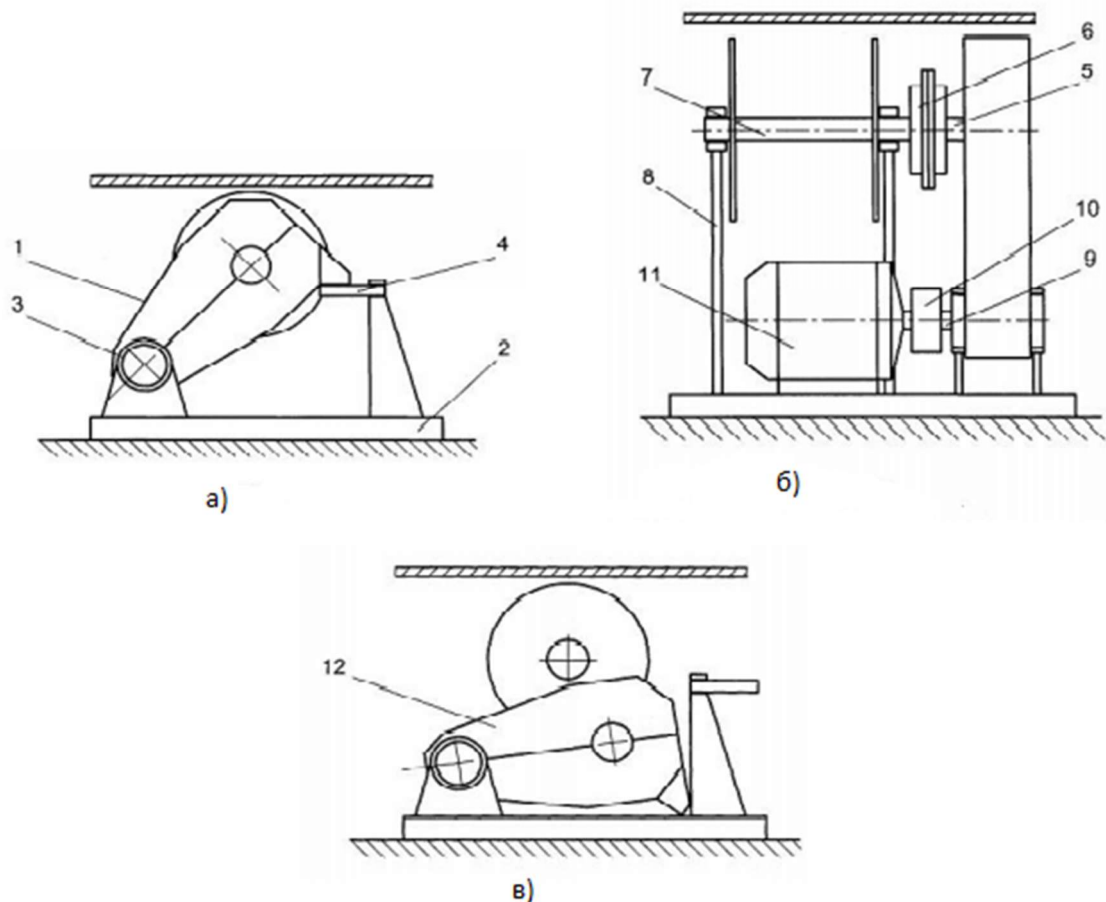


Рисунок 3.1.8. Привод електродвигуна
на рис. 3.7.8 (б) - вид позаду на привід ескалатора; на рис. 3.7.8 (в) - редуктор приводу ескалатора в опущеному положенні. Редуктор приводу ескалатора 1 установлений у машинному приміщенні має раму 2, установлену на фундаменті,

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		56

одна з його опор 3 виконана шарнірною, встановлена спів-вісно із вхідним валом редуктора, а інша має опорну площадку, що прибирається, 4 (знімну поворотну). Рама 2 редуктора привода ескалатора 1 утворює простір, достатній для його повороту навколо осі шарнірної опори 3 на певний кут. Вихідний вал редуктора 5 з'єднаний рознімною зубчастою муфтою 6 з головним валом ескалатора 7, що встановлений на опорах 8, закріплених на рамі 2. Вхідний вал редуктора 9 з'єднаний пружною муфтою 10 з валом двигуна 11, встановленого на рамі. Для демонтажу головного вала 7 і розбирання редуктора привода ескалатора 1 проводять розбирання зубчастої муфти 6, потім прибирають опору 4, що може встановлюватися на рамі редуктора, після чого повертають редуктор привода ескалатора 1 навколо осі шарнірної опори 3 на певний кут, звільняючи доступ до торця головного вала 7 і кришки редуктора 12. Це дозволяє зняти кришку редуктора 12, виконану цільною (не рознімною) а також виконати демонтаж головного вала 7. Монтаж провадиться у зворотному порядку. Технічний результат, що досягається винаходом, полягає в спрощенні конструкції редуктора привода ескалатора й полегшенні проведення ремонтних і монтажних робіт [8]. Конструкція, що заявляється, пройшла випробування й планується для установки на ескалатори метрополітену м. Києві.

Сутність винаходу [9] полягає в тому, що поручень ескалатора, який має С-подібний переріз з закругленими бортами та містить закріплений вздовж нижньої його сторони тяговий елемент з можливістю взаємодії поручня з його привідним механізмом, який відрізняється тим що він має поперечно встановлені усередині його по всій його довжині опорні вкладиші, контур зовнішньої поверхні яких виконаний відповідно до внутрішнього контуру поперечного перерізу поручня, на внутрішніх сторонах закруглених бортів поперечного перерізу сформовані виступи, фіксуючі опорні вкладиші у відповідному внутрішньому контуру поручня положенні. Тяговий елемент виконаний у вигляді металевої стрічки з утвореними по її довжині двома рядами прямокутних пазів, число і крок яких у кожному ряду дорівнюють числу і кроку опорних вкладишів, причому опорні вкладиші закріплені на держаках, одержаних із відігнутих при виконанні пазів частин металевої стрічки

2 Привідний механізм поручня ескалатора, який включає привідні зірочки,

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						57
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

встановлені на валах з можливістю перетворювання обертального руху на поступовий рух закріпленого вздовж нижньої сторони поручня його тягового елемента, який відрізняється тим, що привідні зірочки виконані цівковими та встановлені зведено на одному валу в безпосередньому контакті з пазами металевої стрічки тягового елемента поручня Корисна модель відноситься до під'ємнотранспортного машинобудівництва, зокрема до ескалаторів Поручневе обладнання, включаючи поручні та їх привідні механізми, з'являється дуже важливим вузлом ескалатора Є кілька типів поручнів та їх привідних механізмів, причому в більшій частині випадків конструкція поручня не являється функцією конструкції його привідного механізму, і навпаки Звичайно поручень виготовляється з міцної та щільної тканини посилені різними видами армваних канатів, сталевих дротів та ін Привідні механізми таких поручнів виконані у вигляді маючих зусилля обертання від привода ескалатора привідних блоків, привідних роликів, між якими захоплюється поручень, пари ЛІНІЙНИХ ременів, розташованих з-протилежних сторін поручня (див патент США № 5117960, публікація 02 06 92 , МПК В66В 23/04) і т п Всі вони мають той недолік, що переміщення поручня здійснюється силами тертя, для створення яких до поручня прикладаються значні зусилля для потрібної міри протягнення його разом з привідними блоками чи між привідними механізмами.

При цьому виникає значний опір на трасі руху поручня по направляючим, що веде до розбіжності швидкості руху поручня та швидкості руху ступінчастого полотна ескалатора Це може викликати падіння пасажирів на ступінчастому полотні Є поручень та його привідний механізм по патенту США № 3749224, публікація 31 07 73 , МПК В66В 9/12 (патентна класифікація США 198-16), прийняті нами як прототип та найбільш близький аналог Нескінченний гнучкий поручень звичайного типу (тобто маючий С-подібне січення з відігнутими по краям бортами та виконаний із еластичного матеріалу) утримує на своїй нижній (внутрішній) стороні тяговий елемент у вигляді зубчастої поверхні, що взаємодіє у процесі роботи ескалатора з привідним ланцюгом, який перетворює обертальний момент 1781.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						58
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Сутність винаходу [10] полягає в тому, що новий технічний результат полягає в забезпеченні високої точності передачі та значного зниження сил тертя в зчепленні. Позитивний ефект проявляється в зведенні до мінімуму повздовжньої та поперечної динаміки тягового органу при його взаємодії з приводною та натяжною цівочними зірочками, відсутності витягнення ланцюга через зноси в шарнірах, зменшуванні пружного подовження ланцюга під навантаженням із-за скорочування кількості деформованих деталей ланцюга, зниженні ваги ланцюга із-за значного зменшення перекриття пластин зовнішніх та внутрішніх ланок, підвищенні ККД ескалатора завдяки зниженню втрат на тертя. Новий технічний результат досягається тому, що крок ланок втулочно-роликових ланцюгів вибраний рівним кроку сходин ступінчастого полотна, а крок роликових шарнірів кожної ланки тягових ланцюгів вибраний рівним кроку зубців приводних цівочних зірочок. На верхній та нижній горизонтальних секціях ескалатора встановлене натяжне обладнання, виконане у вигляді цівочних зірочок, що знаходяться водночас в зчепленні з робочими та холостими вітками тягових ланцюгів і підпружинених у протилежнім приводним зірочкам напрямку. Кінцеві відхиляючі елементи виконані у вигляді дугоподібних башмаків, кожний із яких підпружинений у протилежному, відносно відповідної йому натяжної зірочки, напрямку. Заявлена конструкція ескалатора пояснюється кресленням, де на рис. 1.8 (а) схематично зображено загальний вид ескалатора у повздовжній площі, на рис. 1.8 (б) зображено фрагмент ступінчастого полотна з тяговими ланцюгами, вид у плані. Ескалатор має похилу секцію 1, нижню горизонтальну секцію 2 та верхню горизонтальну секцію 3, на яких на направляючих (не показані) розміщені сходи 4 ступінчастого полотна ескалатора. По всій трасі руху сходин 4 встановлені по обом сторонам ступінчастого полотна втулочно-роликові тягові ланцюги 5, шарнірно з'єднані із сходами 4, при чому крок ланок ланцюга 5, виконаний рівним кроку сходин 4, а крок роликових шарнірів 6, встановлених у ланцюгах 5, вибраний рівним кроку зубців приводної цівочної зірочки 7, встановленої на похилій секції 1 ескалатора. Ланцюги 5 нескінченно замкнуті навколо кінцевих відхиляючих башмаків 8, кожний із яких встановлений на горизонтальних секціях ескалатора та

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						59
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

утворюють при цьому робочу 9 та холосту 10 вітки тягового ланцюга Цевочна привідна зірочка 7 знаходиться у зчепленні з зубчастою переданою 11 привідного обладнання (не показано) ескалятора та установлена з можливістю передачі тягового зусилля на тяговий ланцюг 5 На нижній горизонтальній секції 2 встановлена на каретці 12 натяжна цевочна зірочка 13, підпружинена у напрямку, протилежному приводній зірочці 7, тобто до нижнього башмаку 8, а на верхній горизонтальній секції 3 на каретці 14 встановлена натяжна цевочна зірочка 15, підпружинена у напрямку, також протилежному приводній зірочці 7, тобто до верхнього башмаку 8, при чому, всі три цевочні зірочки привідна, нижня натяжна та верхня натяжна встановлені з можливістю взаємодії одночасно з робочою 9 та холостою 10 вітками тягового ланцюга 5 Нижній башмак 8 додатково підпружинений від каретки 12 натяжною зірочкою 13 через пружину 16 При включенні ескалятора у роботу привідне обладнання через зубчасту передачу 11 та привідну зірочку 7 приводить до нескінченно замкнутої навколо башмаків 8 тягові ланцюги 5, що, звичайно, викликає переміщення по трасі ескалятора сходин 4 ступінчастого полотна Необхідний натяг ланцюга 5 утворюється підпружиненими натяжними цівочними зірочками 13 та 15 При цьому забезпечується рівномірна динаміка тягових ланцюгів 5 при їх переміщенні та негайно знижається імовірність надмірного зносу шарнірів 6.

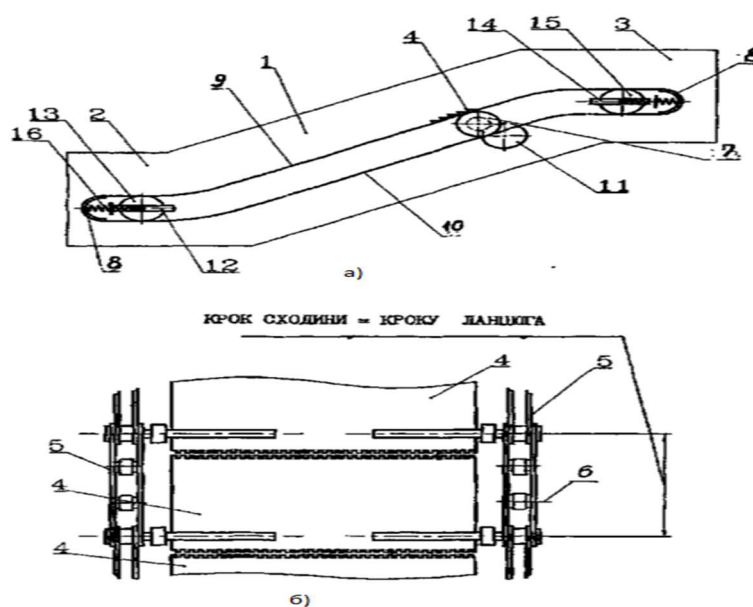


Рисунок 3.1.9. Ескалатор

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		60

3.2 Опис об'єкту модернізації

Найважливішою машиною, яка використовується для переміщення пасажирів з одного поверху на інший, є ескалатор, який має велику пропускну здатність (10 000-14 000 осіб на годину) і надійність, що забезпечує безпечне використання з достатньою зручністю та без забруднення навколишнього середовища.

З появою багаторівневих підземних і наземних комплексів, великих транспортних вузлів та інших густонаселених районів попит на ескалатори зростає ще більше. Оскільки кількість об'єктів, на яких встановлені ескалатори, зростає, важливо підготувати кваліфікований персонал для управління цими машинами та їх обслуговування.

Ескалатори різних конструкцій (більше 40 модифікацій) використовуються в метрополітені і в різних будівлях.

Ескалатори також мають різноманітне електрообладнання, вони мають близько 100 різних систем керування.

Використовуються для підйому під кутом нахилу від 12 до 35° і є різновидом конвеєра.

Ескалатори використовуються для великих пасажиропотоків висотою до 65м.

Ескалатори є споживачами електроенергії першого класу. Кожен двигун ескалатора оснащений автономним джерелом живлення 380 В з обов'язковим резервуванням.

Розглянуто ескалатор серії ЕТК-215

Висота підйому – 6.6м

Кут нахилу – 30°

Швидкість руху полотна – 0.75м/сек

Ширина полотна – 1000мм

Висота ступені – 200мм

Ціль даного дипломного проекту – модернізація системи електроприводу ескалатора. Проектування модернізованого електроприводу, розроблення

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		61

структурної схеми системи і розрахунок її компонентів, аналіз отриманих результатів.

Головною задачею дипломного проекту є модернізація системи електроприводу, що зможе якнайкраще відповідати сучасним вимогам економічності, надійності і якості.

Всі електроприводи стають регульованими завдяки пристроям які розташовують між джерелом електроенергії й електродвигуном і перетворюючим пристроєм вхідних параметрів (частота, напруга, струм, чергування фаз й ін.).

У міру розвитку елементної бази і завдяки швидкому розвитку напівпровідникових технологій інтегруються елементи, які регулюють і перетворюють електричну енергію. В даний час цей інтегрований пристрій прийнято називати перетворювачем.

Сьогодні існують різні перетворювачі, які перетворюють потужність постійного струму в потужність змінного струму зі стабільною або регульованою частотою. Перетворювачі енергії постійного струму з різними вихідними напругами. Перетворювач, який перетворює змінний струм на постійний або змінний струм іншої частоти.

Сучасні перетворювачі відрізняються високою надійністю, компактними розмірами, мінімальним негативним впливом на промислові мережі та високою енергоефективністю. Такий перетворювач простий в управлінні, легкий в обслуговуванні та експлуатації.

Ескалатор — конвеєр, призначений для переміщення пасажирів з одного поверху на інший, робочий орган якого складається зі сходів і поручнів, що рухаються по замкнутих коліях.

Всі ескалатори можна умовно розділити на дві групи:

- тунельні для встановлення на метро та інших подібних об'єктах;
- багат шарові, для монтажу в громадських і адміністративних будівлях.

Установки багатоповерхових ескалаторів і тунельних ескалаторів однакові, вони відрізняються певними особливостями конструкції та експлуатації. Тому тунельний ескалатор має значну висоту, високу швидкість руху полотна і більшу

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						62
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

вантажопідйомність. У зв'язку з цим важлива якість і габаритні розміри таких ескалаторів.

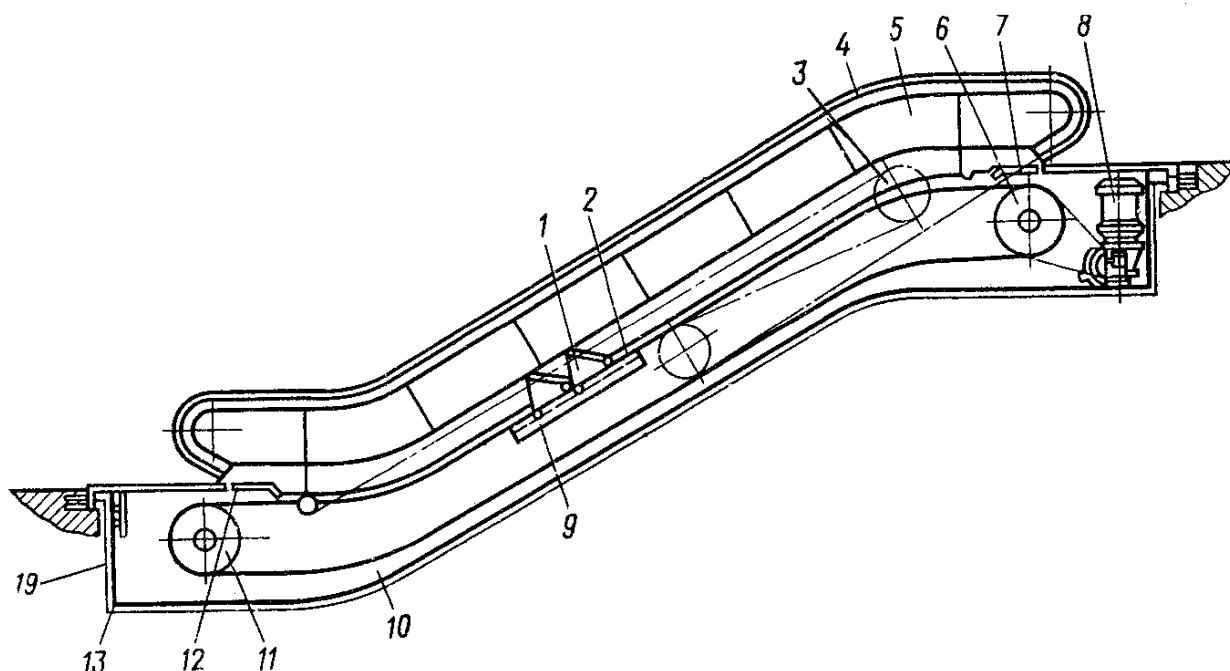


Рисунок 3.2.1. Схема тунельного ескалатора

Ескалатор (рис. 3.2.1) являє собою похилий конвеєр з рухомими сходами 1, шарнірно з'єднаними двома паралельними тяговими ланцюгами 2, які разом із сходами утворюють нескінченну мережу, замкнуту у вертикальній площині. Полотно огортає 6 ведучих і 11 натяжних зірочок. Ведуча зірочка обертається приводом 8, а натяжна зірочка натягує полотно. Сходи в пасажирській зоні відокремлені від інших частин ескалатора декоративним покриттям перил 5, а перила 5 забезпечені поручнем 4, що переміщується синхронно зі сходовим полотном.

Сходи і поручні рухаються відносно перил з мінімальним зазором для забезпечення безпеки пасажирів. Поручень приводиться в рух приводом 3, який отримує обертання від іншого механізму ескалатора. Полози (колеса) ступенів переміщуються по напрямній 9, забезпечуючи горизонтальне положення по всій робочій площі доріжки.

Перед майданчиками 7, 12 вхід і вихід сходи будуть відповідно утворювати горизонтальні ділянки. Усі механізми ескалатора змонтовані на металоконструкції

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		63

10 за допомогою додаткових проміжних опор. У тунельних ескаляторах привід 8 розташований під вхідним майданчиком або між гілками сходів.

Пункт управління розташовувався в спеціальній консолі під верхньою платформою, а пуск здійснювався з консолі, розташованої на поручнях. Ескалатори також мають ряд складових елементів, основних і додаткових, які обговорюються у відповідних розділах.

Хоча ескалатор нахилений, тобто вертикальний рух супроводжується значним горизонтальним рухом, він пов'язаний з вертикальним ліфтом, оскільки горизонтальний рух є вимушеним. У порівнянні з іншими пасажирськими ліфтами ескалатори мають наступні переваги:

- Більша пропускна здатність - до 14 000 пасажирів на годину. При цьому вантажопідйомність практично не залежить від висоти ліфта, тоді як вантажопідйомність ліфта пропорційна висоті;

- Зручність для пасажирів, оскільки підйом по ескалатору не пов'язаний з очікуванням, пасажир вільно сідає на рухоме полотно і має можливість пересуватися по ньому;

- У разі поломки або відсутності електроенергії ескалатор можна використовувати як звичайні сходи, чого не зможе зробити жоден інший ліфт.

До недоліків можна віднести:

- Вища вартість ескалаторів у зв'язку з їх похилим положенням, більша вартість будівництва захисної оболонки (тунелю);

- Підйом на велику висоту займає більше часу, ніж використання швидкісних ліфтів;

- Підйом пасажирів більш енергоємний через втрати для горизонтального руху.

Опис тунельного ескалатора ЕТК-215 (з висотою підйому 3-15м)

Преваги ескалатора ЕТК-215

1. Ескалатори ЕТК-215 мають машинне відділення, що полегшує їх доступ до вузлів для обслуговування, можливість ремонту та заміни основних вузлів під час нічних відключень ескалаторів; можливість постійно контролювати стан ескалатора під час роботи;

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						64
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2. Тривалий термін служби (50 років);
3. Взаємозамінність деяких деталей з ескалаторами типу ЕТ;
4. Можливість встановити ескалатор ЕТК-215 у двох варіантах: з проходами та без проходів між ескалаторами, другий варіант розміщення дозволяє у стандартному тунелі (7.8м) розмістити 4 ескалатора замість 3.



Рисунок 3.2.2. Ескалатор ЕТК-215 встановлений на станції метро “Деміївська” м.Київ у 2010році.

3.3 Основні параметри ескалаторів

Швидкість сходів (V) є одним з найважливіших параметрів ескалатора. При визначенні швидкості слід враховувати умови безпечної посадки і висадки, можливість досягнення максимальної вантажопідйомності та економічність експлуатації. Ескалатори різних моделей та серій мають різну швидкість, зазвичай у межах 0.6-1.1 м/с. На ескалаторі ЕТК-215 встановлена швидкість 0.75 м/с згідно міжнародних стандартів. При збільшенні швидкості руху сходів зменшуються експлуатаційні навантаження та підвищується пропускна спроможність, але з іншого боку є питання безпеки пасажирів.

Пробіг ескалатора (s) це зручний інструмент для інженерів, який показує шлях пройдений полотном за певний час. Пробіг слугує для обліку та визначення строку ремонтів та оглядів.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						65
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Висота ескалатора (H), або ж висота транспортування пасажирів, це вертикальна відстань на яку переміщуються пасажирів. Висота тунельних ескалаторів зазвичай не перевищує 75 м, і висота має великий вплив на конструкцію ескалаторів. Це найважливіша цінність у розробці різних типів ескалаторів. Від висоти також значною мірою залежить знос і довговічність компонентів ескалатора. Більша висота зумовлює менше питомих змін, тобто заміни відбувається на 1 метр висоти. Тому зручніше встановлювати один ескалатор висотою H , ніж послідовно встановлювати два ескалатора висотою $0,5H$. В останньому випадку також зростають витрати на виробництво, установку та обслуговування, зростає витрата металу та енергії, ускладнюється ремонт.

Кутом нахилу ескалатора (α) є кут який розміщений між горизонтальною та похилою площиною, більший кут нахилу зменшує вартість ескалатора та його масу, але з збільшенням кута зменшується безпека пасажирів, тому граничним кутом вважаються 30° , що є балансом між безпекою та іншими показниками.

Розміри поверхні сходинки, якою користуються пасажирів, визначаються разом з швидкістю ескалатора. Зазвичай ширину щабля розраховують на одного-двох пасажирів, збільшення кількості до трьох пасажирів зменшує безпеку для середнього пасажирів через відсутність доступу до поручнів. В існуючих розрахунках приймають значення $B=500\text{мм}$ для одного пасажирів. В ескалаторі ЕТК-215 ширина дорівнює 1000мм , що розраховано на 2 пасажирів.

3.4 Привід ескалатора

Приводи - це пристрої, що забезпечують роботу машин і механізмів. В основному до приводу відноситься двигун на ескалаторі - асинхронний двигун, який використовується для передачі руху і управління механізмом обладнання.

На ескалаторах використовуються два приводи. Один з них - головний - призначений для забезпечення руху сходів під час перевезення пасажирів із заданою швидкістю (від 0,5 до 1,0 м/с). Інший привід - допоміжний привід - призначений для забезпечення руху сходів під час обслуговування, монтажу та демонтажу. При цьому швидкість котушки не перевищує 0,04 м/с.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		66

В загальному привод складається з головного електродвигуна, який з'єднаний пружинною муфтою з передавальним механізмом, що передає обертання від двигуна на головний вал, на самий вал насаджені тягові зірочки.

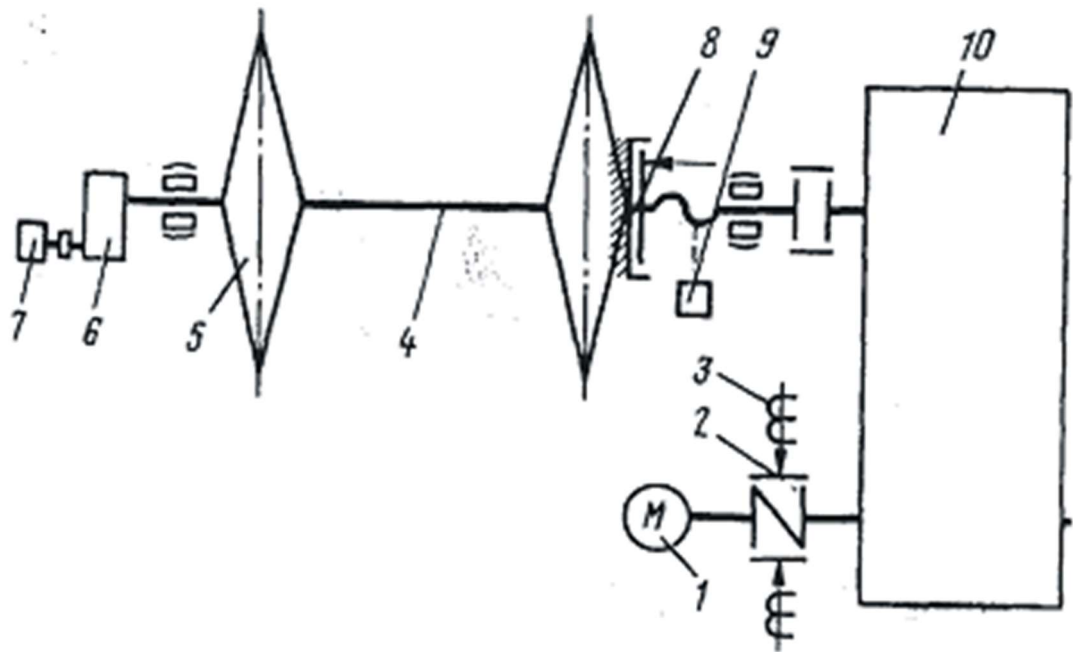


Рисунок 3.4.1. Принципова схема приводу (без апаратури керування)

де: 1-головний електродвигун;

2-пружинна муфта;

3-робоче гальмо;

4-головний вал;

5-тягові зірочки;

6-передавальний механізм редуктора;

7-датчик;

8-аварійне гальмо;

9-механізм включення;

10-передавальний механізм(редуктор);

Головний вал приєднаний до траси полотна сходів, але в більшості випадків він і є ж вхідним валом самого передавального механізму. Тому його можна також розглядати і як елемент приводу.

Таким чином, привод ескалаторів складається з наступних машин і механізмів:

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						67
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

- головного привода, що включає в себе головний електродвигун, сполучні муфти, передавальний механізм і робоче гальмо;

- аварійного гальма із системою, що стежить, і стопорним пристроєм.

Редуктором називається зубчаста передача, змонтована в закритому корпусі й призначена для зменшення (іноді збільшення) кутових швидкостей і відповідного збільшення (зменшення) обертаючих моментів.

3.3 Розрахунок основних характеристик об'єкту досліджень

У цьому розділі будуть розраховані основні параметри ескалатора ЕТК-215 встановленого на станції метро Деміївська. Вхідні данні будуть наведені у наступній таблиці.

Таблиця 3.3.1 – Основні параметри ескалатора ЕТК-215 встановленого на станції метро “Деміївська”

Висота ескалатора	H	6.6м
Нахил поверхні	α	30°
Ширина ступені ескалатора	$S_{ш}$	1м
Крок ступені ескалатора	A	0.4м
Діаметр окружності привідної зірочки	D	1.7м
Навантаження на метр полотна	G	2100Н
Швидкість руху	V	0.75м/с

Визначимо кількість пасажирів які приходяться на одну ступінь ескалатора:

$$K = 2 \cdot A \cdot \frac{B}{t_{ст}} = 2 \cdot 0.4 \cdot \frac{1}{0.4} = 2$$

де: $t_{ст}$ – крок шабля – відстань між двома суміжними ступенями.

Далі необхідно обрахувати теоретично провізну спроможність ескалатора (Q), яка визначається за наступною формулою:

$$Q = n \cdot K \cdot V = 2.5 \cdot 2 \cdot 0.7 = 3.5$$

де: $n=2.5$ – число шаблів які припадають на 1м.

Розраховуємо коефіцієнт заповнення ескалатора, який визначається по формулі:

$$\varphi = 0.4(2 - V) = 0.4(2 - 0.7) = 0.52$$

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		68

Розрахуємо довжину полотна ескалатора:

$$l = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{6.6}{0.5} = 13.2(\text{м})$$

Розрахуємо навантаження яке приходить на метр сходового полотна:

$$F_{\text{п.м.}} = n \cdot K \cdot P = 2.5 \cdot 2 \cdot 400 \cdot 0.52 = 1050H$$

Визначимо навантаження на весь ескалатор:

$$F_{\Sigma} = F_{\text{п.м.}} \cdot l = 1050 \cdot 13.2 = 13860(H)$$

Розраховуємо радіус приведення:

$$\rho = \frac{D}{2i_p} = \frac{1.7}{2 \cdot 80} = 0.011(\text{м})$$

Розраховуємо швидкість обертання двигуна:

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{v}{\rho} = \frac{0.75}{0.011} = 68.182(\text{с}^{-1})$$

Розраховуємо статичний момент навантаження:

$$M_c = \frac{F_{\Sigma} \cdot \rho}{\eta} = \frac{13860 \cdot 0.011}{0.89} = 171.3(H * \text{м})$$

Розраховуємо максимальний момент з урахування коефіцієнту запасу навантаження:

$$M_{\text{max}} = M_c \cdot k_3 = 171.3 \cdot 1.15 = 197(H * \text{м})$$

де k_3 – коефіцієнт запасу динамічних режимів системи та витрат що варіюється між 1.1-1.2, обране середнє значення $k_3 = 1.15$.

Розраховуємо необхідну потужність двигуна:

$$P_{\text{дв}} = M_{\text{max}} \cdot \omega_{\text{дв}} = 197 \cdot 68.182 = 13.431(\text{кВт})$$

Розраховуємо швидкості обертання двигуна:

$$n = \frac{30 \cdot \omega_{\text{дв}}}{\pi} = \frac{30 \cdot 68.182}{3.14} = 651.42(\text{об/хв})$$

3.4 Розрахунок модернізованого пристрою

3.4.1 Розрахунок та вибір необхідних компонентів

Виходячи з попереднього розділу, спираючись на отримані результати ми можемо модернізувати ескалатор шляхом заміни електромотору та перетворювача частоти. У заводському виконанні на ескалатор встановлюються асинхронні

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						69
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

двигуни потужністю від 22 кВт. до 45 кВт. Виходячи з розрахованих параметрів пропонуємо обрати асинхронний двигун 4А180М8У3 з потужністю – 15кВт.

Таблиця 3.4.1 – Паспортні дані двигуна 4А180М8У3

Номинальна потужність	$P_{2n}=15\text{кВт}$
Число пар полюсів	$p_n=4$
Номинальна лінійна напруга статора	$U_{1n}=380\text{В}$
Швидкість обертання	$\omega=730 \text{ об/хв}$
Коефіцієнт корисної дії	$\eta=89\%$
Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi=0.82$
Перевантажувальна здатність	$\lambda=1.9$
Номинальна частота напруги статора	$f=50 \text{ Гц}$

Для того щоб узгодити швидкість обраного електродвигуна і швидкість самого механізму буде використаний редуктор. Знайдемо реальне передаточне число редуктора, тому що раніше було заданим $i_p=80$, далі:

$$i_p = \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_p}$$

де: ω_p – кутова швидкість обертання на тихохідному валу редуктора;

$\omega_{\text{дв}}$ – кутова швидкість двигуна;

Розраховуємо номінальну швидкість обертання на холостому ході:

$$\omega_{H0} = \frac{2\pi f}{p} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 50}{4} = 78.54 \text{с}^{-1}$$

Розраховуємо номінальну швидкість обертання:

$$\omega_{\text{дв}} = \omega_{H0} \cdot \left(1 - \frac{S_H}{100}\right) = 78.54 \cdot \left(1 - \frac{0.015}{100}\right) = 78.52 \text{с}^{-1}$$

Розраховуємо кутову швидкість редуктора:

$$\omega_p = \frac{2 \cdot v_{\text{max}}}{D_6} = \frac{2 \cdot 0.75}{0.88} = 0.88 \text{с}^{-1}$$

Розраховуємо передаточне число редуктора:

$$i_p = \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_p} = \frac{78.52}{0.88} = 89.23$$

Далі обираємо частотний перетворювач, який підходить за наступними основними параметрами:

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						70
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

- Тип живлення для перетворювача частоти;
- Тип живлення для асинхронного двигуна, який керується за допомогою перетворювача частоти;
- потужність, повинна бути рівна або більша ніж двигуна;
- сумісність з існуючим обладнанням за потреби;
- наявність у перетворювача частоти достатньої кількості роз'ємів підключення та виходу;

Проаналізувавши наявні на ринку варіанти перетворювачів частоти було обрано пристрій від Siemens моделі Sinamics G120 6SL3224-0BE31-5UA0.

Таблиця 3.4.2 – Паспортні дані обраного перетворювача частоти

Виробник	Siemens
Серія	Sinamics G120
Потужність	15, 18.5 кВт
Напруга	380 В
Підключення	3-фази
Номінальний струм	32 А
M_{max} (1хв.)	150%
Струм протягом 1 хв.	48 А
Габарити	419x275x204 мм

3.4.2 Розробка силової схеми та вибір її компонентів

Електричними апаратами називають електротехнічні пристрої, призначені для керування, регулювання, контролю й захисту електричних ланцюгів. В електроприводі ескалаторів застосовуються тільки апарати напругою до 380 В.

Електричні апарати - саме численне й конструктивно різноманітне електроустаткування. Залежно від призначень електроапарати можна умовно розділити на наступні групи:

- комутації, використовувані для включення, відключення й перемикання електричних ланцюгів (рубильники, вимикачі, реле керування й т.д.);
- захисту, що відключають електричні ланцюги при перевантаженнях, коротких замиканнях, зниженні або зникненні напруг, а також при деяких

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						71
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

несправностях механічного встаткування (запобіжники, автоматичні вимикачі, реле захисту, блокування й т.п.);

- контролю, які використовуються для спостереження за станом електричних ланцюгів;

- пускорегулюючі й перетворюючі, необхідні для обмеження й зміни струму, напруги (резистори, трансформатори);

- переміщення - електромагніти, електрогідротовкачі;

- розподілу - затискачі, штепсельні рознімання й ін.

Деякі апарати сполучають кілька функцій.

Електромагнітний апарат для дистанційних відключень і відключень силових електричних ланцюгів при нормальному режимі роботи називається контактором. По роду струму в керуючій котушці контактори можуть бути постійний і змінний струми.

Апарат, що служить для автоматичного замикання й розмикання електричних ланцюгів, називається реле. По конструкції реле дуже різноманітні. Розрізняють реле електричні, теплові, механічні й ін. Найбільше поширення одержали електричні реле.

По призначенню реле розділяються на реле захисту й реле керування. Реле захисту використовують для відключення або сигналізації при порушеннях нормального режиму роботи електроустановок.

Вони можуть бути максимальними, діючими, коли електрична величина перевищує заздалегідь установлене значення, і мінімальними, що спрацьовують при зниженні її до встановленого значення. До реле захисту можна віднести також сигнальні (вказівні), що фіксують дії захисту й керуючі звуковими й світловими сигналами.

Реле керування використовують для керування перехідними процесами (в ескаляторах - процесом розгону), підтримки сталого струму й напруги, приведення в дію або відключення окремих елементів, що входять у схему керування.

По виконуваній роботі в електричних ланцюгах реле можна розділити на основні, що безпосередньо реагують на зміни контрольованої величини (струму, напруги, швидкості й ін.), і допоміжні, керовані іншими реле й виконуючі функції

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						72
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

витримки часу (затримки переданого сигналу на включення або відключення), розмноження контактів основного реле, передачі команд від одних апаратів іншим і т.д.

Рубильник – це апарат ручної дії з контактами, що рубають, призначений для включення й вимикання електричних ланцюгів. Рубильник - найпростіший апарат ручного керування для включення або відключення електричних ланцюгів зі струмами не більше номінального.

Рубильник складається із шарнірних і контактних стійок, до яких приєднані вхідні й вихідні проведення. У замкнутому стані струм протікає як по моментному, так і по робочому ножі. Рубильники бувають одне-, двох- і трьохполюсними.

Рубильник, що не має дугогасящого пристрою, служить для дублювання розмикання вже знеструмленого ланцюга. Відключати їм електричні ланцюги під струмом не можна. Він відіграє роль роз'єднувача, роблячи розрив ланцюга видимим.

Установлювати рубильник на панелі необхідно так, щоб при русі рукоятки вниз відбувалося розмикання ланцюга. Це гарантує від довільного замикання під дією власної ваги.

Рубильники застосовують у ланцюгах напругою до 500 В. Номінальна напруга вказується на рубильнику.

Пакетні вимикачі й перемикачі. Існують більше 50 типів різних вимикачів і перемикачів. Найбільше часто застосовують пакетні й кулачкові.

Пакетні вимикачі й перемикачі використовують для комутації ланцюгів керування електроустановок, розподілу електроенергії й ручного керування асинхронними двигунами. Пакетний вимикач складається з контактної системи й перемикаючого механізму.

Автоматичний повітряний вимикач призначений для автоматичного розмикання електричних ланцюгів або відключення електроустановки при виникненні перевантаження короткого замикання.

В електроприводі ескалаторів автоматичні вимикачі використовуються також для розмикання електричних ланцюгів і відключення електроустановок при

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						73
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

проведенні ремонтно-ревізійних і налагоджувальних робіт, при відключенні електроустановок, що не беруть участь у даному режимі роботи.

Такі технологічні відключення й перемикання роблять тільки на непрацюючому ескалаторі, тобто в цьому випадку автоматичні вимикачі використовують, як звичайні вимикачі або рубильники.

Іншою їхньою перевагою є те, що вони одночасно розривають три фази приєднання, що захищає, а також швидко включаються після відключення або виправлення захищає цепи, що.

Електромагніти призначені для створення переміщень механізмів або робочих органів. В ескалаторах трифазні електромагніти застосовуються для привода гальм. Резистори – це апарати, що володіють активним опором і призначені для обмеження струми. Пускові резистори ескалаторів працюють у короткочасному режимі, тому в них допускається підвищена щільність струму. Тривале знаходження пускових резисторів під струмом неприпустимо.

Кінцеві вимикачі служать для забезпечення безпеки обслуговування й запобігання поломки окремих вузлів. Різноманітні по конструкції кінцеві вимикачі використовують у різних блокуваннях.

Приведення в дію кінцевого вимикача виробляється механізмами ескалатора або вручну обслуговуючим персоналом. Контакти вимикачів уводяться в блокувальний ланцюг, і розмикання їх приводить до відключення двигуна ескалатора.

Кнопки застосовують для дистанційного керування електромагнітними апаратами. При натисканні на головку кнопки пов'язаний з її стрижнем контактний місток розмикає один і замикає інший контакти. Після відпускання головки контакт повертаються у вихідне положення. Кілька кнопок, об'єднаних в один корпус, називають кнопковим постом.

Блокувальними (запобіжними) пристроями називають пристрої, що відключають двигуни ескалаторів або забороняють їхнє включення при порушенні заданого режиму роботи механізму, виникнення небезпеки для пасажирів або обслуговуючого персоналу.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						74
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Силовa схема мiстить у собі ПЧ – перетворювач частоти, М1 – асинхронний електродвигун, QF1 – автоматичний вимикач, QF2 – диференціальне реле, КМ – контактор. Також схема включає можливість аварійного вiдключення електропривода й повному знеструмленню схеми. Лампа iндикацiї «ЖИВЛЕННЯ» загоряється при вклученнi вхiдного автомата QF1. Далi якщо в силовiй схемi вiдбувається пробiй по iзоляцiї схема не працюватиме, тому, що диференціальне реле вiдключить живлення й вклучить лампу, що сигналізує «Пробiй iзоляцiї».

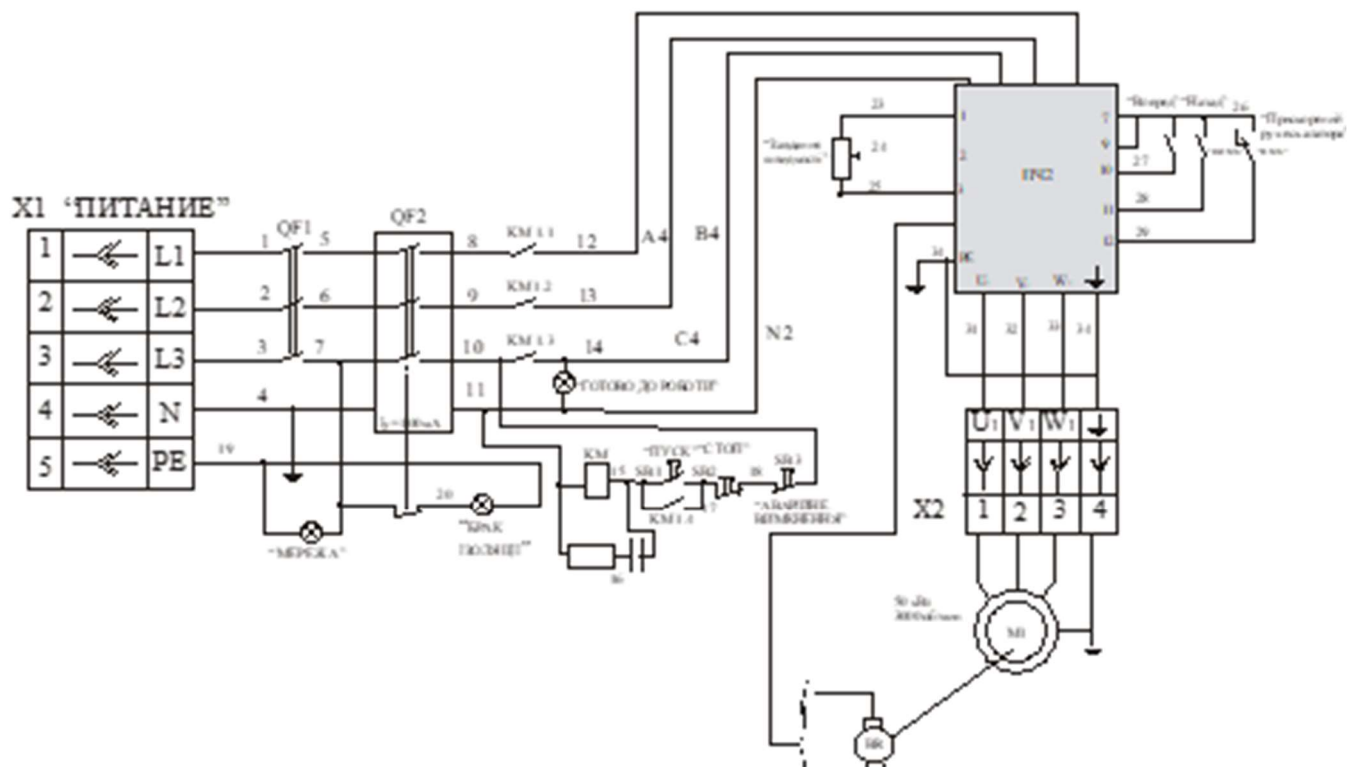


Рисунок 3.4.1 Силовa схема електроприводу ескалатора

При виборi максимального струму вiдключення диференцiального реле керуються нормами по охоронi працi ($I_{доп}=300\text{mA}$). У випадку коли iзоляцiя перебуває в нормальному станi при натисканнi кнопки «ПУСК» подається живлення на перетворювач частоти й при ранiше заданому значеннi (резистор завдання швидкостi) частоти двигун починає обертатися. Реверс електродвигуна виробляється по засобах кнопок «Вперед», «Назад» перед цим необхідно запрограмувати параметри перетворювача частоти, тому що реверсом привода необхідно управляти iз зовнiшнiх термiналiв (за замовчуванням з окрема панель). Зазначене пiдключення зовнiшнiх термiналiв перетворювача частоти. При натисканнi кнопки «Прискорений рух» двигун починає обертатися по ранiше

запрограмованій швидкості. Також необхідно запрограмувати регулятор зовнішнього контуру швидкості який програмно реалізований у перетворювач частоти.

Причому кінцеві вимикачі KB1 і KB2 котрі встановлені у верхній (KB1) і в нижній (KB2) частині ескалятора служать для того щоб оптимально настроїти швидкість пересування полотна. Наприклад, прапорець установлюється в нижній частині ескалятора й виробляється пуск, потім досягаючи верхньої крапки підйому спрацьовує кінцевий вимикач KB2 який робить реверс, при цьому запам'ятовуючи в ПЧ швидкість пересування полотна.

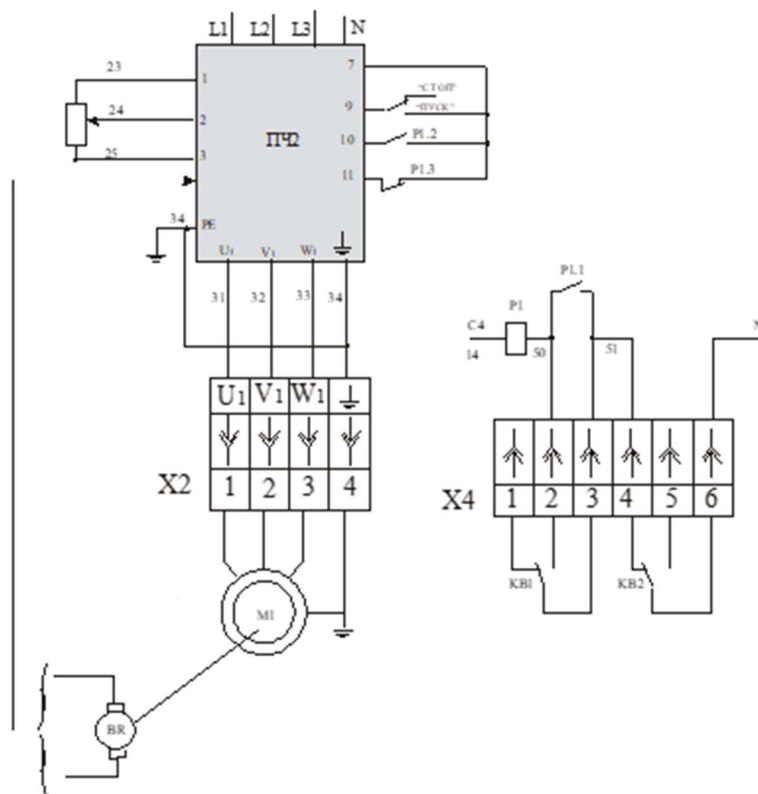


Рисунок 3.4.2 Схема первинного включення двигуна

3.4.3 Розробка структурної схеми регулювання і регуляторів швидкості

Аналіз системи може бути значно спрощений, якщо вважати процеси в роторі сталими, а ПЧ уважати безінерційною ланкою. Перехідні процеси в статорі оцінюються по параметрах ланцюга. Перетворювач частоти розглядається як аперіодична ланка, постійна часу якого визначається постійної часу індуктивностей і конденсаторів у ланці постійного струму й середньостатистичним запізнюванням .

Одержано наступну систему рівнянь для розімкнутої системи керування електроприводом:

$$M - M_c = J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt}$$

$$M = K_M I_1$$

$$K_U U_1 = I_1 + T_{\epsilon} \frac{dl_1}{dt}$$

$$K_{\Pi} U_y = U_1 + T_{\mu} \frac{dU_1}{dt}$$

де: M - момент асинхронного двигуна;

M_c - статичний момент;

J_{Σ} - Момент інерції привода;

ω - частота обертання привода;

I_1 - струм статора;

$K_M = M_H / I_1$ – коефіцієнт передачі по моменті;

$K_U = I_H / U_{1H}$ – коефіцієнт передачі по напрузі;

$T_{\epsilon} = L / r$ - постійна часу ланцюга, що намагнічує;

$K_{\Pi} = 38$ коефіцієнт--коефіцієнт передачі перетворювача частоти;

T -постійна часу керування ПЧ, для реальних систем керування становить 0.001 с.

Далі на основі цих формул далі проводимо обчислення визначаємо параметри електропривода:

$$K_M = \frac{M_H}{I_1} = 3.22$$

$$K_U = \frac{I_H}{U_{1H}} = 0.38$$

$$T_{\epsilon} = \frac{L}{r} = 0.44$$

Передаточна функція регулятора струму при налаштуванні регулятора по модульному оптимуму:

$$W_{PT} = \frac{T_{\epsilon} + 1}{T_{PT} p} = K_{PT} \frac{T_{\epsilon} + p}{p}$$

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						77
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

З отриманого вираження, динамічні характеристики замкнутого оптимізованого контуру струму не залежать від електромагнітної постійної об'єкта регулювання й коефіцієнта оптимізації зворотного зв'язку по струму. Це досягнуто завдяки дії, що компенсує, регулятора струму.

Передатна функція контуру струму в замкнутому стані:

$$W_{zc} = \frac{W_{раз}/K_1}{1 + W_{раз}} = \frac{1/K_1}{2T_{\mu}p(T_{\mu}p + 1) + 1}$$

Зважаючи на те, що T – мала не компенсуюча постійна часу контуру струму можна записати як:

$$W_{PT} = \frac{1/K_T}{2T_{\mu}p + 1}$$

Оптимізований контур може бути представлений аперіодичною ланкою першого порядку.

3.4.4 Розробка системи керування електроприводом ескалатора

Дані про контролер:

Плата вводу/виводу містить:

- 31 цифровий вхід/вихід. Кожний можна використати або як вхід або як вихід (для дискретного керування швидкостями електроприводів).

- 8 аналогових входів АЦП. Діапазон вимірюваних напруг: 0...+2.5 В, розрядність АЦП - 12 біт (для виміру сигналів завдання вироблюваних у ПЧ).

- 2 аналогових виходи ЦАП. Діапазон вихідних напруг: 0...+2.5 В або 0...+5В. Розрядність ЦАП - 12 біт (для завдання керування на 2 перетворювачі частоти).

Режим виміру

У режимі виміру виробляється вимір аналогового сигналу з наступними параметрами:

Максимальне значення вхідної напруги: $U_{max} = 2,5$ В,

Частота дискретизації = 400 Гц - постійна

Періодичність вимірів: $T_{изм} \geq 60$ с (задається програмою із ПК)

Тривалість вимірів: $\Delta t_{изм} = 1...8$ с (задається програмою із ПК)

Режим генерації сигналу

У режимі генерації виробляється видача сигналу з наступними параметрами:

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						78
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Максимальна частота дискретизації $f_{\text{дmax}} = 1000$ Гц (для відображення $\sin$)

Підрежими роботи:

- на 2 ЦАП ті самі значення, $f_{\text{д}} = 1000$ Гц.
- на кожен канал різні значення, $f_{\text{д}} = 500$ Гц для кожного.

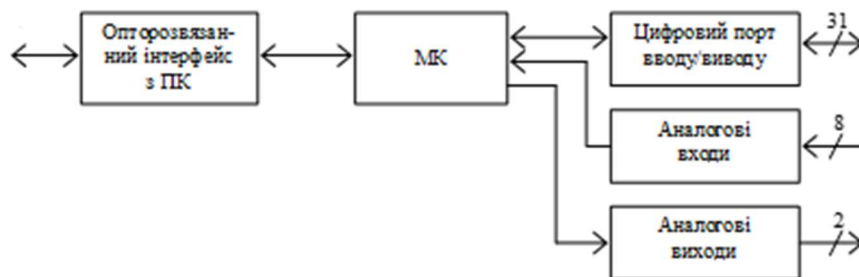


Рисунок 3.4.3 Структурна схема плати вводу-виводу

Структурна схема складається з наступних блоків:

МК - мікроконтролер з убудованим ОЗУ даних, ПЗУ програм, АЦП, ЦАП, джерелом опорної напруги, генератором тактових сигналів, універсальним асинхронним прийомопередатчиком для зв'язку із ПК по послідовному порту. Мікроконтролер під керуванням убудованого в нього програмою здійснює вимір сигналів, генерацію сигналів, керування іншими зовнішніми пристроями за допомогою цифрових виходів, опитування стану зовнішніх пристроїв за допомогою цифрових входів, обробляє команди від ПК.

Цифровий порт вводу/виводу - рознімання цифрових входів/виходів плати. Призначений для підключення зовнішніх цифрових пристроїв перетворювача частоти.

Аналогові входи - рознімання аналогових входів. Призначений для підключення зовнішніх датчиків й інших зовнішніх пристроїв, що мають аналогові виходи.

Аналогові виходи - рознімання аналогових виходів. Призначений для підключення зовнішніх пристроїв, керування якими здійснюється аналоговим сигналом (підсилювачі потужності й т.п.)

Опторозв'язаний інтерфейс - рознімання послідовного інтерфейсу із ПК зі схемою опторозв'язки на оптопарах для виключення гальванічного зв'язку ПК із платою вводу/виводу. Призначений для зв'язку плати вводу/виводу із ПК, що задає режими роботи плати.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						79
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

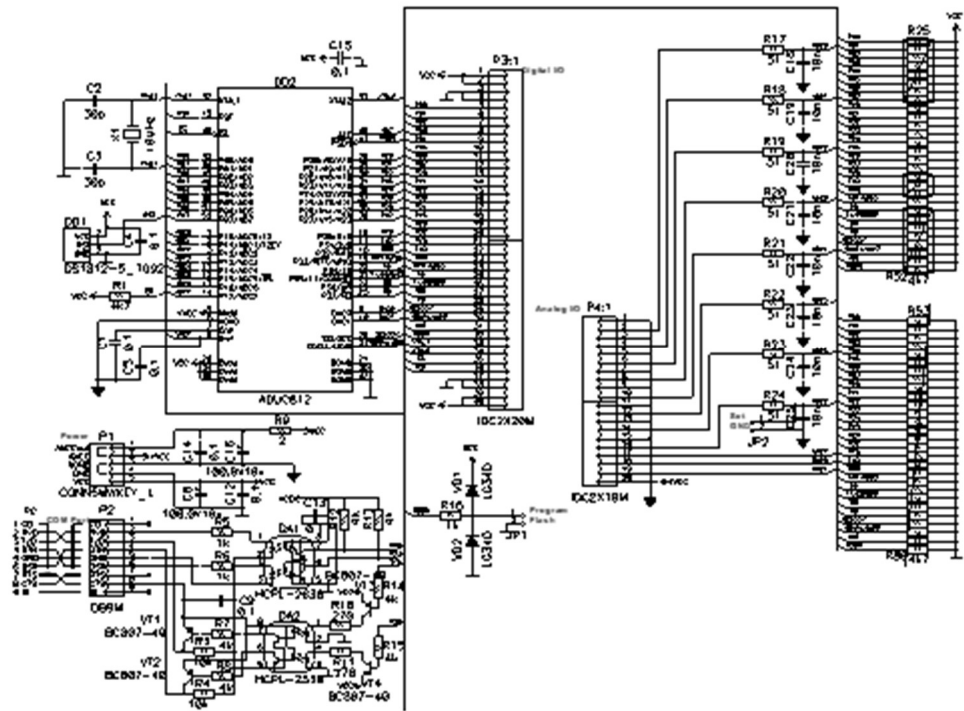


Рисунок 3.4.4 Схема електрична принципова плати вводу-виводу

Основним елементом схеми електричної принципової є мікросхема мікроконтролера DD2. Мікроконтролер містить 4 8-ми бітних порти вводу/виводу P0, P1, P2, P3.

Порти P0, P2 й P3 мікроконтролери використовуються як цифрові входи/виходи і підключені безпосередньо на рознімання цифрових входів/виходів. На кожен вивід цих портів можна розпаяти на платі резистори підтяжки на 0 В або на +5 В - залежно від того якого типу буде вихід зовнішнього пристрою. Якщо виводи порту P2 будуть використатися як виходи, їх обов'язково потрібно підтягти до +5 В, тому що в режимі порту загального призначення порт P2 має виходи з відкритим стоком.

Порт P1 мікроконтролера використовується в якості 8-ми аналогових входів. Через RC ланцюжок він виведений на рознімання аналогових входів/виходів P4. Основне призначення RC ланцюжка в ланцюзі кожного аналогового входу - забезпечити необхідні параметри перехідних процесів на вході внутрішнього АЦП мікроконтролера. Також вона запобігає влученню сигналів високочастотних перешкод на вхід АЦП.

Конденсатори 32, 33 і кварцовий резонатор X1 є зовнішніми елементами убудованого в мікроконтролер DD2 генератори тактових сигналів.

					Арк
					80
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата	ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ

Мікросхема DD1 є формувачем сигналу скидання мікроконтролера при включенні живлення. Також ця мікросхема формує сигнал скидання при зниженні напруги живлення нижче критичного рівня (4.75 В). Це запобігає непередбаченому режиму роботи мікроконтролера на зниженій напрузі живлення, внаслідок якого можуть змінитися параметри видаваних платою вводу/виводу сигналів.

Резистор R1 подає рівень логічна 1 на вихід #EA мікроконтролера. Якщо на #EA рівень логічна 1, то це вказує мікроконтролеру на те що програма перебуває у внутрішньому ПЗУ програм, якщо на #EA рівень логічний 0, то мікроконтролер зчитує програму із зовнішнього ПЗУ.

Конденсатори C1 й C5 є зовнішніми елементами убудованого в мікроконтролер джерела опорної напруги.

Резистор R16, діоди VD1 й VD2 призначені для переключення мікроконтролера в режим програмування внутрішнього ПЗУ програм і даних. Якщо перемикач JP1 буде замкнута під час дії сигналу скидання мікроконтролера, він перейде в режим програмування внутрішнього ПЗУ програм і даних. При цьому дані завантажуються із ПК у мікроконтролер по послідовному інтерфейсі. Діоди VD1 й VD2 є захисними. Вони запобігають проходженням сигналів на вивід #PSEN мікроконтролера з потенціалами більше +5В і менше 0 В.

Резистор R9, конденсатори 314 і 316 є RC фільтром для формування напруги живлення аналогової частини мікроконтролера, якщо таке не подається на плату вводу/виводу із зовнішнього блоку живлення. При подачі напруги живлення аналогової частини мікроконтролера із зовнішнього блоку живлення, різниця напруг живлення аналогової частини й цифрової частини мікроконтролера повинна бути в межах -0.3...+0.3 В.

Опторозв'язка послідовного порту мікроконтролера реалізована на основі швидкодіючих оптопар DA1 й DA2. Реалізовано 2 канали передачі (дані й сигнал готовності до прийому даних) і 2 канали прийому (дані й сигнал готовності ПК до прийому даних). Каскад формування вихідних рівнів живиться від сигналу RTS послідовного інтерфейсу, отже для нормальної роботи інтерфейсу ПК повинен завжди видавати рівень 12 В на цій лінії.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						81
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

3.4.5 Структура програми та алгоритм роботи

Структурно програма мікроконтролера плати вводу/виводу складається з 3-х основних блоків: головного блоку, блоку роботи в режимі виміру й блоку роботи в режимі генерації сигналу. 2 останніх блоки можуть виконуватися одночасно.

1. Алгоритм роботи головного блоку програми мікроконтролера плати вводу/виводу представлений на наступному рисунку.

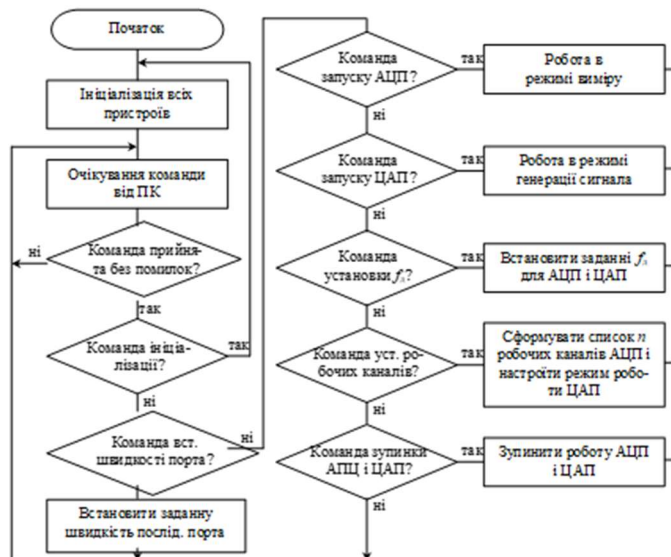


Рисунок 3.4.5 Алгоритм роботи головного блоку програми мікроконтролера плати вводу-виводу

2. Алгоритм роботи блоку режиму виміру програми мікроконтролера плати вводу/виводу представлений на наступному рисунку.

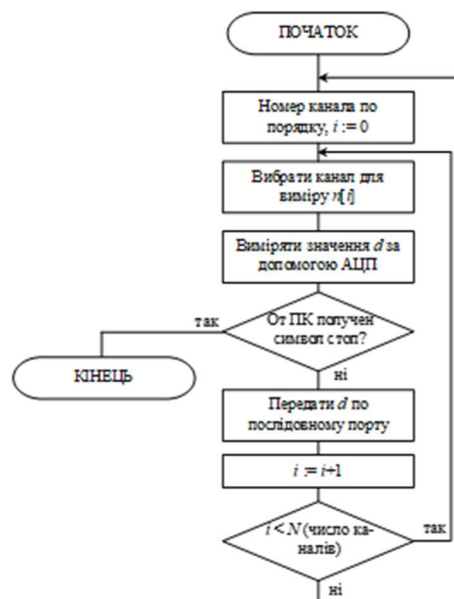


Рисунок 3.4.6 Алгоритм роботи блоків режиму виміру програми мікроконтролера плати вводу/виводу

3. Алгоритм роботи блоку режиму генерації сигналу програми мікроконтролера плати вводу/виводу представлений на наступному рисунку.

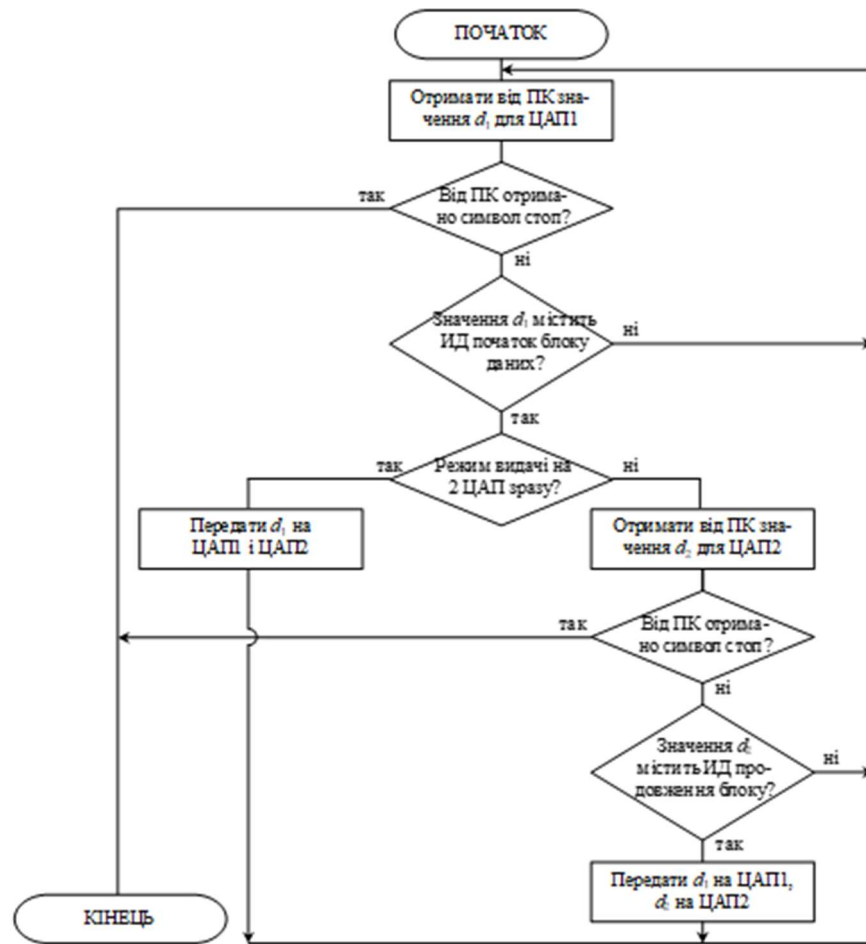


Рисунок 3.4.6 Алгоритм роботи блоку режиму генерації сигналу програми мікроконтролера плати вводу/виводу

3.5 Програмна реалізація

В середовищі для математичного моделювання MATLAB (Simulink) було розроблено програму що здійснює розрахунок та побудову графік залежності крутного моменту моменту від швидкості обертання двигуна при роботі разом з перетворювачем частоти та контролером швидкості.

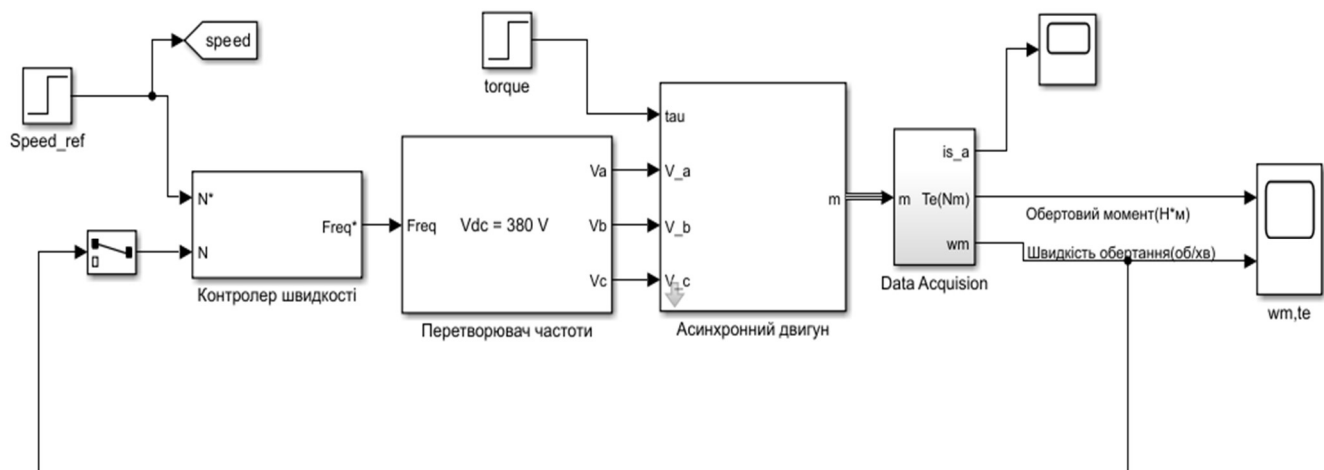


Рисунок 3.5.1 Схема моделювання електроприводу яким керує перетворювач частоти

Далі розглянемо графік, який змодельований у середовищі MATLAB, що може продемонструвати фактичне навантаження двигуна при пуску та подальшій роботі.

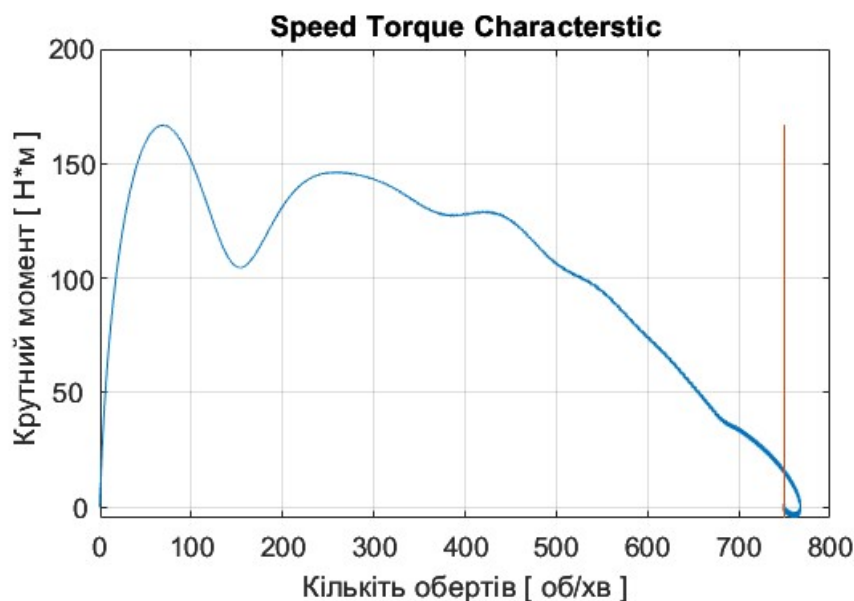


Рисунок 3.5.2 графік залежності крутного моменту від кількості обертів

З графіку можна проаналізувати режим роботи двигуна 4A180M8Y3 з частотним перетворювачем Siemens Sinamics G120 6SL3224-0BE31-5UA0 на ескалаторі ЕТК-215 та зробити висновок що двигун та перетворювач виконують потрібну роботу у стандартному режимі.

3.5 Економічне обґрунтування

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		84

Мета цього розділу полягає у використанні модернізованої, енергоефективної системи ескалатора на практиці. Використання в приводі ескалатора більш енергоефективного електродвигуна та частотного перетворювача дозволить використовуючи той самий пристрій економити електроенергію, а потім і кошти.

Актуальна ця проблема здебільшого через те, що ескалатори були встановлені багато років тому і тому їх системи вже досить застарілі і не підходять для тривалих навантажень, а самі компоненти потребують частої заміни та ремонту, що потребує витрачання додаткових коштів.

Об'єктом дослідження було обрано ескалатор на станції метро "Деміївська", через його середню пасажиропоточність відносно інших станцій метрополітену, та досить великі пробіги.

Для визначення ефективності потрібно розрахувати витрати з встановленим зараз двигуном.

Таблиця 3.5.1 – Основні дані встановленого двигуна 4AM200L8

Потужність	25кВт
Напруга	380В
ККД	86%
Швидкість обертання	750об/хв
Кількість двигунів	1
Ціна	68473грн.

Рахуючи що період роботи у ескалатора починається з 6.00 і продовжується до 00.00 це є 18 годину на добу, тому за формулою можемо визначити кількість робочих годин на рік.

$$T = 18 \cdot 365 = 6570 \text{ год/рік}$$

Розраховуємо використану електроенергію використану протягом року:

$$P_T = 6570 \cdot 25 = 164\,250 \text{ кВт/рік}$$

За чинними тарифами вартість 1 кВт електроенергії 5.14грн.

Обраховуємо вартість електроенергії витраченої за рік:

$$164250 \cdot 5.14 = 844\,245 \text{ грн/рік}$$

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						85
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Також слід врахувати середню вартість обслуговування та ремонту на рік, що має середнє значення 126700грн.

Рахуємо загальну вартість експлуатації двигуна:

$$\Sigma = 844245 + 126700 = 970945\text{грн}$$

Наступним пунктом буде обрахунок вартості модернізованого пристрою з новим асинхронним двигуном та частотним перетворювачем.

Таблиця 3.5.2 – Основні дані двигуна 4A180M8УЗ

Потужність	15кВт
Напруга	380В
ККД	89%
Швидкість обертання	750об/хв
Кількість двигунів	1
Ціна	54196грн.

Таблиця 3.5.3 – Основні дані Siemens Sinamics G120 6SL3224-0BE31-5UA0

Потужність	15кВт
Напруга	380В
Підключення	Трьохфазне
Швидкість обертання	38А
Ціна	102468грн.

При налаштуванні ескалатора слід рахувати, що пасажиропотік залежить від часу доби та прибуття поїздів. У години пік потяги прибувають з періодичністю 2-3хв. та 6-7 у звичайний час.

З цих даних можна порахувати активний час використання ескалатора.

Ескалатор працює з максимальним завантаженням:

$$T_{max} = 10.5 \cdot 274 + 14 \cdot 112 = 4445\text{год/рік}$$

Ескалатор працює у менш навантаженому режимі:

$$T_{min} = 6570 - 4445 = 2125\text{год/рік}$$

Розраховуємо вартість спожитої електроенергії за рік:

$$(4445 \cdot 5.14 + (2125 \cdot 0.9 \cdot 5.14)) \cdot 15 = 490163\text{грн/рік}$$

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						86
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Розраховуємо загальну вартість експлуатації двигуна:

$$\Sigma = 490163 + 94600 = 584763 \text{грн}$$

Ціна обладнання для модернізації одного ескалатору складає та вартість самої модернізації:

$$54196 + 102468 + 54000 = 210664 \text{грн}$$

Різниця коштів за використання електроенергії та експлуатації:

$$870945 - 584763 = 286182 \text{грн}$$

Розраховуємо співвідношення між ціною обладнання та економії:

$$\frac{210664}{286182} \cdot 365 = 368 \text{дні}$$

Таким чином можна сказати, що вартість модернізації окупиться приблизно за рік.

Висновок

В даному дипломному проекті було проведено розробку модернізації ескалатора ЕТК-215, модернізація якого відбувалась шляхом заміни електроприводу (електродвигуна та перетворювача частоти).

Заміна цих пристроїв дозволила зменшити енерговитрати та підвищити енергоефективність, що за підрахованими показниками дозволить відшкодувати необхідні витрати за період близько року, а в подальшому заощаджувати кошти та електроенергію.

Обраний для модернізації мотор (4A180M8Y3) наявний у вітчизняних виробників та задовольняє потреби проекту і має гарний показник надійності. Частотний перетворювач від провідного світового виробника промислової електроніки Siemens, також відповідає всім потребам проекту модернізації.

Проведено розрахунок характеристик електродвигуна в програмі MATLAB який показує залежність потужності двигуна відносно обертів двигуна. Та може дозволити проаналізувати характеристики двигуна.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						87
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

4.1. Загальна характеристика об'єкту

В склад ЕМО станції метро "Деміївська" входять: насоси водопониження, вентилятори, обладнання, кран КС-50-42Б, різні види обладнання для обслуговування станції та освітлення, трансформатори ТМ-400/10, ТМ-160/10.

Енергомережа з ізольованою нейтраллю

Причини ураження електричним струмом.

- Випадкове доторкання до струмоведучих частин під час технічного обслуговування або вихід із ладу захисних пристроїв через помилки.
- На металевих частинах виробничого обладнання (огорожі, огорожі, огорожі) виникають напруги, які можуть бути викликані пошкодженням ізоляції струмоведучих частин електрообладнання, замикають на землю.
- Неправильне підключення обладнання під напругою під час технічного обслуговування та профілактичних робіт; коротке замикання напруги між відключеними частинами та частинами під напругою; розряд блискавки безпосередньо входить у пристрій або наближається до нього.
- На поверхні землі, де знаходяться люди, діє ступінчаста напруга. Це може бути викликано замиканням проводу на землю, несправним робочим або захисним заземленням, зануленням.

Електробезпека при нормальному режимі роботи

Електрична ізоляція — шар діелектрика або конструкція з діелектрика, що покриває поверхню струмопровідних частин або відокремлює струмопровідні частини одна від одної. Стан ізоляції характеризується її електричною міцністю, діелектричними втратами та електричним опором.

З плином часу виникають локальні дефекти, починає різко падати опір ізоляції, зростає струм втрат. Для запобігання цьому проводиться періодичний і постійний контроль ізоляції. Періодичний контроль ізоляції передбачає викид активного опору ізоляції у встановлені правилами терміни (кожні 3 роки) і при виявленні дефекту. Опір ізоляції силових і освітлювальних силових кабелів

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						88
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

повинен бути не менше 0,5 МОм. Розташовуйте струмоведучі частини на недоступній висоті або у важкодоступних місцях, забезпечуючи безпеку без огорож і огорожень. При виборі висоти підвіски слід враховувати можливість ненавмисного торкання довгими металевими предметами струмоведучих частин. Висота висіння повітряних ліній електропередачі залежить від напруги та місця проходження лінії. низька напруга. Електричний струм через тіло людини безпечний при напрузі до 42 В. Низька напруга використовується для живлення місцевого освітлення на машинах, переносних лампах і електроінструментах. Джерела низької напруги - це понижувальні трансформатори, батареї, випрямлячі, перетворювачі частоти, первинні батареї. Вирівнювання потенціалів означає зменшення напруги дотику та крокової напруги між точками в ланцюзі, до яких можна торкнутися або на які може стояти людина одночасно. Вирівнювання потенціалів досягається штучним підвищенням потенціалу опорної поверхні ніг до рівня потенціалу струмоведучої частини і заземленням контуру.

Електробезпека при аварійному режимі роботи

Захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання із землею або металевою непровідною частиною, яка може бути під напругою. Принцип захисного заземлення полягає в зниженні напруги дотику і крокової напруги, викликаних коротким замиканням оболонки, до безпечного значення.

Облаштування шахтного заземлення

Заземлення шахти здійснюється за допомогою спеціального заземлювача, що складається із заземлювача і заземлювача. Головним заземлювачем є сталевий пояс (кабель) з поперечним перерізом не менше 100 мм² для з'єднання машинного відділення кільцевої труби та контуру заземлення (шин заземлення) центральної підземної підстанції. Зворотне заземлення виконується зі сталеві стрічки перетином не менше 100 мм². При встановленні заземлювача на групі заземлених об'єктів необхідно використовувати сталеві або мідні колективні заземлювачі (шини) перерізом не менше 50 або 25 мм² відповідно.

Крім місцевого заземлення, всі електричні машини і обладнання, муфти та інша кабельна арматура з броньованими кабелями повинні бути обладнані сталевими перемичками перерізом не менше 50 мм² або мідними перемичками

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						89
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

перерізом не менше 25 мм мм². , з його допомогою складається безперервний ланцюг із свинцевої оболонки і сталеві броні з окремих ділянок броньованого кабелю, як показано на малюнку. При використанні кабелів із проводами заземлення підключення проводів заземлення створює безперервне коло. Якщо ці кабелі мають металеву оболонку і броню, то в цьому випадку також необхідно використовувати перемички.

Загальна характеристика об'єкта передбачає обґрунтування рішень щодо місця розміщення виробничого устаткування та електроустановок, доцільність використання яких визначено у попередніх розділах проекту.

Таблиця 4.1 - Електричні установки ст.м. Деміївська

Найменування ЕУ або ТЕ	Вид розміщення	Розміщення робочого місця	Категорія електроприміщення	Категорія з пожежної безпеки
1	2	3	4	5
Ескалатор	Внутрішня ЕУ	Територія станції метро Деміївська на глибині 10 м	Приміщення з підвищеною небезпекою	Категорія Д

На станції метро "Деміївська" в Києві є кілька ескалаторів, які забезпечують пасажирів зручним доступом до платформи та вихідних зон.

Станція "Деміївська" має два підземних рівні: верхній та нижній. На верхньому рівні розташовані каси, вихідні зони та переходи, а на нижньому рівні - платформи для посадки та висадки пасажирів.

Для зручного переходу між цими рівнями на станції "Деміївська" використовуються ескалатори. Зазвичай, ескалатори на цій станції мають двосторонню рухому смугу, що дозволяє пасажирам рухатися як вгору, так і вниз. Їх розташовано в переходах та коридорах, щоб забезпечити зручний транспортний доступ до платформ та вихідних зон.

Безпека також є важливою складовою ескалаторів на станції "Деміївська". Багато ескалаторів оснащені системами безпеки, такими як автоматичні зупинки у разі небезпечного руху або аварійного зупинення при натисканні на екстрений

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						90
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

зупинник. Це сприяє запобіганню можливих нещасних випадків та забезпечує безпеку пасажирів.

Важливо зазначити, що інформація про конкретну кількість та технічні характеристики ескалаторів на станції "Деміївська" може змінюватися з часом, оскільки технічне обслуговування та модернізація метрополітену проводяться регулярно.

4.2 Визначення обсягів і послідовності робіт

Визначення обсягів і послідовності робіт, періоду та тривалість їх виконання, кількісного складу бригади та рівень кваліфікації (групу з електробезпеки) електротехнічних працівників.

Таблиця 4.2. - Склад бригади для модернізації.

Вид робіт	Спосіб доставки і розгрузки	Період виконання робіт і тривалість	Кількісний склад бригади	Група з електробезпеки
1	2	3	4	5
Заміна мотора	Транспорт, механізоване розвантаження	Літній, 25 робочих днів	5	Не менше ніж III

4.3 Аналіз умов праці на робочих місцях електротехнічних працівників

Визначення показників умов праці (загальних і локальних) та встановлення переліку шкідливих і небезпечних виробничих чинників на робочих місцях під час виконання певних робіт.

Мікроклімат

Оптимальними (комфортними) вважаються умови праці, які забезпечують найвищу ефективність і благополуччя. До допустимих умов мікроклімату відносять можливість інтенсивної роботи механізмів терморегуляції, що не перевищує можливостей організму, і дискомфорт. У випадку метрополітену мікроклімат можна вважати здебільшого сталим через його розміщення під землею

					<i>ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ</i>	Арк
						91
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

та систем вентиляції та клімат контролю, що дозволяє керувати більшістю показників на підприємстві.

Допустимі норми мікроклімату повітря для роботи в метрополітені:

Таблиця 4.3.1 - норми мікроклімату

Швидкість руху повітря, м/с	Допустима температура С, при відносній вологості, %		
	Менше 75	75-90	Понад 90
До 0,25	24	23	22
0,26-50	25	24	23
0,51-1	26	25	24
1,01+	26	26	26

Освітлення

Розрахунок освітлення проводиться в частині енергопостачання і в результаті вибрані освітлювачі забезпечують необхідний рівень освітлення.

Захист повітря в приміщенні від забруднення

Для контролю концентрації шкідливих речовин у повітрі промислових підприємств і робочих зон використовуються такі методи: експрес-метод (заснований на колориметричних явищах), лабораторний метод (включаючи відбір проб повітря з робочої зони та проведення фізико-хімічного аналізу) (хроматографічні методи, метод оптичного кольору) в лабораторних умовах), метод безперервної та автоматичної реєстрації вмісту шкідливих хімічних речовин у повітрі за допомогою газоаналізаторів і газосигналізаторів.

Захист від шуму

Методи захисту від шуму. Усунення шуму в джерелі, зниження шуму шляхом звукопоглинання та звукоізоляції, а також зниження шуму шляхом акустичної обробки приміщення.

Захист від шуму у метрополітені є важливою задачею для забезпечення комфорту і безпеки пасажирів. Ось кілька методів, які можуть допомогти зменшити шум у метрополітені:

- Ізоляція шуму на джерелі: Застосування звукоізоляційних матеріалів на джерелах шуму, таких як колеса, гальма, система вентиляції тощо, може допомогти знизити шум, який вони генерують. Використання

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		92

спеціальних амортизуючих матеріалів або шумопоглинаючих обтічників може допомогти у цьому процесі.

- Шумопоглинаючі екрани: Встановлення шумопоглинаючих екранів біля шумних ділянок, таких як тунелі або станції, може допомогти зменшити розповсюдження шуму. Ці екрани можуть бути виготовлені зі спеціальних матеріалів, які здатні поглинати звукові хвилі і зменшувати їх розсіювання.
- Технології шумозниження: Використання спеціальних технологій шумозниження, таких як активна шумознижувальна система (Active Noise Control), може допомогти в зниженні рівня шуму. Ці технології використовують мікрофони і динаміки для компенсації шуму, створюючи протифазові хвилі, що допомагають знизити шум.
- Регулярне технічне обслуговування: Підтримання в гарному робочому стані устаткування, яке може бути джерелом шуму, таке як вентиляційні системи, двері вагонів і т.д., може допомогти уникнути можливих проблем і забезпечити низький рівень шуму.

Впровадження цих методів може допомогти зменшити шум в метрополітені та створити комфортнішу середу для пасажирів.

Таблиця 4.3.2 - допустимі рівні шуму

Робочі місця (зони) і види робіт	Рівні шуму, дБа
1.Територія проведення робіт у метрополітені	80
2.Кабіни спостережень і дистанційного керування	80
Без мовного зв'язку по телефону	
З мовним зв'язком по телефону	
3.Роботи що вимагають зосередження і уваги	60

4.4 Вибір технічних засобів і заходів робіт в енергоустановках

Експлуатацію та технічне обслуговування електрообладнання може здійснювати місцевий оперативний або оперативно-ремонтний персонал, за яким закріплено електрообладнання, або виїзні працівники, за якими закріплена група електрообладнання. Оператори та обслуговуючий персонал, який обслуговує

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						93
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

електроустановки, за відсутності місцевих операторів під час огляду електроустановок, спрацювання вимикачів, підготовки робочого місця та допуску працівників до роботи тощо. Усі права та обов'язки, надані оператору відповідно до цього правила та «РТЕ для споживчих електроустановок».

Вид експлуатаційних служб, змін або чисельність операторів електроустановок визначаються особою, відповідальною за електрогосподарство, за погодженням з керівництвом підприємства (організації) і регламентуються місцевими нормативними документами.

До експлуатаційного обслуговування електроустановок допускаються особи, які знають робочі схеми, інструкції з експлуатації та характеристики устаткування, а також пройшли навчання та перевірку знань згідно з приписами цих Правил.

Оператори, які індивідуально обслуговують електроустановки, а також старші зміни або бригади, відповідальні за такі електроустановки, повинні мати групу з електробезпеки не нижче IV в установках напругою вище 1000 В і в установках напругою до 1000 В III клас 1000 вольт.

Оператори повинні працювати згідно з режимом роботи та відпочинку, затвердженим відповідальним за енергетику підприємства чи установи. Персонал зміни може бути змінений у разі необхідності за погодженням з особою, яка затвердила зміну.

Приймання й здача зміни під час ліквідації аварії, виробництва перемиканні або операцій по включенню й відключенню устаткування забороняється.

При тривалому часі ліквідації аварії здача зміни здійснюється з дозволу адміністрації.

У разі порушення режиму роботи, пошкодження або аварії електрообладнання оператор зобов'язаний самостійно та негайно вжити заходів з допомогою підлеглих для відновлення нормального режиму роботи та доповісти про ситуацію безпосередньо черговому керівнику або особі, відповідальна за керування електропостачанням.

Якщо поведінка оператора під час ліквідації аварії є некоректною, керівник зобов'язаний втрутитися аж до відсторонення чергового персоналу та взяти на себе керівництво та відповідальність за подальший процес ліквідації аварії.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						94
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Оператори зобов'язані перевіряти та перевіряти обладнання та виробничі приміщення на закріпленій території.

Огляд електроустановок може проводитися індивідуально:

а) керівний і технічний персонал з групою з електробезпеки V в установках напругою вище 1000 В і IV групою з електробезпеки в установках напругою до 1000 В;

б) Серед операторів, які надають послуги з електроустановки, ті, рівень електробезпеки яких не нижче III класу.

Перелік керівників і технічних працівників, які допускаються до проведення одноосібних перевірок, визначається наказом особи з енергоуправління.

4.5 Заходи пожежної безпеки

Вибір системи захисту від пожеж і вибухів на енергетичного об'єкту. Забезпечення захисту від наслідків проявів дії блискавки.

Пожежна безпека об'єкта – стан об'єкта, за яким з регламентованою імовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Основними напрямками забезпечення пожежної безпеки є усунення умов виникнення пожежі та мінімізація її наслідків. Об'єкти повинні мати системи пожежної безпеки, спрямовані на запобігання пожежі, дії на людей та матеріальні цінності небезпечних факторів пожежі, в тому числі їх вторинних проявів.

До таких факторів, згідно ДСТУ 2272:2006, належать: полум'я та іскри; підвищена температура навколишнього середовища; токсичні продукти горіння й термічного розкладу матеріалів, речовин; дим; знижена концентрація кисню.

Пожежна безпека повинна забезпечуватися шляхом проведення організаційних, технічних та інших заходів, спрямованих на попередження пожеж, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових втрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						95
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Протягом усієї станції метрополітену повинні розташовуватися протипожежні системи, вогнегасники і тд. Найчастіше для повідомлення про пожежу використовують мобільний зв'язок.

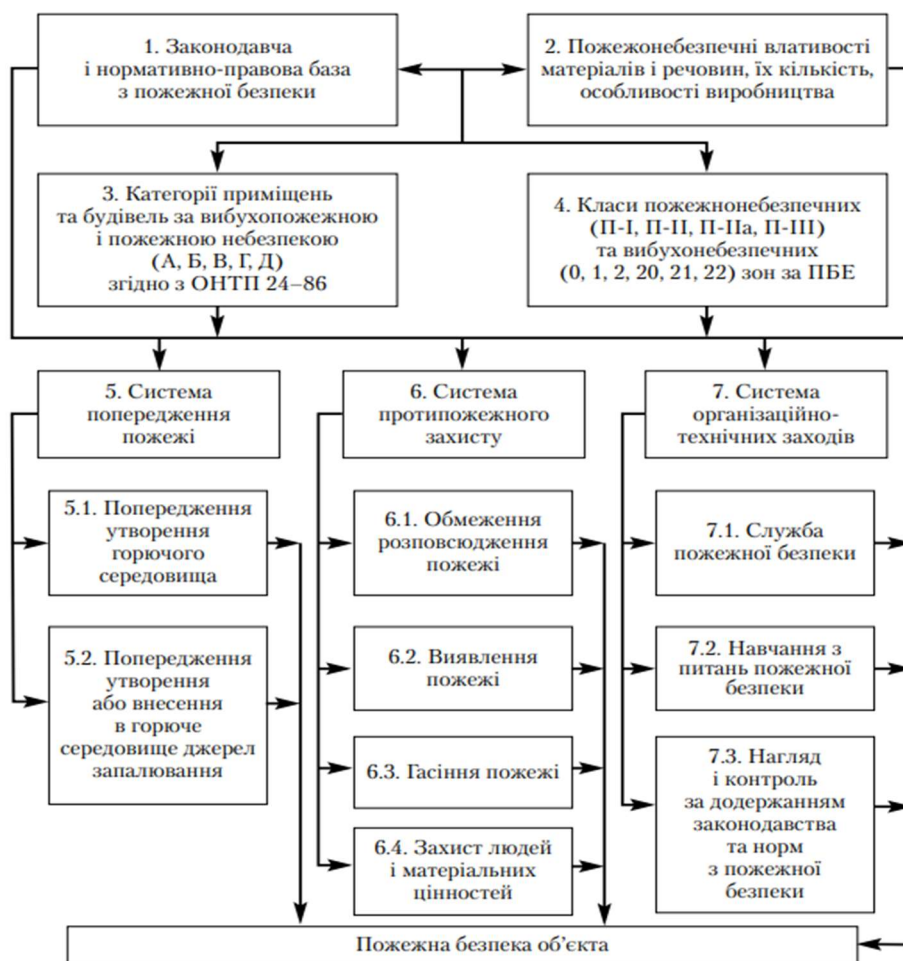


Рисунок 4.1. Блок-схема забезпечення пожежної безпеки об'єкта

Найшвидшим і найнадійнішим видом пожежного зв'язку та сигналізації є електрична система пожежогасіння, яка складається з чотирьох основних компонентів: сигналізації, що встановлюється на робочому місці та активується автоматично або вручну; прийом сигналу від сповіщувача та передача його на пожежник. бригада Приймальна станція на місці; система електропроводки, що підключає обладнання сповіщувача до приймальної станції; батареї для живлення системи. Чи вдасться швидко загасити пожежу, багато в чому залежить від своєчасного повідомлення про пожежу.

Перелік посилань

1. Башловка Є.А «Диво-сходи»: Ескалатори-історія винаходу та розвитку. Режим доступу - <http://mlifts.com/stati/lestnitsi-chudesnitsi/> – Заголовок з екрана.
2. Стаття київського метрополітену. Режим доступу - http://www.metro.kiev.ua/node/129?admitad_uid=75ac5f7f4c45ccdb334461fca19f0ce9 – Заголовок з екрана.
4. Калінічев В.П., «Метрополітен», 1988.-280с.
5. «Цікаві факти» Самі незвичайні ескалатори в світі. [Цікаві факти](http://cikavo.net/sami-nezvichajni-eskalatori-v-sviti/) . Режим доступу - <http://cikavo.net/sami-nezvichajni-eskalatori-v-sviti/> – Заголовок з екрана.
6. Пат. **11064** Україна, [B66B 23/00](#). Ескалатор [Текст] / [Гетьман Андрій Миколайович](#), [Барбарич Надія Миколаївна](#). (Україна) ; заявник та патентовласник Відкрите аукціонерне товариство "Крюківський вагонобудівний завод" - № U200504543; заявл. 16.05.2005 ; Оpubліковано [15.12.2005](#). Бюл. № 12, 2005 р.
7. Пат. **79165** Україна, [B66B 23/00](#), [F16D 23/00](#). [привід, ескалатора](#) [Текст] / Шиляев Владимир Николаевич, Приходько Владимир Иванович. (Україна) ; заявник та патентовласник Відкрите аукціонерне товариство "Крюківський вагонобудівний завод" - № **79165**; Оpubліковано 25.07.2007. Бюл. № 11, 2007 р.
8. Пат. **1761** Україна, [B66B 23/00](#). Поручень ескалатора та його привідний механізм [Текст] /Хрістіч Віктор Константинович. (Україна) ; заявник та патентовласник Аукціонерне товариство закритого типу "КОНС КОНСТРУКТОР"- № 2001010291; заявл. 20.03.2000; Оpubліковано 15.05.2003. Бюл. № 5, 2003.
9. Пат. **1762** Україна, [B66B 23/00](#). Ескалатор [Текст] / [Гетьман Андрій Миколайович](#), [Барбарич Надія Миколаївна](#). (Україна) ; заявник та патентовласник Аукціонерне товариство закритого типу "КОНС КОНСТРУКТОР"- № 2001010292; заявл. 15.01.2001; Оpubліковано 15.05.2003. Бюл. № 5, 2003.
10. Пат. **11064** Україна, [B66B 23/00](#). Ескалатор [Текст] / [Гетьман Андрій Миколайович](#), [Барбарич Надія Миколаївна](#). (Україна) ; заявник та патентовласник Відкрите аукціонерне товариство "Крюківський вагонобудівний завод" - № U200504543; заявл. 16.05.2005 ; Оpubліковано [15.12.2005](#). Бюл. № 12, 2005 р.

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						97
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

12. «Устройство и принцип работы двигателя на постоянных магнитах» Режим доступа - <https://slarkenergy.ru/oborudovanie/engine/na-postoyannyx-magnitax.html> - Заголовок з екрана.

13. Двигуни на постійних магнітах – Режим доступу <http://dovidkam.com/remont/elektrika/magnitni-dviguni-na-postijnix-magnitax-sxema-video.html>– Заголовок з екрана.

14. Двигуни з постійними магнітами– Режим доступу http://em.fea.kpi.ua/images/doc_stud/distsiplini/brem/BREM_Lekciya_9.pdf-Заголовок з екрана.

15. Стаття київського метрополітену. Режим доступу - http://www.metro.kiev.ua/node/129?admitad_uid=75ac5f7f4c45ccdb334461fca19f0ce9 – Заголовок з екрана.

16. Проектування синхронної машини з постійними магнітами <https://vunivere.ru/work21550/page8> – Заголовок з екрана.

17. Банько В.Г. Будівлі, споруди та обладнання туристських комплексів: Навчальний посібник. 2-ге вид., перероб. та доп. — К.: Дакор, 2008. — 328 с.

18. "Urban Rail Transit: Its Economics and Technology" Режим доступу - :<https://www.cambridge.org/9780521159178>

19. В. О. Швайко. "Будівництво та експлуатація метрополітену: науково-технічний збірник", 1995.-367 с.

20. "Urban Mass Transit: The Life Story of a Technology" Режим доступу - <https://www.crcpress.com/Urban-Mass-Transit-The-Life-Story-of-a-Technology/Harwood/p/book/9789058090541>

21. Г. Ліллефорс, Ф. О'Лірі та І. Вінтер., "Planning and Design of Engineering Systems", 2012-176с.

22. В. О. Швайко., "Розробка моделей прогнозування пасажиропотоків у метрополітені", 1999.-175с.

23. Офіційний сайт Київського метрополітену. Режим доступу - <https://www.metro.kiev.ua/>

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						98
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

24. Стаття про електропостачання Київського метрополітену на сайті "Енергетика та промисловість України". Режим доступу - <https://epu.in.ua/ua/energetika/elektropostachannya-kiyivskogo-metropolitenu>

25. Стаття про енергоефективність Київського метрополітену на сайті "Енергетика та промисловість України". Режим доступу - <https://epu.in.ua/ua/energetika/energoefektivnist-kiyivskogo-metropolitenu>

26. Стаття про реконструкцію електропостачання Київського метрополітену на сайті "Інфраструктура України". Режим доступу - <https://infrastructura.ua/ua/articles/kiyivskij-metro-rekonstruyuye-elektropostachannya>

27. Стаття про енергозбереження в Київському метрополітені на сайті "Енергоефективність та енергозбереження". Режим доступу - <https://ee-energy.org.ua/ua/energoefektivnist-ta-energozberezhennya/energozberezhennya-v-kiyivskomu-metropoliteni/>

28. Стаття про використання відновлюваної енергії в Київському метрополітені на сайті "Екологія та сталість". Режим доступу - <https://ecologyandsustainability.com.ua/ua/vikoristannya-vidnovlyuvanoji-energiyi-v-kiyivskomu-metropoliteni/>

29. Стаття про електротранспорт в Києві на сайті "Електротранспорт України". Режим доступу - <https://electrotransport.com.ua/ua/cities/kiev>

30. Стаття про електропостачання міста Києва на сайті "Енергетика та промисловість України". Режим доступу - <https://epu.in.ua/ua/energetika/elektropostachannya-mista-kiyeva>

					ОМ-91.05.1353-с.118.000.00ПЗ	Арк
						99
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		