

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Управління енергетичними процесами»

Кафедра «Електрорухомий склад залізниць»

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: «Розробка статичного перетворювача власних потреб секції електропоїзда постійного струму»

за освітньою програмою: «Електричний транспорт»

зі спеціальності: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав: студент групи «ЕТ1811»

		// Едуард Воронкін
	(підпис студента)	(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Керівник:		// Дмитро Білухін
	(підпис)	(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Нормоконтролер:		// Дмитро Білухін
	(підпис)	(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Консультант:		//
(назва розділу)	(підпис)	(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Дніпро – 2022 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty «Energy Process Control»
Department «Electric rolling stock»

Explanatory Note
to Bachelor's Thesis

on the topic: « Development of a static converter of own needs of the DC electric train section »

according to educational curriculum «Electrical Transport»

in the Speciality: «141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics»

Done by the student of the group ET1811: / Eduard Voronkin /

Scientific Supervisor: / Belukhin Dmitry /

Normative controller: / Belukhin Dmitry /

Supervisor

(Chapter title heading)

/ /
(position, name, surname)

Український державний університет науки і технологій;
Навчально-науковий інститут
"Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту"
Факультет «Управління енергетичними процесами»
Факультет «Управління енергетичними процесами» Кафедра «Електрорухомий склад залізниць»
Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри
_____ А.М. Афанасов

" ____ " _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

Студента групи ET1811 Воронкін Едуард Ігорович
(П. І. Б.)

1 Тема дипломної роботи: _____

***Розробка статичного перетворювача власних потреб секції
електропоїзда постійного струму.***

затверджена наказом по університету № 85ст від «10» грудня 2021 р.

2 Термін подання студентом закінченої роботи: «12» червня 2022 р.

3 Вихідні дані до дипломної роботи: _____

Електропоїзд постійного струму приміський; напруга контактної мережі

$U_{\text{кмно}}=3$ кВ (2,2...4 кВ); споживачі власних потреб: освітлення салонів двох вагонів,

асинхронний привід системи вентиляції та калорифера (живлення калорифера 500 В),

система керування, акумуляторна батарея (110 В); базова схема перетворювача –

мостовий (пів мостовий) статичний однофазний автономний інвертор напруги на IGBT.

4 Розділи дипломної роботи та терміни виконання.

Назва розділу магістерської роботи	Термін виконання	Обсяг розділу, %	Кількість демонстраційних листів	Рекомендована література
Вступ, реферат, зміст.	22.05	5		
1 Аналіз схем власних потреб електропоїздів.	20.02	15	2	1, 2, 3
2 Розрахунок елементів навантаження вагону електропоїзда.	20.03	10	3	
3 Вибір структурної схеми перетворювача власних потреб.	01.05	40	1	1, 3
4 Розрахунок статичного перетворювача.	15.05	20	1	4, 5, 6
Висновки	29.05	2		
Оформлення роботи	12.06	8		

5 Рекомендована література

- 1 Преобразовательные полупроводниковые устройства подвижного состава / Под ред. Ю. М. Инькова.- М. : Транспорт, 1982. – 263 с.
- 2 Тихменев Б.Н. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. Теория работы электрооборудования – М.: Транспорт, 1980. – 471 с.
- 3 Ротанов Н. А., Захарченко Д. Д., Некрасов А. В., Иньков Ю. М. Проектирование систем управления электроподвижным составом. – М.: Транспорт, 1986. – 327с.
- 4 М. М. Казачковський. Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти: Навч. посібник для студ. вузів. – Д. : НГА України, 2000. – 196 с.
- 5 Б. Ю. Семенов. Силовая электроника: от простого к сложному / Б. Ю. Семенов. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. – 416 с.
- 6 Северенс Р. Импульсные преобразователи постоянного напряжения для систем вторичного электропитания / Пер. с англ. под ред. Л. Е. Смольникова. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 294 с.

Дата видачі завдання: « 10 » лютого 2022 р.

Керівник дипломної роботи:

(підпис)

Білухін Д. С.

(П. І. Б.)

Завдання прийняв до виконання:

(підпис)

Воронкін Е. І.

(П. І. Б.)

РЕФЕРАТ

Дипломна кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Розробка статичного перетворювача власних потреб секції електропоїзда постійного струму» містить: 44 сторінок основного тексту, 1 таблицю, 21 рисунок, 20 літературних джерел, 1 додаток.

У роботі досліджується можливість розробки статичного перетворювача електропоїзда постійного струму по аналогу електропоїздів ЭР2 та ЭР2Р. Розглянуто систему освітлення та допоміжні машини електропоїздів ЭР2 і ЭР2Р. Проаналізовано схеми власних потреб електропоїздів. Розраховано елементи навантаження вагону електропоїзда. Вибрано структурну схему перетворювача власних потреб. Розраховано та побудовано статичний перетворювач. Розраховано та підібрано нові лампочки для системи світильників і зовнішньої сигналізації. Метою виконання роботи є розробка статичного перетворювача власних потреб секції електропоїзда постійного струму.

Ключові слова: споживачі власних потреб, світлодіодна лампа, лампа розжарювання, допоміжні машини, перетворювач, зовнішня сигналізація, електрокомпресор, електродвигун, ЭР2, ЭР2Р.

Зміст

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СХЕМ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ.....	9
1.1. Електропоїзди ЭР2 і ЭР2Р.....	9
1.2 Світильники	10
1.3 Сигнальні лампи.....	11
1.4 Зовнішня сигналізація.....	11
1.5. Радіостанція	13
1.6. Апаратура оповіщення ТОН	14
1.7. Гучномовець	15
1.8. Апаратура зв'язку системи "Сигнал"	Ошибка! Закладка не определена.
1.9. Допоміжні машини.....	17
1.9.1. Динамотор ДК-604В	17
1.9.2. Перетворювач 1ПВ.005.....	18
1.9.3. Електродвигуни компресорів.....	18
1.9.4. Електродвигуни вентиляторів.....	18
1.9.5. Допоміжні електродвигуни	19
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ НАВАНТАЖЕННЯ ВАГОНУ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА	20
2.1. Вихідні дані до розрахунків	20
2.2. Розрахунок світильників	21
2.3. Розрахунок зовнішньої сигналізації.....	23
2.4. Допоміжні машини.....	24
2.5. Апаратура зв'язку електропоїздів ЭР2 та ЭР2Р.....	24
РОЗДІЛ 3 ВИБІР СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВЛАСНИХ ПОТРЕБ.....	25
3.1. Установка компресору на електропоїзд.....	25

					Розробка статичного перетворювача власних потреб секції електропоїзда постійного струму			
Змм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Воронкін Е.І.			Розрахунково-пояснювальна записка	Лит.	Лист	Аркушів
Перевірив		Білухін Д. С.					7	65
Реценз.						УДУНТ; НІІ ДІП. ЕТ1811		
Н. Контр.		Білухін Д.С.						
Затверд.		Білухін Д.С.						

3.1.1. Компресор ЕКВО – 0,8/9	25
3.2. Установка електродвигуна вентиляторів на електропоїзд	27
3.2.1. Електродвигун АІР 160 М6	27
3.3. Підбір світильників та зовнішньої сигналізації для електропоїзда	30
3.3.1. Підбір світильників беручи за аналог електропоїзд ЕР2	30
3.3.2. Підбір світильників беручи за аналог електропоїзд ЕР2Р	35
3.3.3. Підбір зовнішньої сигналізації беручи за аналог електропоїзди ЕР2 і ЕР2Р	37
3.4. Проектування структурної схеми перетворювача	41
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК СТАТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА	44
4.1. Вибір силових елементів автономного інвертора напруги з АІМ модуляцією для електрокомпресора ЕКВО – 0,8/9	44
4.2. Вибір силових елементів автономного інвертора напруги з ШІМ модуляцією для електродвигуна АІР 160 М6	48
4.3. Розрахунок підібраних світильників і зовнішньої сигналізації по аналогу електропоїздів ЕР2 та ЕР2Р	50
4.3.1. Розрахунок світильників по аналогу електропоїздів ЕР2 і ЕР2Р	50
4.3.2. Розрахунок зовнішньої сигналізації	52
4.4. Конструювання схеми перетворювача	52
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	54
ДОДАТКИ	57
Додаток А Демонстраційні матеріали до захисту проекту «Розробка статичного перетворювача власних потреб секції електропоїзда постійного струму»	58

					Розробка статичного перетворювача власних потреб секції електропоїзда постійного струму						
Змм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							
Виконав		Воронкін Е.І.			Розрахунково-пояснювальна записка			Лит.	Лист	Аркушів	
Перевірив		Білухін Д. С.								7	65
Реценз.								УДУНТ; НІІ ДІП. ЕТ1811			
Н. Контр.		Білухін Д.С.									
Затверд.		Білухін Д.С.									

ВСТУП

Моторвагонний рухомий склад призначений для перевезення пасажирів в пригородньому сполученні на електрифікованих лініях залізничної дороги і є одним із затребуваних транспортних засобів, технічного рівня від якого залежить коефіцієнт рухомості населення.

На розробку нових типів електропоїздів вплинула електрифікація залізниць на змінному струмі.

В справжній час на залізничних дорогах експлуатується електрорухомий склад технічний рівень якого морально застарів, тому що технології, які використовуються на даних електропоїздах були запропоновані ще в 60-х роках минулого століття. Данні серії значно уступають зарубіжним аналогам по причині використання в даних електропоїздах застарілої елементної бази випрямляючої установки.

У даній роботі розробляється статичний перетворювач власних потреб секції електропоїзда постійного струму.

						Арк.
						8
Змм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ СХЕМ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ

1.1. Електропоїзди ЕР2 і ЕР2Р.

Розглянемо коло власних потреб масових електропоїздів, що застосовуються на залізницях України, які електрифіковані постійним струмом – ЕР2 і ЕР2Р.

Електропоїзди постійного струму призначені для перевезення пасажирів на лініях приміського сполучення, що електрифіковані на постійному струмі з номінальною напругою 3000 В. Загальний вигляд електропоїзда ЕР2 подано на рисунку 1.1, а ЕР2Р на рисунку 1.2. [1, 4]

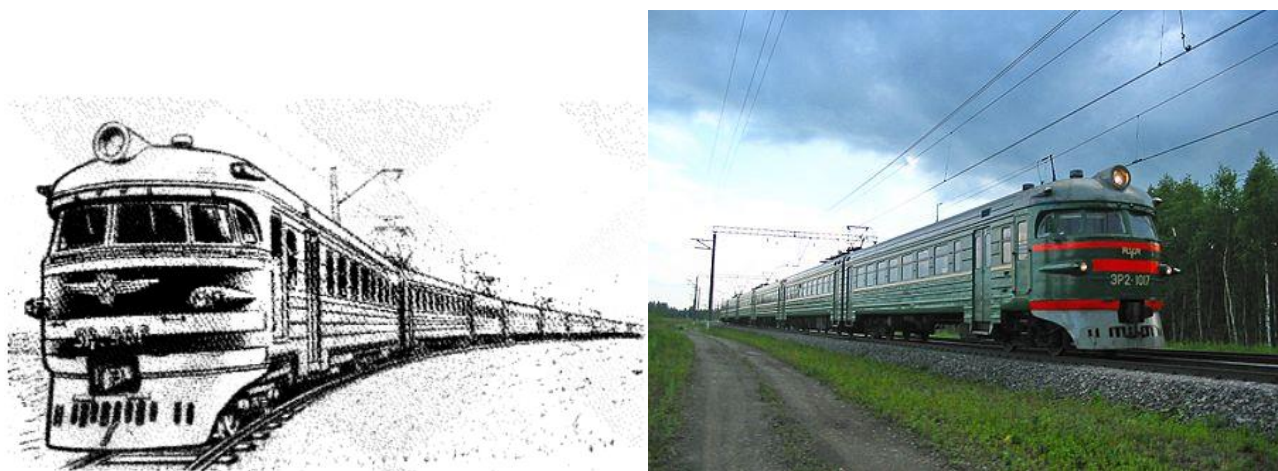


Рис. 1.1. Загальний вигляд електропоїзда ЕР2. [1, 2]

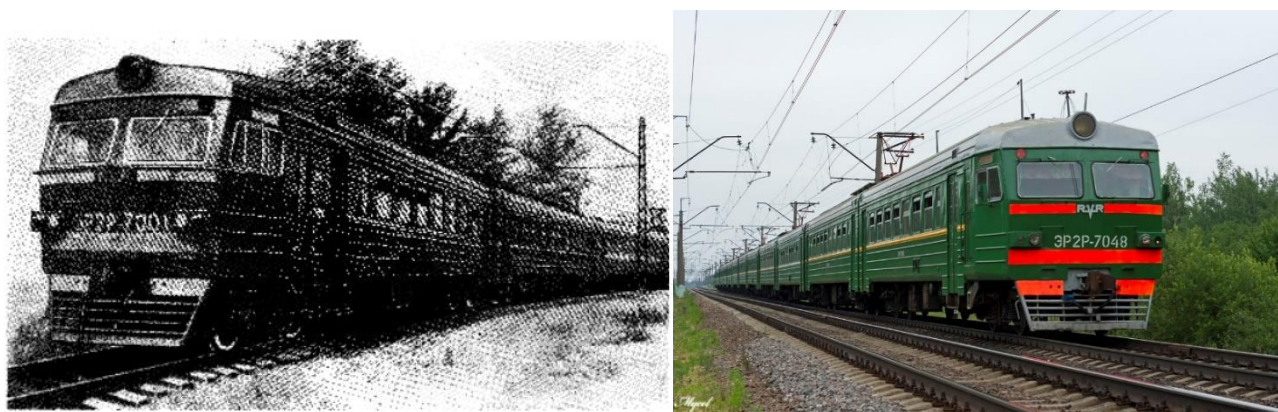


Рис. 1.2. Загальний вигляд електропоїзда ЕР2Р. [1, 3]

За основну поїздну одиницю електропоїздів ЕР2 та ЕР2Р прийнято 10-вагонний електропоїзд, що складається з двох головних, п'яти моторних і трьох причіпних вагонів. В експлуатації ці поїзди можуть формуватися з 4, 6, 8, 10 та

12 вагонів. [1, 4]

Для забезпечення умов автономності поїзда кількість вагонів у ньому має бути не меншою за чотири, з них два вагони — головні з кабінами управління. Найбільша кількість вагонів, що вибирається за умовами навантаження ланцюгів управління та довжинами пасажирських платформ, — 12. У будь-якому варіанті електропоїзд містить два головні вагони, а кількість моторних дорівнює половині загальної кількості вагонів. [1, 4]

1.2. Світильники.

Для освітлення та світлової сигналізації в електропоїздах застосовують електричні лампи з двоконтактним пружним патроном, що забезпечує надійний контакт при трясці. Ці лампи мають знижену на 12-15 ° світлову віддачу в порівнянні з нормальними лампами з метою забезпечення терміну служби лампи до 1000 год. [1, 4]

Освітлення пасажирських приміщень здійснюється за допомогою ламп розжарювання потужністю 50 Вт, які на електропоїзді ЕР2 живить генератор постійного струму напругою 50 В. Для чергового освітлення використовують лампи 15 Вт, напругою 55 В. На електропоїздах ЕР2Р освітлення пасажирських приміщень і тамбурів здійснюється за допомогою ламп 100 Вт, напругою 220 В, а чергове – лампами 15 Вт, 110 В. Живляться ці лампи від синхронного генератора. [1, 4]

В салонах вагонів лампи основного освітлення встановлені в два ряди в спеціальних плафонах (16 в головному вагоні і по 20 в моторному і причепному). В плафонах, які мають по два патрона, передбачені лампи чергового освітлення (по чотири в салоні). [1, 4]

В тамбурах встановлені по два плафона з лампами основного і чергового освітлення, які слугують одночасно для освітлення підніжок. Лампи чергового освітлення отримують живлення від акумуляторної батареї. [1, 4]

На вагонах передбачено також освітлення кабіни, шаф, туалетних вузлів, горищ, ходових частин, ящиків з апаратурою, коридорів. [1, 4]

Світильник має штампований відбивач, пофарбований білою емаллю, і

						Арк.
						10
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матове скло, вставлене в відкидну хромовану рамку. Для посилення світлового потоку і рівномірного його розсіювання поверхні нижньої частини скла, яка виконана ребристо. [1, 4]

1.3. Сигнальні лампи.

В кабіні машиніста на пульті управління встановлений блок сигнальних ламп, під кожною прикріплена відповідна табличка. Лампи розташовані в наступному порядку (зліва направо) і мають лінзи: РН – зеленого кольору; «Двері» - синього; РП – молочно-білого; БВ – червоного; Л К – молочно-білого; РБ – синього; РПД і РПК – жовтого; РПО – синього; СОТ – жовтого; Т – зеленого; К – молочно-білого кольору. [1, 4]

На задніх стінках лобових шаф і боковій стінці шафи моторного вагона розташовані сигнальні лампи РПД і РПК, БВ і РП, які видно як ззовні, так і зі сторони тамбура. [1, 4]

При порушенні одного з ланцюгів вмикається відповідна сигнальна лампа на пульті кабінки машиніста і стінках шаф моторного вагона. Світильник з лампою чергового освітлення наведено на рисунку 1.3. [1, 4]

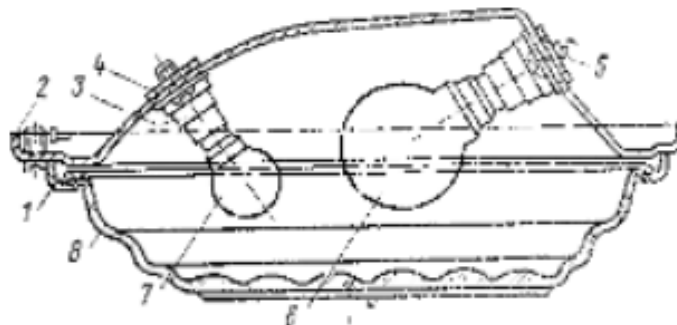


Рис. 1.3. Світильник з лампою чергового освітлення:

1 – відкидна рамка плафона; 2 – каркас плафона; 3 – штифтовий патрон з фланцем; 4 – шайба патрону; 5 – гвинт; 6 – лампа основного освітлення; 7 – лампа чергового освітлення; 8 – скло плафону. [1, 4]

1.4. Зовнішня сигналізація.

На лобовій стіні головного вагону розташовані: прожектор, буферні ліхтарі, два верхніх сигнальних вогні і два нижніх. Ввімкнення сигналів в

голові і хвості потяга здійснюється відповідно з Інструкцією по сигналізації на залізних дорогах Союзу РСР. Розташування сигнальних вогнів на лобовій стіні головного вагону наведено на рисунку 1.4. [1, 4]

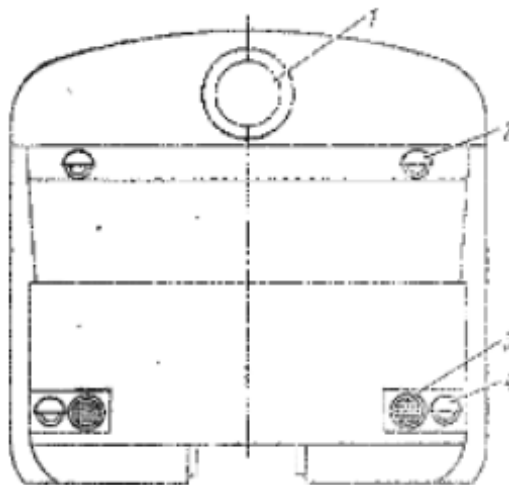


Рис. 1.4. Розташування сигнальних вогнів на лобовій стіні головного вагону:

1 – прожектор; 2 – верхній сигнальний вогонь; 3 – буферний ліхтар; 4 – нижній сигнальний вогонь. [1, 4]

На підставі прожектора закріплений тримач зі штирем, на якому закріплена лампа з патроном. Гайкою можна регулювати висоту прожектора, а за допомогою болта і кронштейна – направлення проміння прожектора по відношенню до осі шляху. Регулювання здійснюють з кабіни машиніста. Лампа прожектора потужністю 500 Вт розрахована на напругу 50 В. Світло лампи посилюється увігнутим люстерком, розташованим ззаду цієї лампи. Лампа з патроном закріплена на кронштейні в фокусі люстерка. Прожектор має захисне скло. [1, 4]

Буферні ліхтарі розташовані в спеціальних обтічниках типу автомобільних фар. Лампи в буферні ліхтарі встановлюють на 25 В і 25 Вт.

Верхні і нижні сигнальні ліхтарі мають змінні лінзи червоного та білого кольору. Лінзи виконані з концентричними ребрами трикутного профілю, за допомогою яких рівномірно розподіляється світловий потік. Прожектор наведено на рисунку 1.5. [1, 4]

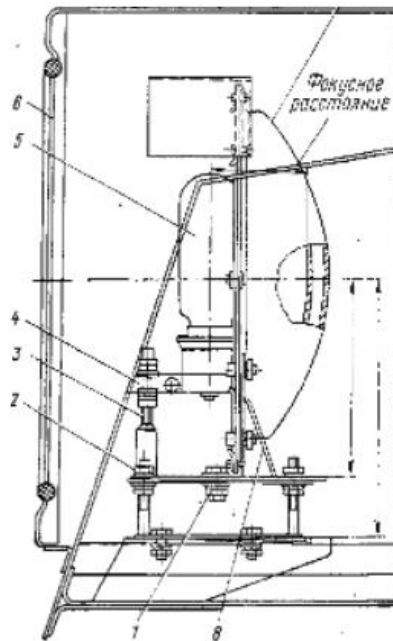


Рис. 1.5. Проектор:

1 – болт; 2 – гайка; 3 – штир; 4 – тримач; 5 – лампа; 6 – захисне скло; 7 – увігнуте люстерко; 8 – кронштейн. [1, 4]

1.5. Радіостанція.

Для радіотелефонного зв'язку машиніста з диспетчером, черговим по станції, а також машиністами інших потягів, в кабіні машиніста встановлена радіостанція 42РТМ-А2-ЧМ (з подвійним керуванням). На даху головного вагона встановлюється короткохвильова антена. У комплект радіостанції входять: блок живлення, блок низькочастотних та викликних пристроїв, приймач, два пульти управління, антенно-узгоджувальний пристрій, два гучномовці, трійник і мікротелефон. [1, 4]

У кабіні машиніста встановлено два пульти управління: для машиніста (з мікротелефоном) та для помічника машиніста. На задній стінці кабіни розміщені гучномовці. Решта обладнання розміщено у службовому тамбурі в шафі, крім антенно-узгоджувального пристрою, який розміщений у горищі над шафою. Радіостанцію 42РТМ-А2-ЧМ наведено на рисунку 1.6. [1, 4]



Рис. 1.6. Радіостанція 42РТМ-А2-ЧМ. [1, 4]

1.6. Апаратура оповіщення ТОН.

Комплект ТОН застосовується з електропоїзда ЕР2 № 1098 та впроваджується у порядку модернізації на інших електропоїздах. Ця апаратура служить для: передачі гучномовної мережі пасажирам повідомлень про порядок прямування поїзда або іншої інформації; ведення службових переговорів щодо окремої двопровідної лінії між машиністом та його помічником у хвостовій кабіні. [1, 4]

До складу комплексу ТОН входять підсилювач низької частоти У-100, маніпулятор, перехідний пристрій та пульт. [1, 4]

На електропоїзді ЕР2 підсилювач У-100 приєднують безпосередньо до акумуляторної батареї напругою 50 В. Його встановлюють у службовому тамбурі у шафі. [1, 4]

Для забезпечення зручності роботи передбачено підключення до підсилювача У-100 трьох пультів, один з яких знаходиться на пульті кабіни машиніста, а два інших – у службовому тамбурі. На пульті машиніста встановлено мікрофон (маніпулятор) та кнопка «Виклик». Для контролю оповіщення, а також для ведення службових переговорів на задній стінці кабіни встановлено два гучномовці. Апаратура оповіщення забезпечує безперервну

роботу під час передачі сигналів тривалістю трохи більше 5 хв із наступним вимкненням на 3 хв. При переговорах або передачі інформації в салон вагона необхідно підключити мікрофон до пульта, перевірити сигнальну лампу підсилювача У-100 наявність вихідної напруги. Після цього мікрофон розташовують на відстані 3-5 см від рота, натискають на тангент мікрофона і передають повідомлення. [1, 4]

Для ведення службових переговорів необхідно натиснути кнопку «Виклик», після отримання сигналу переговор необхідно вести при натиснутій тангенті, а прийомі інформації тангенту відпустити. [1, 4]

1.7. Гучномовець.

Він призначений для оповіщення пасажирів про зупинки, закінчення посадки-висадки, закривання дверей та передачу інших оголошень, а також для ведення службових переговорів. [1, 4]

У пасажирських приміщеннях встановлено по чотири гучномовці, у тамбурах — по одному. [1, 4]

У кабіні машиніста є два гучномовці: один служить для контролю якості передачі оповіщення, через інший здійснюється передача у відповідь при службових переговорах. [1, 4]

Гучномовець має дерев'яну основу, на якій змонтовані динамічна головка, з тильного боку закрита чохлом, узгоджуючий трансформатор, рейку із затискачами. Для підключення гучномовця до мережі встановлено штепсельну розетку. Гучномовець наведено на рисунку 1.7. [1, 4]

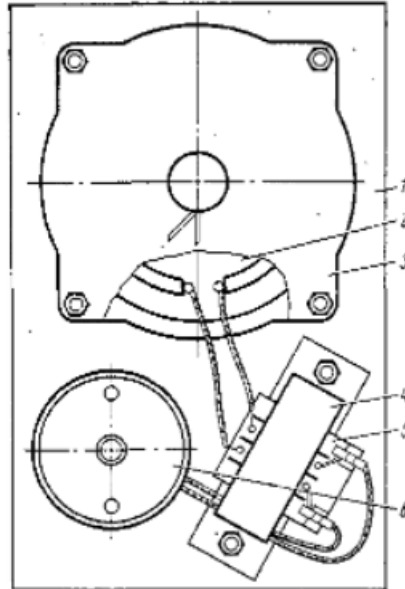


Рис. 1.7. Гучномовець:

1 – дерев'яна основа; 2 – динамічна головка; 3 – чохол; 4 – узгоджуючий трансформатор; 5 – рейка із затискачами; 6 – штепсельна розетка. [1, 4]

1.8. Апаратура зв'язку системи "Сигнал".

Для зв'язку пасажир-поїзна бригада встановлюють апаратуру "Сигнал". Вона призначена для екстреної передачі поїзній бригаді та наряду міліції повідомлень пасажирів про порушення правопорядку, нещасні випадки та інші надзвичайні події, що виникають в електропоїзді. Апаратура розрахована для експлуатації за температури від -25 до +50 °С. [1, 4]

До складу робочого комплекту апаратури "Сигнал" входять: переговорно-комутаційний пристрій ПКУ - 2 шт.; переговорний пристрій пасажирів ПУ – 24 шт.; пристрій підключення - 2 шт. Апаратура "Сигнал" працює у взаємодії з апаратурою "ТОН".[1, 4]

Живлення переговорно-комутаційних пристроїв здійснюється від акумуляторної батареї напругою 50 В відповідних головних вагонів. ПУ живиться дистанційно по лінії службового зв'язку постійним струмом напругою 30 від вторинного джерела живлення ВІПа, що входить до складу ПКУ. [1, 4]

Передача мовного сполучення пасажирів здійснюється по лінії службового зв'язку з будь-якого з вагонів, де встановлені ПУ, при натиснутій

кнопці В. Розмовний сигнал з мікрофоном посилюється мікрофонним підсилювачем ПУ та по лінії зв'язку через узгоджуючий трансформатор Тр3 надходить на входи підсилювачів ПКУ та відтворюється гучномовцями службового зв'язку. Відключення підсилювача головного та хвостового вагонів від лінії зв'язку здійснюється переведенням вимикача В1 ПКУ у вимкнене положення. При цьому спрацьовує реле Р2, що відключає ПКУ від лінії. Помічник машиніста або провідник хвостового вагона відповідає пасажиру за допомогою маніпулятора апаратури «ТОН», натиснувши клавішу О (оповіщення). [1, 4]

Службові переговори між членами поїзної бригади, які перебувають у головному та хвостовому вагонах, здійснюються в такий спосіб. На маніпуляторі під час передачі повідомлення натискають клавішу С (зв'язок). При цьому спрацьовує реле Р1 переговорно-комутаційного пристрою, контакти якого відключають вхід підсилювача ПКУ від вторинної обмотки узгоджувального трансформатора Тр2 і підключають вихід підсилювача У-100 лінії зв'язку. При спрацьовуванні реле Р1 з лінії зв'язку знімається напруга дистанційного живлення, тобто здійснюється вимкнення переговорних пристроїв пасажира. [1, 4]

В апаратурі передбачена можливість передачі розмовних сигналів по лінії зв'язку при відключених ПКУ- Для цього роз'єм з'єднувального кабелю встановлюється в роз'єм Ш2 пристрою підключення У П. [1, 4]

Переговорний пристрій виконано у вигляді блоку та встановлюється у пасажирському вагоні під обшивкою вагона. [1, 4]

1.9. Допоміжні машини.

1.9.1. Динамотор ДК-604В.

На електропоїзді ЕР2 встановлена допоміжна машина динамотор ДК-604В. Під причіпними та головними вагонами електропоїзда встановлено перетворювачі (динамотори) ДК-604В. Перетворювач ДК-604В поєднує в собі одразу дві машини: дільник напруги та посаджений з ним на одну вісь

генератор струму керування. Дільник двоколекторної напруги, тобто при напрузі в контактній мережі 3000 В (живлення на причіпний вагон надходить від моторного), динамотор дозволяє отримати 1500 В, яке необхідне для живлення двигуна компресора. Генератор є джерелом живлення ланцюгів керування, його номінальна напруга становить 50 В. Частота обертання валу перетворювача становить 1000 об/хв; при цьому потужність динамотора становить 12 кВт (струм 5,3 А), а генератора - 10 кВт (струм 200 А). Загальна маса перетворювача становить 1200 кг. При непрацюючому генераторі ланцюга управління отримують живлення від лужної акумуляторної батареї, що знаходиться на цьому вагоні. [2]

1.9.2. Перетворювач 1ПВ.005.

На електропоїзді ЭР2Р встановлено перетворювач 1ПВ.005. Він складається із двигуна і синхронного генератора трифазного змінного струму.[1]

Двигун перетворювача призначений для приведення у обертання ротора генератора і являє собою одноколекторну чотириполюсну машину постійного струму зі змішаним збудження та вентиляцією. Частота обертання валу становить 1000 об/хв; потужність 50 кВт; напруга 3000 В; струм 19,2 А. [1]

Синхронний генератор призначений для живлення допоміжних ланцюгів електропоїзда. Складається з нерухомої частини (статора) і рухомої – (ротора). Частота обертання становить 1000 об/хв; потужність 30 кВт; напруга 220 В; струм 94,3 А. [1]

1.9.3. Електродвигуни компресорів.

На електропоїзді ЭР2 для обертання валу компресора, який забезпечує стисненням повітрям пневматичну мережу електропоїзда, використовують електродвигун ДК-409В. На електропоїзді ЭР2Р – 548А. [1, 4]

Двигун-компресор встановлено на кожному причіпному вагоні. Електродвигун ДК-409В має потужність 5 кВт. Його робочий струм дорівнює 4,65 А, а напруга - 1500 В. Електродвигун 548А – потужність, як і в

						Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

електродвигуна ДК-409В; номінальний струм 28 А; напруга 220 В. [1, 4]

1.9.4. Електродвигуни вентиляторів.

Для примусової подачі повітря в пасажирське приміщення використовують електродвигун вентилятора. Влітку – для вентиляції, взимку – для обігріву. [1, 4]

На електропоїзді ЭР2 використовується електродвигун постійного струму П-41. Його потужність складає 1,2 кВт; напруга 50 В. [1, 4]

На електропоїзді ЭР2Р використовується трифазний асинхронний електродвигун АОМ-32-4. Потужність 5 кВт; напруга 50 В; струм 28 А. [1, 4]

1.9.5. Допоміжні електродвигуни.

На моторних вагонах електропоїзда ЭР2 для підйому струмоприймача встановлено допоміжний компресор КБ-1В. Це поршневий прямоточний одноступінчастий компресор, який приводиться в дію електродвигуном постійного струму П-11. Такий же двигун застосовується для приводу вентилятора кабіни машиніста. Потужність даного електродвигуна складає 0,5 кВт; напруга 50 В. [1, 4]

На моторних вагонах електропоїзда ЭР2Р встановлений допоміжний компресор А70.000. Він приводиться до дії електродвигуном постійного струму П-31. Потужність 0,7 кВт; напруга 50 В. Для приводу вентилятора кабіни машиніста електропоїзда ЭР2Р застосовується електродвигун АОМ-22-2. Потужність якого складає 1 кВт; напруга 50 В; струм 4,4 А. [1, 4]

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ НАВАНТАЖЕННЯ ВАГОНУ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА

2.1 Вихідні дані до розрахунків.

Надалі будемо проводити розрахунки, що до споживання електроенергії: апарати освітлення, сигналізації, засоби зв'язку та сповіщення.

Спочатку проведемо розрахунки споживання до заміни деяких апаратів низьковольтних ланцюгів.

Основні лампи розжарювання мають потужність 50 Вт і 50 В, чергові 15 Вт і 55 В – в електропоїзді ЕР2. Основні 100 Вт і 220 В, чергові 15 Вт і 110 В – в електропоїзді ЕР2Р. [1, 4]

В кабіні машиніста на пульті управління встановлений блок сигнальних ламп – з потужністю 4 Вт і напругою 60 В. [1, 4]

На лобовій стіні головного вагону розташовані: прожектор – потужність 500 Вт, напруга 50 В; буферні ліхтарі – потужність 25 Вт, напруга 50 В; два верхніх сигнальних вогні і два нижніх – потужність 50 Вт, напруга 50 В. [1, 4]

Радіостанція 42РТМ-А2-ЧМ, в якій встановлений в діапазоні УКВ, - потужність 8-15 Вт $\approx$ 12 Вт, напруга 50 В. [1, 4]

Апаратура оповіщення ТОН – напруга 50 В. [1, 4]

Гучномовець – напруга 50 В. [1, 4]

Апаратура зв'язку системи "Сигнал" – напруга 50 В. [1, 4]

Електродвигуни компресорів: ДК-409В – потужність 5 кВт, напруга 1500 В; 548А – потужність 5 кВт, 220 В. [1, 4]

Електродвигуни вентиляторів: електродвигун П-41 – потужність 1,2 кВт, напруга 50 В; електродвигун АОМ-32-4 – потужність 5 кВт, напруга 50 В. [1, 4]

Допоміжні електродвигуни: електродвигун П-11 – потужність 0,5 кВт, напруга 50 В (х2); електродвигун П-31 – потужність 0,7 кВт, напруга 50 В; АОМ-22-2 – потужність 1 кВт, напруга 50 В. [1, 4]

						Арк.
Змм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.2. Розрахунок світильників.

Кількість ламп розжарювання складає: 16 в головному вагоні і по 20 в моторному та причепному. Також в салоні передбачено 4 лампи чергового освітлення. [1, 4]

В тамбурі встановлені по 2 плафона з лампами основного і чергового освітлення, тобто 2 лампи розжарювання основного і 2 чергового освітлення. [1, 4]

Нам відомо, кількість ламп основного і чергового освітлення в моторному та причепному вагонах, тому можна визначити потрібну для освітлення, салону та тамбуру, електроенергію. [1, 4]

Визначаємо для моторного вагону електропоїзда ЭР2: [5]

$$P_{\text{лмв1}} = (P_{\text{ол}} \cdot n_{\text{ол}}) + (P_{\text{чл}} \cdot n_{\text{чл}})$$

$P_{\text{лмв1}}$ – загальна потужність ламп моторного вагону;

$P_{\text{ол}}$ – потужність основної лампи;

$P_{\text{чл}}$ – потужність чергової лампи;

$n_{\text{ол}}$ – кількість основних ламп;

$n_{\text{чл}}$ – кількість чергових ламп. [5]

$$P_{\text{лмв1}} = (50 \cdot 22) + (15 \cdot 6) = 1190 \text{ Вт}$$

Визначаємо для причепного вагону електропоїзда ЭР2: [5]

$$P_{\text{лпв1}} = (P_{\text{ол}} \cdot n_{\text{ол}}) + (P_{\text{чл}} \cdot n_{\text{чл}})$$

$P_{\text{лпв1}}$ – загальна потужність ламп причепного вагону;

$P_{\text{ол}}$ – потужність основної лампи;

$P_{\text{чл}}$ – потужність чергової лампи;

$n_{\text{ол}}$ – кількість основних ламп;

$n_{\text{чл}}$ – кількість чергових ламп. [5]

$$P_{\text{лпв1}} = (50 \cdot 22) + (15 \cdot 6) = 1190 \text{ Вт}$$

Визначаємо для головного вагону електропоїзда ЭР2: [5]

$$P_{\text{лгв1}} = (P_{\text{ол}} \cdot n_{\text{ол}}) + (P_{\text{чл}} \cdot n_{\text{чл}})$$

$P_{\text{лгв1}}$ – загальна потужність ламп головного вагону;

$P_{\text{ол}}$ – потужність основної лампи;

$P_{\text{чл}}$ – потужність чергової лампи;

$n_{\text{ол}}$ – кількість основних ламп;

$n_{\text{чл}}$ – кількість чергових ламп. [5]

$$P_{\text{лпв1}} = (50 \cdot 18) + (15 \cdot 6) = 990 \text{ Вт}$$

Визначаємо для моторного вагону електропоїзда ЭР2Р: [5]

$$P_{\text{лмв2}} = (P_{\text{ол}} \cdot n_{\text{ол}}) + (P_{\text{чл}} \cdot n_{\text{чл}})$$

$P_{\text{лмв2}}$ – загальна потужність ламп моторного вагону;

$P_{\text{ол}}$ – потужність основної лампи;

$P_{\text{чл}}$ – потужність чергової лампи;

$n_{\text{ол}}$ – кількість основних ламп;

$n_{\text{чл}}$ – кількість чергових ламп. [5]

$$P_{\text{лмв2}} = (100 \cdot 22) + (15 \cdot 6) = 2290 \text{ Вт}$$

Визначаємо для причепного вагону електропоїзда ЭР2Р: [5]

$$P_{\text{лпв2}} = (P_{\text{ол}} \cdot n_{\text{ол}}) + (P_{\text{чл}} \cdot n_{\text{чл}})$$

$P_{\text{лпв2}}$ – загальна потужність ламп причепного вагону;

$P_{\text{ол}}$ – потужність основної лампи;

$P_{\text{чл}}$ – потужність чергової лампи;

$n_{\text{ол}}$ – кількість основних ламп;

$n_{\text{чл}}$ – кількість чергових ламп. [5]

$$P_{\text{лпв2}} = (100 \cdot 22) + (15 \cdot 6) = 2290 \text{ Вт}$$

Визначаємо для головного вагону електропоїзда ЭР2: [5]

$$P_{\text{лгв2}} = (P_{\text{ол}} \cdot n_{\text{ол}}) + (P_{\text{чл}} \cdot n_{\text{чл}})$$

$P_{\text{лгв2}}$ – загальна потужність ламп головного вагону;

$P_{\text{ол}}$ – потужність основної лампи;

$P_{\text{чл}}$ – потужність чергової лампи;

$n_{\text{ол}}$ – кількість основних ламп;

$n_{\text{чл}}$ – кількість чергових ламп. [5]

$$P_{\text{лпв2}} = (100 \cdot 18) + (15 \cdot 6) = 1890 \text{ Вт}$$

2.3. Розрахунок зовнішньої сигналізації.

В зовнішню сигналізацію електропоїздів ЭР2 і ЭР2Р входить: прожектор потужністю 500 Вт, буферні ліхтарі потужністю 25 Вт, два верхніх і два нижніх сигнальних вогні потужністю 50 Вт.

Сума потрібної потужності, для зовнішньої сигналізації електропоїздів ЭР2 і ЭР2Р, буде виглядати наступним чином: [5]

$$\sum P_{\text{зсгв}} = P_{\text{лп}} + (2 \cdot P_{\text{бл}}) + (4 \cdot P_{\text{св}})$$

$\Sigma P_{згсв}$ – сума потужності зовнішньої сигналізації головного вагону електропоїздів ЭР2 і ЭР2Р;

$P_{пл}$ – потужність лампи прожектора;

$P_{бл}$ – потужність буферного ліхтаря;

$P_{св}$ – потужність сигнального вогню. [5]

$$\Sigma P_{згсв} = 500 + (2 \cdot 25) + (4 \cdot 50) = 750 \text{ Вт}$$

2.4. Допоміжні машини.

На електропоїзді ЭР2 встановлений електродвигун ДК-409В, призначений для обертання валу компресора, який працює при напрузі 1500 В і потужність якого складає 5 кВт. А на електропоїзді ЭР2Р встановлений електродвигун 548А – потужність 5 кВт і напруга 220 В. [1, 4]

На електропоїзді ЭР2, для примусової подачі повітря в пасажирське приміщення, використовується електродвигун постійного струму П-41, потужність якого сягає 1,2 кВт при напрузі 50 В. А на електропоїзді ЭР2Р встановлено трифазний асинхронний електродвигун АОМ-32-4, з потужністю 5 кВт і напругою 220 В. [1, 4]

Також на електропоїзді ЭР2Р встановлений допоміжний компресор А70.000, який приводиться до дії електродвигуном постійного струму П-31, для підйому струмоприймача, потужність якого складає 0,7 кВт при напрузі 110 В. На електропоїзді ЭР2 встановлений допоміжний компресор КБ-1В, який приводиться в дію за допомогою електродвигуна постійного струму П-11, потужність якого 0,5 кВт при напрузі 50 В. [1, 4]

2.5. Апаратура зв'язку електропоїздів ЭР2 та ЭР2Р.

Такі апарати, як: радіостанція – 42РТМ-А2-ЧМ, апаратура оповіщення ТОН, гучномовець, апаратура зв'язку системи "Сигнал" -, можна зробити надбавку як плюс 25 відсотків до необхідної електроенергії. [1, 4]

3 ВИБІР СТРУКТУНОЇ СХЕМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВЛАСНИХ ПОТРЕБ

3.1. Установка компресору на електропоїзд.

Для підвищення продуктивності допоміжних машин порівняно з електропоїздами ЭР2 та ЭР2Р, а саме компресору – можна встановити компресор ЕКВО-0,8/9.

3.1.1. Компресор ЕКВО – 0,8/9.

Спочатку, перед установкою, ознайомимося з компресором ЕКВО – 0,8/9. ЕКВО – 0,8/9 виглядає наступним чином: [6, 7]

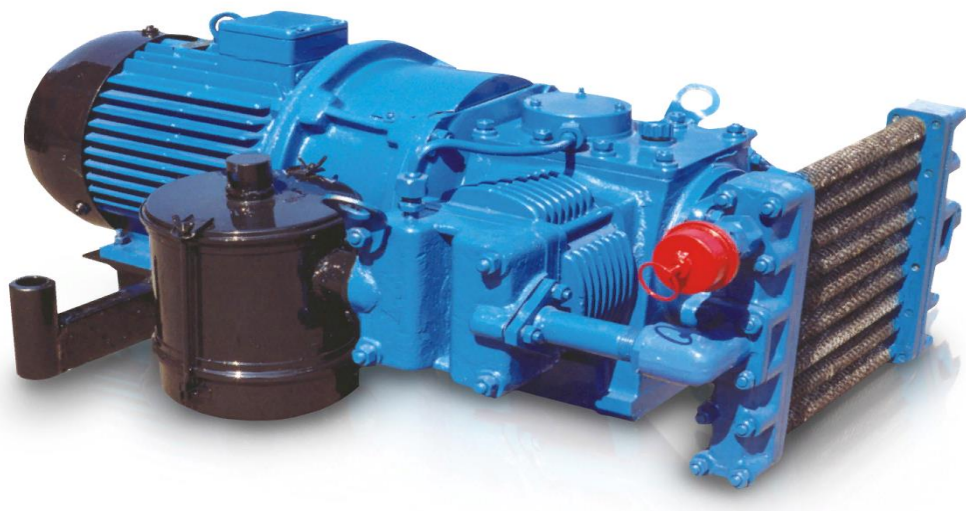


Рисунок 3.1. – Компресор ЕКВО – 0,8/9 [6, 7]

Електрокомпресор ЕКВО – 0,8/9, який зображений на рисунку 3.1., призначений для одержання стисненого повітря тиском до 9 кгс/см² і постачання їм гальмівної пневматичної системи і інших приладів рухомого складу залізничного транспорту, в тому числі електропоїздів і дизельпоїздів виробництва ПО «Луганськтепловоз». Можливе використання електрокомпресора як джерело стисненого повітря для пневмосистем інших машин та агрегатів. [6, 7]

Особливістю даного електрокомпресора є наявність тенів для підігріву мастила. [6, 7]

Конструкція компресора забезпечує її працездатний стан при експлуатації в нижчеперелічених умовах навколишнього середовища: температура навколишнього повітря від -40 до +400 °С, атмосферному тиску не нижче 650 мм.рт.ст. [6, 7]

Характеристики компресора:

Продуктивність при максимальному тиску нагнітання і частоті обертання колінчастого валу компресора 1450 об / хв: 800 л/хв;

Максимальний тиск нагнітання: 9 кгс/см²;

Тип компресора: повітряний, поршневий, 2-х циліндровий з опозитним розташуванням циліндрів та проміжним охолодженням;

Частота обертання колінчастого валу: 1450 об/хв.;

Кількість циліндрів: 2;

Кількість ступенів: 2;

Діаметр циліндра 1-ої ступені: 140 мм.;

Діаметр циліндра 2-ої ступені: 80 мм.;

Хід поршня: 50 мм.;

Охолодження: повітряне;

Модель електродвигуна: АИР132М4;

Тип двигуна: асинхронний;

Потужність двигуна: 11 кВт;

Номинальний струм: 21 А;

Напруга: 380 В;

Маса електродвигуна: 100 кг;

Маса компресора (без мастила): 220 кг;

Габаритні розміри: довжина – 1000 мм., ширина – 725, висота – 400 мм.

[6, 7]

Електрокомпресор ЕКВО – 0,8/9 – моноблочний, двоступеневий, поршневий, двоциліндровий з опозитним горизонтальним розташуванням циліндрів і проміжним охолодженням. [6, 7]

						Арк.
Змм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

До складу електрокомпресора входить: компресор ЕКВО-0,8/9, електродвигун АІР 132 М4, передня опора, опора електродвигуна, повітряний фільтр. [6, 7]

3.2. Установка електродвигуна вентиляторів на електропоїзд.

Також для підвищення продуктивності, в порівнянні з електропоїздами ЭР2 і ЭР2Р, установимо електродвигун АІР 160 М6, який буде слугувати для приводу в дію вентиляторів електропоїзда.

3.2.1. Електродвигун АІР 160 М6.

Перед тим як встановити електродвигун, спочатку ознайомимося з ним.

Електродвигун АІР 160 М6 має наступний вигляд: [8, 9]



Рисунок 3.2. – Електродвигун АІР 160 М6. [8, 9]

Всі технічні параметри трифазного електродвигуна АІР 160 М6, який зображений на рисунку 3.2, є типовими і відповідають стандарту ГОСТ 183-74. АІР160М6 має потужність 15 кВт при фактичній частоті обертання валу 970

об/хв. Двигун розроблений для використання в мережі змінного струму частотою 50 Гц і з напругою 380/660 В (з'єднання обмоток Δ / Y). Коефіцієнт корисної дії (ККД) складає 89,0%. [8, 9]

Ізоляція обмоток статора відповідає класу F і може витримувати нагрів до 150°C. Підвищений захист класу IP55 забезпечує захист від потрапляння пилу та вологи. Самим оптимальним режимом експлуатації електромотора АІР160М6 є режим S1, який має на увазі тривалу роботу зі стабільним навантаженням. [8, 9]

Для монтажного виконання ІМ 2081, ІМ 3081 є можливість комплектації радіально-упорними підшипниками. Вони застосовуються при умові монтажу електродвигуна вільним кінцем валу вгору або вниз. На відміну від стандартних осьових підшипників, радіально-упорні нівелюють радіальне навантаження, яке виникає внаслідок зміни горизонтального розміщення електродвигуна на вертикальне. [8, 9]

Характеристики електродвигуна:

Потужність: 15 кВт;

Частота обертання умовна (фактична): 1000 (970) об/хв;

Напруга (Δ / Y): 380 В;

Сила струму: 31,6 А;

ККД: 89%;

Коефіцієнт потужності: 0,81;

Співвідношення крутних моментів: 2 і 2,1;

Співвідношення струмів: 7;

Момент інерції: 0,075 кг · м²;

Рівень шуму: 73 дБ;

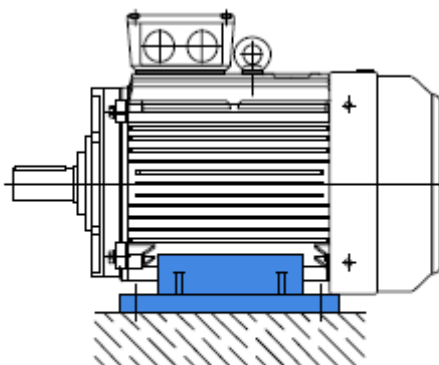
Вага: 165 кг; [8, 9]

АІР 160 М6 – це асинхронний електродвигун, трифазний загальнопромисловий магнітоелектричний двигун з короткозамкненим ротором, який має наступні розміри: довжина – 660 мм, ширина – 320 мм, висота – 420 мм. [8, 9]

						Арк.
Змм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Трифазні електромотори АІР 160 М6 мають конструктивні виконання по способу монтажу згідно ГОСТ 2479-79. Самі поширені варіанти: [8, 9]

1. ІМ 1081:

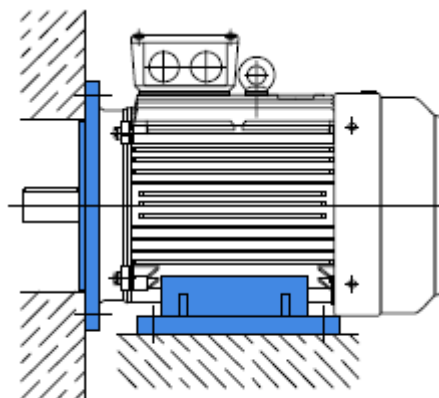


ІМ 1081

Рисунок 3.3. ІМ 1081 - електродвигун АІР160М6 з лапами. [8, 9]

ІМ 1081 – електродвигун АІР 160 М6 з лапами, який зображений на рисунку 3.3., дозволяє установити двигун паралельно до поверхні кріплення. [8, 9]

2. ІМ 2081:



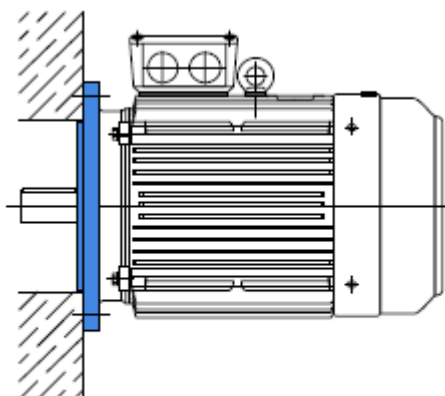
ІМ 2081

Рисунок 3.4. ІМ 2081 – електродвигун АІР 160 М6 з лапами і фланцем. [8, 9]

ІМ 2081 – електродвигун АІР 160 М6 з лапами і фланцем, який зображений на рисунку 3.4., який має комбіноване виконання, дозволяє

встановлювати двигун, як паралельно так і перпендикулярно до поверхні кріплення. [8, 9]

3. IM 3081:



IM 3081

Рисунок 3.5. IM 3081 – електродвигун АІР 160 М6 з фланцем. [8, 9]

IM 3081 – електродвигун АІР 160 М6 з фланцем, який зображений на рисунку 3.5., дає можливість установити двигун перпендикулярно до поверхні кріплення. [8, 9]

Наведені вище монтажні виконання електродвигунів АІР роблять їх універсальними для різних областей застосування. [8, 9]

3.3. Підбір світильників та зовнішньої сигналізації для електропоїзда.

3.3.1. Підбір світильників беручи за аналог електропоїзд ЕР2.

Для того, щоб забезпечити меншим споживанням електроенергії, можна замінити лампи розжарювання, які використовуються для освітлення тамбурів та салонів електропоїзда, на альтернативні версії, але світлодіодних ламп.

Як на нам відомо, на електропоїзді ЕР2 для освітлення тамбуру і салону вагона використовують плафони, які містять в собі лампи основного освітлення та лампи основного і чергового освітлення. На даному електропоїзді використовують лампи з потужністю 50 Вт, які слугують основними і лампи з потужністю 15 Вт, які вживаються, як чергові. [1, 2, 4]

На сьогодні відомо два швидких варіанти для того, щоб знайти альтернативну світлодіодну лампу на заміну лампі розжарювання. [10]

1 спосіб – це самий простий спосіб для розрахунку необхідної потужності світлодіодної лампи потрібно потужність лампи розжарювання розділити на 6,5. Тобто, формула буди виглядати наступним чином: [10]

$$P_{сл} = \frac{P_{лр}}{6,5},$$

де $P_{сл}$ – потужність світлодіодної лампи;

$P_{лр}$ – потужність лампи розжарювання. [10]

Розберемо на прикладі лампи розжарювання основного освітлення:

$$P_{сл} = \frac{50}{6,5} = 7,8 \approx 8 \text{ Вт.}$$

У цій формулі є похибка, але в першому наближенні вона дасть нам приблизну інформацію, якої потужності світлодіодна лампочка нам потрібна. Тому її можна зв'язати з наступним способом. [10]

2 спосіб – вибір світлодіодної лампи по сходженню потужності світлового потоку. [10]

Потужність світлового потоку – вимірюється в люменах (Лм). Ця величина означає, наскільки яскраво світить лампочка. [10]

При заміні лампочок розжарювання на світлодіодні вибирається лампа з приблизно такою ж потужністю світлового потоку, щоб рівень освітленості після заміни не погіршився. А електрична потужність при цьому стане в кілька разів нижче. [10]

Для того, щоб визначитися з світлодіодною лампою, яка нам потрібна, скористаємося готовою таблицею відповідності потужності світлодіодних ламп і розжарювання. [10]

Таблиця 3.1 Відповідність потужності ламп світлодіодних і розжарювання [10].

№	Лампи розжарювання		Світлодіодні лампи	
	Споживана потужність (Вт)	Потужність світлового потоку (Лм)	Споживана потужність (Вт)	Потужність світлового потоку (Лм)
1	25	300	4	360
2	40	580	7	600
3	60	615	9	720
4	75	935	11	990
5	95	1250	13	1150
6	100	1360	15	1350
7	150	2150	30	2700
8	200	2950	50	4700

З даної таблиці можна побачити, що для заміни основної лампи, яка має потужність 50 Вт, можна взяти аналогічну світлодіодну на 7 Вт. Ще дана заміна буде мати привілей в тому, що термін служби у світлодіодних ламп значно більше, ніж у ламп розжарювання. Термін служби лампи розжарювання приблизно 1000 годин, на відміну, як у світлодіодних ламп термін служби сягає 20-50 тисяч годин.

На черговому освітленні знаходиться лампа розжарювання з потужністю 15 Вт. Дана лампа має потужність світлового потоку приблизно 120 Лм. Тобто, аналогом є світлодіодна лампа з потужністю 1 Вт, яка також має приблизно 120 Лм.

Вибираємо світлодіодну лампу Eurolux LL-E-A60-7W-230-2,7K-E27, яка є аналогом традиційної лампи розжарювання потужністю 50-60 Вт. В пластиковому корпусі знаходяться світлодіоди, які випромінюють рівне тепле світло зі світловим потоком приблизно 600 Лм, яке дорівнює або, навіть, трохи більше від світлового потоку встановленої лампи розжарювання. Тому, заміняємо основну лампу розжарювання з потужністю 50 Вт на світлодіодну лампу з потужністю 7 Вт, яка, в даному випадку, слугує її аналогом.



Рисунок 3.6. Світлодіодна лампа Eurolux LL-E-A60-7W-230-2,7K-E27.

[11]

Характеристики світлодіодної лампи Eurolux LL-E-A60-7W-230-2,7K-E27:

Потужність: 7 Вт;

Напруга: 220 В,

Цоколь: E27;

Кольорова температура: 2700 К;

Передача кольору: 80 Ra;

Тип колби: А;

Форма: груша;

Світловий потік: 600 Лм;

						Арк.
Змм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Термін служби: 30000 годин;

Еквівалент лампи розжарювання: 50-60 Вт;

Кольоровість: теплий білий;

Діапазон робочих температур: -30...+40 °С. [11]

Вибираємо світлодіодну лампу Volpe LED-G45-1W 3000K E27 FR C, яка є аналогом традиційної лампи розжарювання потужністю 10-15 Вт. В пластиковому корпусі знаходяться світлодіоди, які випромінюють рівне тепле світло зі світловим потоком приблизно 120 Лм, яке дорівнює або, навіть, трохи більше від світлового потоку встановленої лампи розжарювання. Тому, заміняємо чергову лампу розжарювання з потужністю 15 Вт на світлодіодну лампу з потужністю 1 Вт, яка, в даному випадку, слугує її аналогом.

Вибрана світлодіодна лампа має вигляд: [12]



Рисунок 3.7. Світлодіодна лампа Volpe LED-G45-1W 3000K E27 FR C.
[12]

Характеристики світлодіодної лампи Volpe LED-G45-1W 3000K E27 FR C:

						Арк.
Змм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Потужність: 1 Вт;
 Напруга: 220 В,
 Цоколь: E27;
 Кольорова температура: 3000 К;
 Передача кольору: 80 Ra;
 Тип колби: G;
 Форма: куля;
 Світловий потік: 120 Лм;
 Термін служби: 30000 годин;
 Еквівалент лампи розжарювання: 10-15 Вт;
 Кольоровість: теплий білий;
 Діапазон робочих температур: -40...+40 °С. [12]

3.3.2. Підбір світильників беручи за аналог електропоїзд ЭР2Р.

На електропоїзді ЭР2 для освітлення тамбуру і салону вагона використовують плафони, які містять в собі лампи основного освітлення та лампи основного і чергового освітлення. На даному електропоїзді використовують лампи з потужністю 100 Вт, які слугують основними і лампи з потужністю 15 Вт, які вживаються, як чергові. [1, 3, 4]

Для того, щоб дізнатися, яка нам потрібна світлодіодна лампа, для заміни основної лампи розжарювання, знов звернемося до таблиці 3.1. Тобто, встановлена лампа розжарювання має потужність 100 Вт і світловий потік 1360 Лм, а її аналогом буде світлодіодна лампа з потужністю 15 Вт і світловим потоком близько 1350 Лм.

Лампа розжарювання, яка використовується для чергового освітлення така сама, як і на електропоїзді ЭР2. Тому можна аналогічно замінити лампу чергового освітлення з потужністю 15 Вт на світлодіодну з потужністю 1 Вт.

Вибираємо світлодіодну лампу Eurolux LL-E-A60-15W-230-2,7K-E27, яка є аналогом традиційної лампи розжарювання потужністю 100 Вт. В пластиковому корпусі знаходяться світлодіоди, які випромінюють рівне тепле світло зі світловим потоком приблизно 1350 Лм, яке дорівнює або, навіть,

трохи більше від світлового потоку встановленої лампи розжарювання. Тому, заміняємо основну лампу розжарювання з потужністю 100 Вт на світлодіодну лампу з потужністю 1 Вт, яка, в даному випадку, слугує її аналогом.

Eurolux LL-E-A60-15W-230-2,7K-E27 має вигляд: [13]



Рисунок 3.8. Світлодіодна лампа Eurolux LL-E-A60-15W-230-2,7K-E27.
[13]

Характеристики світлодіодної лампи Eurolux LL-E-A60-15W-230-2,7K-E27:

Потужність: 15 Вт;
Напруга: 220 В,
Цоколь: E27;
Кольорова температура: 2700 К;
Передача кольору: 80 Ra;
Тип колби: А;

						Арк.
Змм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Форма: груша;

Світловий потік: 1350 Лм;

Термін служби: 30000 годин;

Еквівалент лампи розжарювання: 100 Вт;

Кольоровість: теплий білий;

Діапазон робочих температур: -30...+40 °С. [13]

Для заміни чергової лампи освітлення використаємо таку саму світлодіодну лампу на яку замінили чергову лампу в електропоїзді ЭР2, тобто, на світлодіодну лампу Volpe LED-G45-1W 3000K E27 FR C, яка зображена на рисунку 3.7. і характеристики якої вказані в підпункті 3.3.1.

3.3.3. Підбір зовнішньої сигналізації беручи за аналог електропоїзди ЭР2 і ЭР2Р.

Зовнішня сигналізація на електропоїздах ЭР2 і ЭР2Р еквівалентна, тому підбір будемо проводити спираючись одразу двох електропоїздів.

В зовнішню сигналізацію даних електропоїздів входить: прожектор, сигнальні вогні і буферні ліхтарі.

Також, в перевагу світлодіодних ламп можна зазначити, що буде виключення потреби в зниженні світлової віддачі лампи на 12-15% для того, щоб збільшити термін служби лампи.

Почнемо з заміни буферних ліхтарів. В буферних ліхтарях використовуються лампи розжарювання з потужністю 25 Вт. З таблиці 3.1. можемо бачити, що аналогом даній лампі розжарювання є світлодіодна лампа з потужністю 4 Вт.

В сигнальних ліхтарях застосовують лампи розжарювання з потужністю 50 Вт. Лампа з такою потужністю в нас вже розрахована, тому на лампи в сигнальних ліхтарях будемо використовувати її.

Що до заміни лампи в прожекторі, то ситуація буде наступна – в даному прожекторі встановлена лампа розжарювання з потужністю 500 Вт, а в такій лампі потужність світлового потоку приблизно дорівнює 6500 К. Таку світлову потужність має світлодіодна лампа з потужністю 70 Вт.

Вибираємо світлодіодну лампу IN HOME LED-ШАР-VC 4W E27, яка є аналогом традиційної лампи розжарювання потужністю 25 Вт. В пластиковому корпусі знаходяться світлодіоди, які випромінюють рівне тепле світло зі світловим потоком приблизно 360 Лм, яке дорівнює або, навіть, трохи більше від світлового потоку встановленої лампи розжарювання. Тому, заміняємо буферну лампу розжарювання з потужністю 25 Вт на світлодіодну лампу з потужністю 4 Вт, яка, в даному випадку, слугує її аналогом.

IN HOME LED-ШАР-VC 4W E27 має вигляд: [14]



Рисунок 3.9. Світлодіодна лампа IN HOME LED-ШАР-VC 4W E27. [14]

Характеристики світлодіодної лампи IN HOME LED-ШАР-VC 4W E27:

Потужність: 4 Вт;

Напруга: 220 В,

Цоколь: E27;

Кольорова температура: 3000 K;

Передача кольору: 80 Ra;

Тип колби: G;

Форма: куля;

Світловий потік: 360 Лм;

Термін служби: 30000 годин;

Еквівалент лампи розжарювання: 25-30 Вт;

Кольоровість: теплий білий;

Діапазон робочих температур: -10...+40 °C. [14]

Вибираємо світлодіодну лампу Eurolux LL-E-A60-7W-230-2,7K-E27, яка є аналогом традиційної лампи розжарювання потужністю 50-60 Вт. В пластиковому корпусі знаходяться світлодіоди, які випромінюють рівне тепле світло зі світловим потоком приблизно 600 Лм, яке дорівнює або, навіть, трохи більше від світлового потоку встановленої лампи розжарювання. Тому, заміняємо основну лампу розжарювання з потужністю 50 Вт на світлодіодну лампу з потужністю 7 Вт, яка, в даному випадку, слугує її аналогом.

Дана світлодіодна лампа зображена на рисунку 3.6. і характеристики якої вказані в підпункті 3.3.1.

Вибираємо світлодіодну лампу SAFFIT SBHP1070 70W 230V E27-E40 4000K, яка є аналогом традиційної лампи розжарювання потужністю 500 Вт. В пластиковому корпусі знаходяться світлодіоди, які випромінюють рівне тепле світло зі світловим потоком приблизно 6500 Лм, яке дорівнює або, навіть, трохи більше від світлового потоку встановленої лампи розжарювання. Тому, заміняємо основну лампу розжарювання з потужністю 500 Вт на світлодіодну лампу з потужністю 70 Вт, яка, в даному випадку, слугує її аналогом.

Особливістю даної світлодіодної лампи є те, що її можна використовувати в різних типах світильників: цоколь перехідний E27-E40.

Але недоліком даної світлодіодної лампи є те, що вона не призначена для використання в світильниках з ускладненою конвекцією. Діапазон робочих температур даної моделі ламп від -40С до +50С, у той час як у купольних

світильниках без вентиляційних отворів, через труднощі природної конвекції повітря, температура досягає 70С і вище, що є причиною швидкого виходу ламп з ладу.

SAFFIT SBHP1070 70W 230V E27-E40 4000K має вигляд: [15]



Рисунок 3.10 Світлодіодна лампа SAFFIT SBHP1070 70W 230V E27-E40 4000K [15]

Характеристики світлодіодної лампи SAFFIT SBHP1070 70W 230V E27-E40 4000K:

Потужність: 70 Вт;

Напруга: 220 В,

Цоколь: E27-E40;

Кольорова температура: 4000 К;

Передача кольору: 85 Ra;

						Арк.
						40
Змм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Форма: циліндр;

Світловий потік: 6500 Лм;

Термін служби: 25000 годин;

Еквівалент лампи розжарювання: 480-500 Вт;

Кольоровість: теплий білий;

Діапазон робочих температур: -40...+50 °С. [15]

3.4. Проектування структурної схеми перетворювача.

Тепер ми можемо зробити підсумок і скласти структурну схему перетворювача, яка буде складатися з:

АІН – це автономний інвертор напруги, який, в даному випадку, слугує перетворювачем з постійної напруги на змінну;

ТР1 – понижуючий трансформатор, який має 1 первинну і 3 вторинні обмотки.

1U1, 1U2, 1U3 – вторинні обмотки трансформатора (ТР1), які мають на виході напруги: 110 В, 380 В, 380В;

В1, В2, В3, В4 – випрямлячі;

ТР2 – трансформатор, що підвищує напругу;

ПР1 – акумуляторна батарея;

ПР2 – електрокомпресор ЕКВО – 0,8/9;

ПР3 – електродвигун АІР 160 М6;

ПР4 – світильники та зовнішня сигналізація.

З даної схеми, рисунок 3.11, можемо спостерігати, як буде долати напруга свій шлях до кожного з пристроїв:

1) З контактної мережі напруга надходитиме в автономний інвертор (АІН), потім надходитиме до первинної обмотки понижуючого трансформатора (ТР1) і виходитиме з вторинної обмотки (1U1) з показником 110 В, надійде до випрямляча (В1) і на його виході ми отримаємо однофазну напругу 110 В, яка, відповідно, буде споживати підзарядку акумуляторної батареї;

- 2) Тут напруга буде проходити через вторинну обмотку – 1U2, яка матиме показник 380 В і на виході випрямляча – В2, отримаємо трифазну напругу 380 В, яка споживатиме електрокомпресор ЕКВО – 0,8/9;
- 3) Тут напруга буде проходити через вторинну обмотку – 1U3, яка матиме показник 380 В і на виході випрямляча – В3, отримаємо трифазну напругу 380 В, яка споживатиме електродвигун АІР 160 М6;
- 4) А в даному випадку напруга буде проходити через вторинну обмотку – 1U1, яка надходитиме до трансформатора, що підвищує напругу, тобто на вході даного трансформатора напруга буде сягати 110 В, а на виході 220 В, після чого напруга надійде випрямляча – В4, і на виході отримаємо однофазну напругу, яка буде споживати світильники і зовнішню сигналізацію.

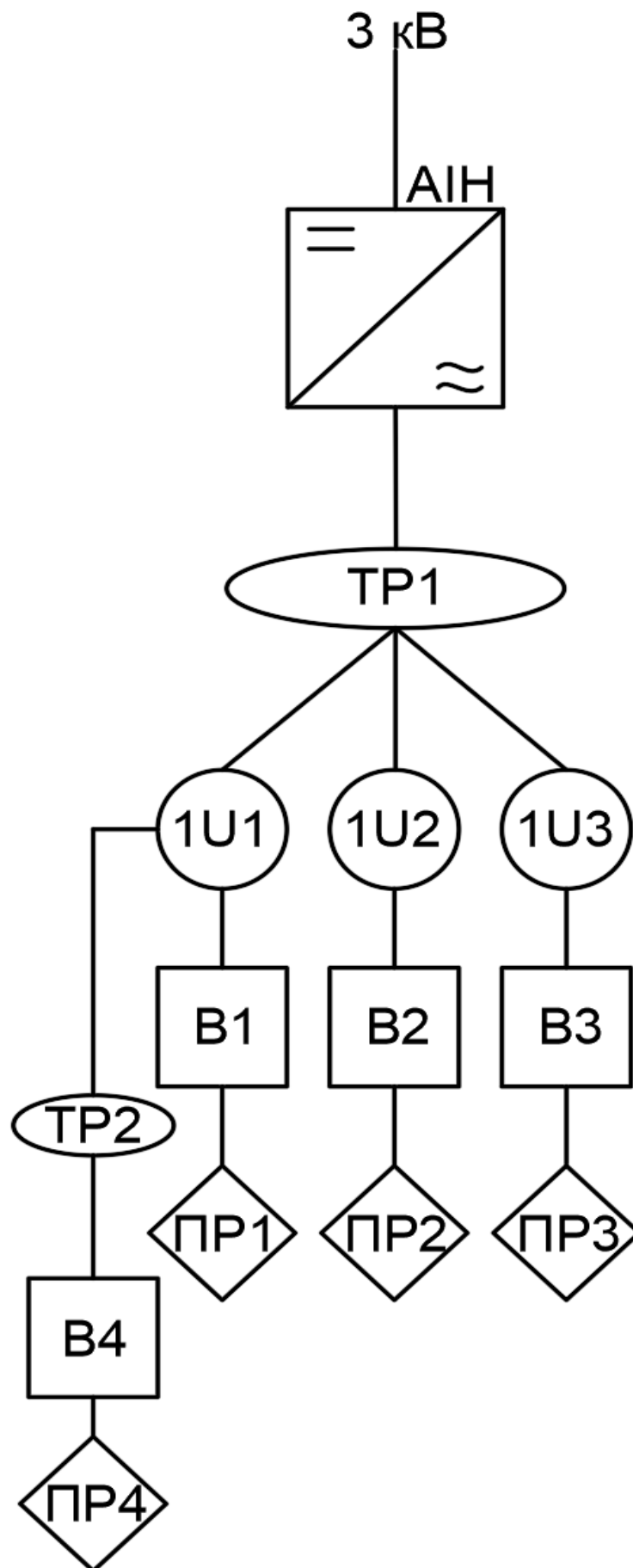


Рисунок 3.11 Структурна схема перетворювача.

4 РОЗРАХУНОК СТАТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

4.1. Вибір силових елементів автономного інвертора напруги з АІМ модуляцією для електрокомпресора ЕКВО – 0,8/9.

При виборі братимемо до уваги лише перші гармоніки вихідних напруг та струмів. Похибка при цьому не перевищує 5%. [16]

Основні співвідношення для напруги та струмів інверторів витікають з рівняння балансу потужності: [16]

$$U_d I_d = 3 U_{1\phi} I_{1\phi} \cos \varphi_H$$

де $U_{1\phi} I_{1\phi}$ – діючі значення перших гармонік фазних напруги та струму на виході автономного інвертора; [16]

$U_d I_d$ – середнє значення напруги та струму на вході інвертора. [16]

Вихідними даними під час вибору силових елементів автономного інвертора є номінальні напруга $U_{\text{дв.ном}}$ та пусковий струм $I_{\text{дв.п}}$ асинхронного двигуна. [16]

Номінальний фазний струм: [16]

$$I_{\phi.\text{ном}} = \frac{P_1}{3 U_{1\phi}^H \cdot \cos \varphi_H};$$

де P_1 – потужність двигуна;

$U_{1\phi}^H$ – номінальна фазна напруга;

$\cos \varphi_H$ – номінальний коефіцієнт потужності. [16]

$$I_{\phi.\text{ном}} = \frac{11000}{3 \cdot 380 \cdot 0,83} = 12 \text{ A};$$

Пусковий струм $I_{\text{дв.л}}$ асинхронного двигуна: [16]

$$I_{\text{дв.л}} = \lambda_1 \cdot I_{\Phi.\text{ном}}$$

де λ_1 – кратність пускового струму;

$I_{\Phi.\text{ном}}$ – номінальний фазний струм. [16]

$$I_{\text{дв.л}} = 7,5 \cdot 12 = 90 \text{ A.}$$

Середній струм ключа: [16]

$$I_{\text{VS}} = \frac{I_{\text{дв.п}}}{\pi\sqrt{2}} \cdot (1 + \cos \varphi_{\text{н}})$$

$$I_{\text{VS}} = \frac{90}{\pi\sqrt{2}} \cdot (1 + 0,83) = 37 \text{ A;}$$

Середній струм зворотного діода: [16]

$$I_{\text{VD}} = \frac{I_{\text{дв.п}}}{\pi\sqrt{2}} \cdot (1 - \cos \varphi_{\text{н}}),$$

$$I_{\text{VD}} = \frac{90}{\pi\sqrt{2}} \cdot (1 - 0,83) = 3,44 \text{ A;}$$

Середній струм на вході автономного інвертора напруги в режимі пуску двигуна, потрібний для вибору дроселя та керованого випрямляча: [16]

$$I_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot I_{\text{дв.п}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}},$$

$$I_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot 90 \cdot 0,83 = 101 \text{ A.}$$

Середній номінальний струм на вході автономного інвертора напруги при номінальному навантаженні: [16]

$$I_{d\text{ном}} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot I_{\text{дв.п}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}},$$

$$I_{d\text{ном}} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot 12 \cdot 0,83 = 13,5.$$

Найбільша середня вхідна напруга, що визначає напругу на ключах: [16]

$$U_{d0} = \frac{\pi}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}} \cdot U_d^{\text{ном}},$$

де $U_d^{\text{ном}}$ – середнє значення напруги на вході автономного інвертора при номінальному режимі навантаження. [16]

Виходячи з рівняння балансу потужності: [16]

$$U_d^{\text{ном}} = \frac{3U_{1\phi}I_{1\phi}\cos\varphi_{\text{н}}}{I_{d\text{ном}}},$$

$$U_d^{\text{ном}} = \frac{3 \cdot 380 \cdot 12 \cdot 0,83}{13,5} = 841 \text{ В.}$$

Тому найбільша середня вхідна напруга, що визначає напругу на ключах виходить: [16]

$$U_{d0} = \frac{\pi}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}} \cdot 841 = 1079 \text{ В}$$

Напруга на яку повинні бути розраховані ключі та діоди: [16]

						Арк.
Змм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$U_{VS} \geq U_{d0} \cdot k_{3U1} \cdot k_{3U2} = 1079 \cdot 1,15 \cdot 1,35 = 1675 \text{ В},$$

де k_{3U1} – коефіцієнт запасу що враховує можливе підвищення напруги живильної мережі на 15%;[16]

$k_{3U2} = 1,3 \dots 1,5$ – коефіцієнт запасу на можливі перенапруги в схемі.
[16]

Таким чином, для забезпечення необхідних пускових струмів асинхронного двигуна необхідно мати параметри ключів зі струмом не менш 101 А, діодів зі струмом не менш 3,44 А та напругою не менш 1675 В.

Обираємо IGBT – модуль типу CM100DY-34A фірми Mitsubishi який представляє собою транзистор та діод в одному корпусі і підходить за необхідними параметрами.

Електрична схема CM100DY-34A виглядає наступним чином: [20]



Рисунок 4.1. CM100DY-34A. [20]

4.2. Вибір силових елементів автономного інвертора напруги з ШІМ модуляцією для електродвигуна АІР 160 М6.

Потрібна напруга ланки постійного струму для живлення схеми автономного інвертора напруги за алгоритмом широтно-імпульсної модуляції.

$$U_d = \frac{U_{\phi T1}}{\mu_m k_{BH}} = \frac{\sqrt{2} U_{дн}}{\sqrt{3} \mu_m k_{BH}}$$

де $U_{\phi T1}$ – амплітуда фазної вихідної напруги АІН з ШІМ;

$k_{BH} = 0,5$ – коефіцієнт використання напруги при вертикальному керуванні;

$U_{дн} = 380$ В – номінальна напруга двигуна; [17]

$$U_d = \frac{\sqrt{2} U_{дн}}{\sqrt{3} \mu_m k_{BH}},$$
$$U_d = \frac{\sqrt{2} * 380}{\sqrt{3} * 0,99 * 0,5} = 627 \text{ В}$$

Напруга на яку повинні бути розраховані ключі та діоди: [17]

$$U_{VS} = U_d k_{3U1} k_{3U2},$$

де $k_{3U1}=1,15$ – коефіцієнт запасу що враховує можливе підвищення напруги живильної мережі на 15%; $k_{3U2}=1,3...1,5$ – коефіцієнт запасу на можливі перенапруги в схемі. [17]

$$U_{VS} \geq 627 * 1,15 * 1,4 = 1010 \text{ В.}$$

Найбільше значення середнього вхідного струму [17]

						Арк.
						48
Змм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_d = 3\sqrt{2}\mu_m k_{BH} I_{дп} \cos \varphi_H,$$

$$I_d = 3\sqrt{2} * 0,99 * 0,5 * 31,6 * 0,81 = 53,8 \text{ A.}$$

Середній струм ключів та діодів [17]

$$I_{VS} = \frac{I_{дп}}{\pi\sqrt{2}} \left(1 + \frac{\mu\pi}{4} \cos \varphi_H \right),$$

$$I_{VD} = \frac{I_{дп}}{\pi\sqrt{2}} \left(1 - \frac{\mu\pi}{4} \cos \varphi_H \right),$$

$$I_{VS} = \frac{31,6}{\pi\sqrt{2}} \left(1 + \frac{0,99 \cdot \pi}{4} 0,81 \right) = 11,6 \text{ A,}$$

$$I_{VD} = \frac{31,6}{\pi\sqrt{2}} \left(1 - \frac{0,99 \cdot \pi}{4} 0,81 \right) = 2,6 \text{ A}$$

Ємність конденсатора на вході АІН з ШІМ [17]

$$C \geq \frac{\sqrt{3}\mu_m I_{дп}}{\sqrt{2}f_m \Delta U_d} \sin^2 \frac{\varphi_H - \frac{\pi}{6}}{2},$$

Де ΔU_d – допустимі коливання випрямленої напруги. Приймаємо [17]

$$\Delta U_d = 0,05 U_d \text{ В.}$$

$$\varphi_H = \arccos(\cos \varphi_H) \text{ гр. електричних}$$

$$\varphi_H = \arccos(0,81) = 0,626 \text{ гр. електричних.}$$

$$C \geq \frac{\sqrt{3} * 0,99 * 31,6}{\sqrt{2} * 970 * 0,05 * 627} \sin^2 \frac{0,626 - \frac{\pi}{6}}{2} = 3,8 * 10^{-6} \text{ Ф,}$$

Обираємо IGBT – модуль типу 38AC126V21 фірми Semikron який представляє собою транзистор та діод в одному корпусі і підходить за необхідними параметрами. [1]

Електрична схема SKiiP 38AC126V2 виглядає наступним чином: [18]

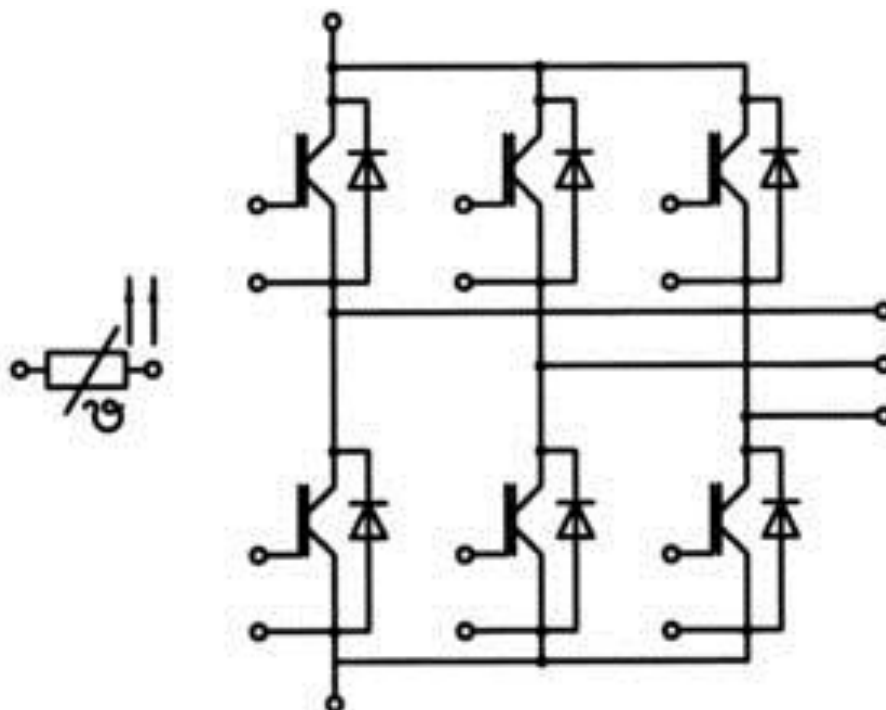


Рисунок 4.2. Електрична схема SKiiP 38AC126V2. [18]

4.3. Розрахунок підібраних світильників і зовнішньої сигналізації по аналогу електропоїздів ЭР2 та ЭР2Р.

4.3.1. Розрахунок світильників по аналогу електропоїздів ЭР2 і ЭР2Р.

Пам'ятаємо, що кількість ламп розжарювання складає: 16 в головному вагоні і по 20 в моторному та причепному. Також в салоні передбачено 4 лампи чергового освітлення. [1, 4]

В тамбурі встановлені по 2 плафона з лампами основного і чергового освітлення, тобто 2 лампи розжарювання основного і 2 чергового освітлення. [1]

Визначаємо для моторного вагону електропоїзда ЭР2:

$$P_{\text{ЛМВ1}} = (P_{\text{ол}} \cdot n_{\text{ол}}) + (P_{\text{чл}} \cdot n_{\text{чл}})$$

$$P_{\text{ЛМВ1}} = (7 \cdot 22) + (1 \cdot 6) = 160 \text{ Вт}$$

Визначаємо для причепного вагону електропоїзда ЭР2 [5]:

$$P_{\text{ЛПВ1}} = (P_{\text{ол}} \cdot n_{\text{ол}}) + (P_{\text{чл}} \cdot n_{\text{чл}})$$

$$P_{\text{ЛПВ1}} = (7 \cdot 22) + (1 \cdot 6) = 160 \text{ Вт}$$

Визначаємо для головного вагону електропоїзда ЭР2 [5]:

$$P_{\text{ЛГВ1}} = (P_{\text{ол}} \cdot n_{\text{ол}}) + (P_{\text{чл}} \cdot n_{\text{чл}})$$

$$P_{\text{ЛПВ1}} = (7 \cdot 18) + (1 \cdot 6) = 132 \text{ Вт}$$

Визначаємо для моторного вагону електропоїзда ЭР2Р: [5]

$$P_{\text{ЛМВ2}} = (P_{\text{ол}} \cdot n_{\text{ол}}) + (P_{\text{чл}} \cdot n_{\text{чл}})$$

$$P_{\text{ЛМВ2}} = (15 \cdot 22) + (1 \cdot 6) = 336 \text{ Вт}$$

Визначаємо для причепного вагону електропоїзда ЭР2Р: [5]

$$P_{\text{ЛПВ2}} = (P_{\text{ол}} \cdot n_{\text{ол}}) + (P_{\text{чл}} \cdot n_{\text{чл}})$$

$$P_{\text{ЛПВ2}} = (15 \cdot 22) + (1 \cdot 6) = 336 \text{ Вт}$$

Визначаємо для головного вагону електропоїзда ЭР2: [5]

$$P_{\text{ЛГВ2}} = (P_{\text{ол}} \cdot n_{\text{ол}}) + (P_{\text{чл}} \cdot n_{\text{чл}})$$

$$P_{\text{ЛПВ2}} = (15 \cdot 18) + (1 \cdot 6) = 276 \text{ Вт}$$

4.3.2. Розрахунок зовнішньої сигналізації.

В зовнішню сигналізацію електропоїздів ЭР2 і ЭР2Р входить: прожектор потужністю 70 Вт, буферні ліхтарі потужністю 4 Вт, два верхніх і два нижніх сигнальних вогні потужністю 7 Вт.

Сума потрібної потужності, для зовнішньої сигналізації електропоїздів ЭР2 і ЭР2Р, буде виглядати наступним чином: [5]

$$\begin{aligned}\Sigma P_{\text{зсгв}} &= P_{\text{лп}} + (2 \cdot P_{\text{бл}}) + (4 \cdot P_{\text{св}}) \\ \Sigma P_{\text{зсгв}} &= 70 + (2 \cdot 4) + (4 \cdot 7) = 106 \text{ Вт}\end{aligned}$$

4.4. Конструювання схеми перетворювача.

Схема перетворювача електропоїзда буде виглядати наступним чином:

Принципова схема АІН показана на рисунку 4.3 [19]

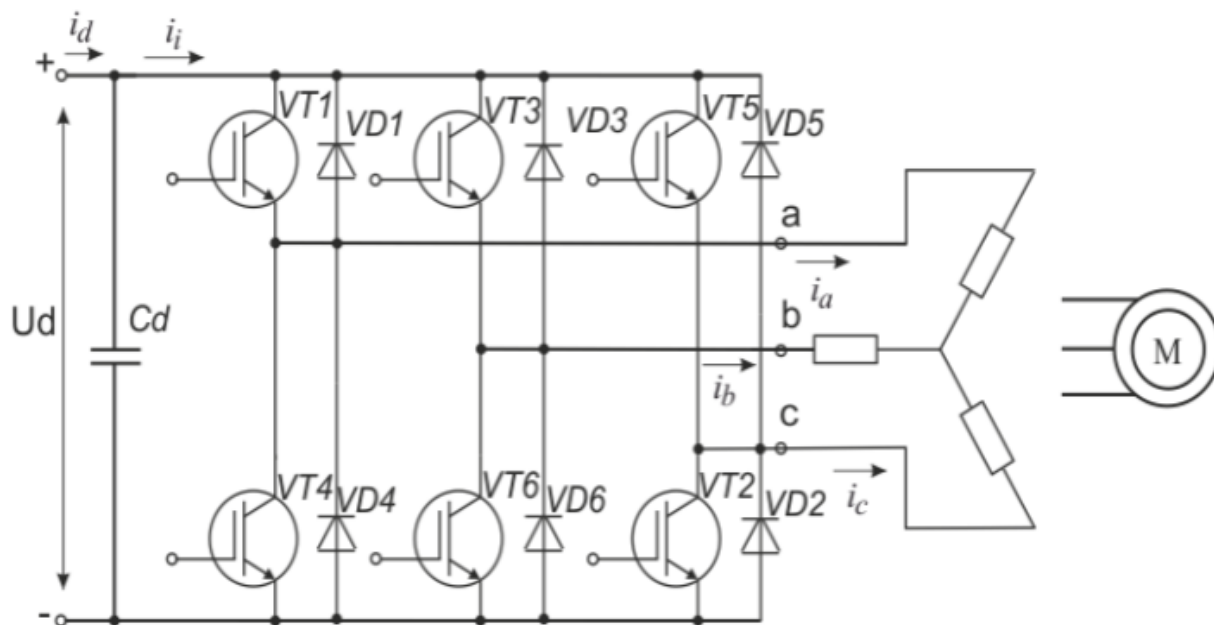


Рисунок 4.3 Розрахункова схема трифазного автономного інвертора напруги.

[19]

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Проектування перетворювача для новітнього електропоїзда по аналогу електропоїздів ЭР2 та ЭР2Р є актуальним.

2. Запропоновано більш сучасний електродвигун вентиляторів і електрокомпресор, що в результаті дало більш продуктивнішу роботу допоміжних машин.

3. Дуже вагомим був крок установки світлодіодних ламп, замісто ламп розжарювання. Це дало таку саму освітленість, але в рази зменшилось споживання ними електроенергії.

4. Розрахувавши нові встановлені допоміжні машини та систему освітлення, було спроектовано та побудовано структурну схему перетворювача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Цукало П.В., Ерошкин Н. Г. Электропоезда ЭР2 и ЭР2Р - М.: Транспорт, 1986. — 359 с.
2. ЭР2 [Электрон. ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%A02#Литература#Рисунок].
3. ЭР2Р [Электрон. ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%A02%D0%A0#Литература#Рисунок]
4. Электропоезд ЭР2, ЭР2Р [Электрон. ресурс] – Режим доступа: [https://electri4ka.com/er2r/er2r_1.html#Литература#Рисунок].
5. Тихменев Б.Н. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. Теория работы электрооборудования: учебник [для студ. вузов]/ Б.Н. Тихменев, Л.М. Трахтман. – М.: Транспорт, 1980. – 471 с.
6. Компрессоры ЭКВО [Электрон. ресурс] – Режим доступа: [http://kompressor.org.ua/kompressory-poltavskogo-zavoda/kompressoryi-ekvo.html#Литература#Рисунок].
7. Электрокомпрессор ЭКВО-0,8/9 У1 [Электрон. ресурс] – Режим доступа: [https://ekg5a.com.ua/product/elektrokompressor-ekvo-0-8-9-u1/#Литература#Рисунок].
8. Электродвигатель АИР 160 М6 | АИР160М6 [Электрон. ресурс] – Режим доступа: [https://slemz.com.ua/catalogue/obshchepromyshlennye/elektrodivigatel-air-160m6-15kvt-1000obmin#Литература#Рисунок].
9. АИР 160 М6 трехфазный асинхронный электродвигун 15 кВт 1000 об/хв [Электрон. ресурс] – Режим доступа: [https://systemax.ua/ua/elektrodivigateli/trehfaznye-obshchepromyshlennye-elektrodivigateli/air/air160m6--15-kvt-1000-ob-min-.html#Литература#Рисунок].
10. Соотношение мощности ламп накаливания и светодиодных при замене: расчеты и таблица соответствия [Электрон. ресурс] – Режим доступа: [https://profneon.ru/news/sootnoshenie-moshchnosti-lamp-nakalivaniya-i-svetodiodnykh-pri-zamene-raschety-i-tablitsa-sootvetstv/#Литература#Рисунок].

11. Eurolux LL-E-A60-7W-230-2,7K-E27 [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [\[https://www.vseinstrumenti.ru/electrika-i-svet/lampy/svetodiodnye/eurolux/ll-e-a60-7w-230-2-7k-e27-grusha-7vt-teplyj-belyj-e27-76-2-11/#Литература#Рисунок\]](https://www.vseinstrumenti.ru/electrika-i-svet/lampy/svetodiodnye/eurolux/ll-e-a60-7w-230-2-7k-e27-grusha-7vt-teplyj-belyj-e27-76-2-11/#Литература#Рисунок).

12. Volpe LED-G45-1W 3000K E27 FR C [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [\[https://www.vseinstrumenti.ru/electrika-i-svet/lampy/svetodiodnye/volpe/dekorativnaya-led-g45-1w-3000k-e27-fr-s-forma-sharul-00006560/#Литература#Рисунок\]](https://www.vseinstrumenti.ru/electrika-i-svet/lampy/svetodiodnye/volpe/dekorativnaya-led-g45-1w-3000k-e27-fr-s-forma-sharul-00006560/#Литература#Рисунок).

13. Eurolux LL-E-A60-15W-230-2,7K-E27 [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [\[https://www.vseinstrumenti.ru/electrika-i-svet/lampy/svetodiodnye/eurolux/ll-e-a60-15w-230-2-7k-e27-grusha-15vt-teplyj-belyj-e27-76-2-19/#Литература#Рисунок\]](https://www.vseinstrumenti.ru/electrika-i-svet/lampy/svetodiodnye/eurolux/ll-e-a60-15w-230-2-7k-e27-grusha-15vt-teplyj-belyj-e27-76-2-19/#Литература#Рисунок).

14. IN HOME LED-ШАР-VC 4W E27 [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [\[https://orionsvet.com/lampochki/svetodiodnye/lampa-e27-led/ut000017143#Литература#Рисунок\]](https://orionsvet.com/lampochki/svetodiodnye/lampa-e27-led/ut000017143#Литература#Рисунок).

15. SAFFIT SBHP1070 70W 230V E27-E40 4000K [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [\[https://www.vseinstrumenti.ru/electrika-i-svet/lampy/svetodiodnye/saffit/sbhp1070-70w-230v-e27-e40-4000k-55098/#Литература#Рисунок\]](https://www.vseinstrumenti.ru/electrika-i-svet/lampy/svetodiodnye/saffit/sbhp1070-70w-230v-e27-e40-4000k-55098/#Литература#Рисунок).

16. Розрахунок параметрів трифазного АІН з АІМ [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [\[https://lider.diit.edu.ua/mod/lesson/view.php?id=6933&pageid=27158#Литература\]](https://lider.diit.edu.ua/mod/lesson/view.php?id=6933&pageid=27158#Литература).

17. Розрахунок параметрів трифазного АІН з ШІМ [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [\[https://lider.diit.edu.ua/mod/lesson/view.php?id=6933&pageid=27159#Литература\]](https://lider.diit.edu.ua/mod/lesson/view.php?id=6933&pageid=27159#Литература).

18. IGBT МОДУЛИ ЛИНЕЙКИ MINISKIIP [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [\[https://www.abn.by/Product/ElectronicComponents/Semikron/Miniskiip-IGBT.html#Литература#Рисунок\]](https://www.abn.by/Product/ElectronicComponents/Semikron/Miniskiip-IGBT.html#Литература#Рисунок).

19. Трьохфазний мостовий автономний інвертор напруги [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [https://lider.diit.edu.ua/mod/lesson/view.php?id=6926&pageid=27132#Рисунок].

20. СМ100DY-34А [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [https://www.platan.ru/cgi-bin/qwery.pl/id=739555040#Рисунок].

						Арк.
						56
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		