

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

**Завідувач кафедри енергетики
та електротехнічних систем**

доцент Чепіжний А.В.
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Шако Вячеславу Олександровичу
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема проекту: Реконструкція системи електрифікації ділянки цеху електромобілів ФОП Романцов В.В. м. Шостка Сумської області з розробкою автоматизованого стенду для випробування електродвигунів

керівник проекту: Сіренко Юлія Володимирівна, PhD, доцент.

затверджено наказом по університету від «08» лютого 2024 р. № 407-ос.

2. Термін подання здобувачем закінченого проекту: «20» травня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту: матеріали обстеження об'єкту, технічна література, нормативна документація, державні стандарти, посібники, методичні рекомендації до виконання проекту, інтернет-джерела

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

Вступ.

1. Аналіз виробничої діяльності ФОП «Романцов В.В.».

2. Аналіз технології випробування електричних електродвигунів електромобілів.

3. Розрахунок та вибір силового електрообладнання стенду випробування двигунів електромобілів.

4. Проектування системи автоматизованого керування стендом випробування двигунів електромобілів.

5. Розрахунок електричної мережі цеху електромобілів

6. Організація технічної експлуатації електрообладнання цеху електромобілів. 7. Охорона праці.

9. Економічне обґрунтування

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень):

1. Цех електромобілів. Технологічне та силове електрообладнання. Схема електрична розташування.

2. Цех електромобілів. Розрахунково-монтажна таблиця мережі 0,4 кВ.

Схема електрична принципова.

3. Стенд випробувальний. Схема технологічна.

4. Стенд випробувальний. Схема кінематична.

5. Стенд випробувальний. Схема електрична принципова..

6 Стенд випробувальний. Шафа керування. Схема електрична з'єднань.

7. Стенд випробувальний. Схема електрична підключень.

8. Показники техніко-економічні. Таблиця.

6. Консультанти розділів проекту (з вказівкою розділів, що відносяться до проекту):

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
Охорона праці	доцент Василенко О.О.	
Економічне обґрунтування	доцент Барсукова Г.В. ст. викладач Шашков С.В.	
Нормоконтроль	ст. викладач Рибенко І.О.	

КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційного проекту	Строк виконання етапів кваліфікаційного проекту	Примітки
1	Збір інформації про діяльність господарства	05.09.2023 р. – 30.09.2023 р.	
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	02.10.2023 р. – 02.12.2023 р.	
3	Складання плану роботи	04.12.2023 р. – 09.12.2023 р.	
4	Написання вступу та розділу 1	11.12.2023 р. – 21.12.2023 р.	
4	Написання розділів 2 та 3. Підготовка листа 1 та 2 графічної частини.	05.02.2024 р. – 02.03.2024 р.	
5	Написання розділів 4, 5 та 6. Підготовка листів 3 та 4 графічної частини.	04.03.2024 р. – 06.04.2024 р.	
6	Написання розділів 7, 8 та 9. Підготовка листа 5 та 6 графічної частини.	08.04.2024 р. – 04.05.2024 р.	
8	Написання висновків	06.05.2024 р. – 11.05.2024 р.	
9	Подання проекту на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 13.05.2024 р.	
10	Подання проекту на рецензування	до 20.05.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (Вячеслав ШАКО)
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційного проекту

_____ (Юлія СІРЕНКО)
(підпис) (прізвище, ініціал)

РЕФЕРАТ

Реконструкція системи електрифікації ділянки цеху електромобілів ФОП Романцов В.В. м. Шостка Сумської області з розробкою автоматизованого стенду для випробування електродвигунів. Кваліфікаційний проєкт / Шако В'ячеслав Олександрович – Суми.: СНАУ, 2024 р. – 44 с.

Проведено реконструкцію системи електрифікації ділянки цеху електромобілів з розробкою автоматизованої системи для випробування електричних двигунів.

Зроблено короткий аналіз виробничої діяльності ТОВ «Романцов В.В.», проведено оцінку та визначено стан електрифікації цеху по ремонту та модернізації електромобілів.

Розглянуто технологію випробування електричних двигунів після ремонту або модернізації та на основі неї розроблено схему автоматизованого керування стендом, схеми з'єднань та підключень. Обрано пускозахисні апарати для розробленої системи. Складено схему розташування обладнання випробувального стенду на плані цеху електромобілів.

Проаналізовано питання охорони праці при виконанні операцій при роботі зі стендом випробування електродвигунів. Зроблено екологічну експертизу та розраховано економічні показники проєкту.

Ключові слова: цех електромобілів, стенд випробувальний для електродвигунів, магнітні контактори, автоматичні вимикачі, енергоефективне освітлення цеху.

Ілл. 3

Табл. 9

Бібл. 15

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФОП «РОМАНЦОВ В.В.».....	9
1.1. Загальна характеристика ТОВ «Романцов В.В.».....	9
1.2. Призначення та види робіт, що здійснюються в цеху електромобілів .	10
1.3. Оцінка стану існуючої системи електрифікації цеху.....	11
1.4 Висновки та пропозиції.....	11
2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	13
2.1. Технологія випробування електричних електродвигунів електромобілів	13
2.2. Характеристика приміщення цеху електромобілів	15
2.3. Складання паспортних даних обладнання для просочування та сушіння електродвигунів.....	15
2.4. Технологічні вимоги до системи електрифікації цеху електромобілів.	17
3. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СТЕНДУ ВИПРОБУВАННЯ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....	18
3.1 Вибір силових електричних апаратів для стенду випробування двигунів електромобілів.....	18
3.2. Перевірочні розрахунки електродвигуна-гальма стенду випробування двигунів електромобілів.....	19
3.3. Розробка схеми розташування силового електрообладнання цеху електромобілів.....	22
4. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ СТЕНДОМ ВИПРОБУВАННЯ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	24
4.1 Технологічні вимоги до системи автоматизованого керування стендом випробування електромобілів.....	24
4.2. Розробка та описання принципової електричної схеми керування стендом випробування двигунів електромобілів.....	24
4.3. Складання схеми з'єднань шафи керування стендом	26
4.4. Складання схеми підключень обладнання стенду.....	26
4.5. Перелік обладнання схеми автоматизованого керування стендом	27

5. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЦЕХУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	28
5.1. Складання схеми живлення цеху електромобілів	28
5.2. Розрахунок електричних навантажень на ділянках мережі цеху.....	29
5.2. Вибір кабелів для живлення споживачів	30
5.3. Вибір автоматичних вимикачів	31
6. ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	32
7. ОХОРОНА ПРАЦІ	35
8. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	38
ВИСНОВКИ	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	43
ДОДАТКИ.....	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Ремонт електродвигунів у електромобілях займає центральне місце у забезпеченні їх тривалої та ефективної роботи. Оскільки електродвигун є серцем будь-якого електромобіля, його стан визначає продуктивність та безпеку автомобіля. Ремонт і підтримка електродвигунів важливі для забезпечення надійності та довговічності транспортних засобів, а також для зменшення ймовірності аварій. Забезпечення регулярного обслуговування електродвигунів дозволяє вчасно виявляти будь-які потенційні проблеми та усувати їх перед тим, як вони призведуть до серйозних поломок. Це сприяє збільшенню ефективності роботи електромобіля та зниженню витрат на ремонт у подальшому.

Автоматизація стендів випробування електродвигунів електромобілів є ключовим напрямком розвитку у сфері технічного обслуговування цих транспортних засобів. Вона дозволяє здійснювати більш точні та повні випробування, забезпечуючи високу якість та надійність результатів. Автоматизовані системи контролю дозволяють швидше виявляти потенційні проблеми та проводити необхідні корективні дії.

Однією з переваг автоматизованих стендів є їх здатність відтворювати реальні умови експлуатації електродвигунів, що дозволяє здійснювати більш точні випробування на різних режимах роботи. Це сприяє виявленню проблем, які можуть виникнути під час різних умов експлуатації електромобілів. Крім того, автоматизація стендів дозволяє значно зменшити витрати часу та зусиль на проведення випробувань, оскільки багато процесів можуть бути автоматизовані та оптимізовані. Це дозволяє підвищити ефективність та продуктивність технічного обслуговування електромобілів.

Автоматизація стендів випробування є важливим кроком у розвитку технологій та методів діагностики та обслуговування електродвигунів у електромобілях. Вона дозволяє підвищити якість та ефективність процесу технічного обслуговування, що сприяє збільшенню надійності та довговічності цих транспортних засобів.

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ФОП «РОМАНЦОВ В.В.»

1.1. Загальна характеристика ФОП «Романцов В.В.»

ФОП «Романцов В.В.» є спеціалізованим підприємством в галузі електричних автомобілів та різного типу електроніки для них. Товариство можна вважати новим та дуже молодим, оскільки воно було засновано тільки в червні 2023 року.

Територіально підприємство розташоване у м. Київ по вулиці Бакинській. Керівником ФОП «Романцов В.В.» на сьогодні є Романцова Ангеліна Володимирівна. Розміри уставних капіталів становлять 10000 грн [1].

Основним видом діяльності ФОП «Романцов В.В.» є проведення технічних обслуговувань та ремонтів різного виду автотранспортних засобів. Також підприємство надає послуги по наступним видам робіт [1]:

- оптовій торгівлі деталями та приладдями для засобів автотранспортного типу;
- роздрібній торгівлі деталями та приладдями для засобів автотранспортного типу;
- неспеціалізованими торгівлями;
- допоміжного обслуговування та ремонту наземних видів транспорту;
- наданням послуг індивідуального характеру;

ФОП «Романцов В.В.» є визначеним лідером у сфері електричних автомобілів та електроніки для них. Засноване з метою вдосконалення та модифікації електромобілів, підприємство відзначається високим рівнем експертизи та інноваційного підходу до розробки та виробництва своїх продуктів.

«Романцов В.В.» спеціалізується на широкому спектрі послуг, включаючи модифікацію електромобілів, підвищення їх продуктивності, розробку та виробництво різноманітних електронних компонентів та систем для

електромобілів. Підприємство володіє висококваліфікованим персоналом, який постійно вдосконалює свої знання та навички відповідно до останніх тенденцій у галузі.

Ключовими перевагами «Романцов В.В.» є індивідуальний підхід до кожного клієнта, високий стандарт якості продукції та послуг, а також оперативність у вирішенні завдань. Підприємство постійно працює над вдосконаленням своїх технологій та процесів, щоб забезпечити клієнтам найкращі рішення для їх потреб у сфері електричних автомобілів.

1.2. Призначення та види робіт, що здійснюються в цеху електромобілів

Цех електромобілів виконує різноманітні види робіт, спрямованих на виробництво, обслуговування та модифікацію електричних автомобілів. Основне призначення цього цеху полягає у забезпеченні якісного та ефективного функціонування електромобілів, а також в їхній постійній модернізації з урахуванням останніх технологічних та екологічних вимог.

Основні види робіт, які здійснюються в цеху електромобілів, включають:

- цех відповідає за процес збирання всіх компонентів електромобіля, включаючи шасі, кузов, електричний привід, батареї та інші системи;
- цех виконує роботи з технічного обслуговування, діагностики та ремонту електродвигунів, батарей, систем управління та інших компонентів електромобілів;
- цех проводить модифікації та покращення електромобілів з метою підвищення їхньої продуктивності, ефективності та безпеки. що включає установку додаткового обладнання, зміни в конструкції або програмне оновлення систем;

В цілому, цех електромобілів грає важливу роль у життєвому циклі електричних автомобілів, забезпечуючи їхнє ефективне функціонування, обслуговування та подальший розвиток.

1.3. Оцінка стану існуючої системи електрифікації цеху

Оцінка стану існуючої системи електрифікації цеху є важливим етапом для забезпечення ефективного функціонування та подальшого розвитку виробничих процесів.

Не дивлячись на те, що підприємство було створене тільки у 2023 році, система електрифікації цеху електромобілів знаходиться у незадовільному стані. Це пояснюється тим, що виробничі потужності ФОП «Романцов В.В.» створені на базі попереднього промислового підприємства, яке було розташоване на даній площі.

Внутрішня електрична система цеху електромобілів виконана алюмінієвими проводами та кабелями типу АППВ та АВВГп з різними номіналами перерізів жил. Проводка прокладена відкритим способом шляхом закріплення скобами до основних несучих конструкцій приміщення цеху, зокрема, стін та стелі. Електропроводка перевантажена, має численні пошкодження ізоляційної оболонки провідників, забруднена, що дуже часто призводить до помилкового спрацювання захисних апаратів та виключення живлення споживачів цеху.

У цеху встановлені силові розподільчі щити та шафи керування, які призначені для захисту обладнання та провідників від коротких замикань. Вони оснащені автоматичними вимикачами старого зразка, такого як тип АП50. Крім того, як комутаційне обладнання використовуються магнітні пускачі, такі як тип ПМ та ПМЛ, з електротепловими реле серії РТ.

1.5 Висновки та пропозиції

Пошкодження ізоляційної оболонки провідників та загрознання електропроводки також є серйозними проблемами, які можуть призвести до короткого замикання, перегріву та відключення електропостачання. Це може призвести до зупинки виробничих процесів та значних фінансових втрат. Оцінка стану автоматичних вимикачів, магнітних пускачів та системи

освітлення також виявить велику кількість проблем, таких як знос, несправність та відсутність планового обслуговування.

У цілому, для вирішення цих проблем необхідно провести комплексну модернізацію електричної системи цеху, замінивши застаріле обладнання на сучасне, використовуючи відповідні матеріали та технології для забезпечення надійності, безпеки та енергоефективності. Також необхідно розробити систему регулярного технічного обслуговування та контролю за станом електричних систем для запобігання виникненню подібних проблем у майбутньому.

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

2.1. Технологія випробування електричних електродвигунів електромобілів

Ремонт, діагностика та випробування електричних електродвигунів в електромобілях є важливою складовою процесу забезпечення їх ефективності та надійності. При ремонті таких електродвигунів спеціалісти зазвичай починають з визначення проблеми шляхом проведення діагностики. Це може включати перевірку рівня зносу різних компонентів, виявлення електричних або механічних несправностей та аналізу роботи систем управління [2, 3].

Ремонт електродвигунів для електромобілів – це процес відновлення працездатності та ефективності електричних моторів, які використовуються для приводу електромобілів. Ця процедура може включати в себе діагностику, виявлення причин несправностей, ремонт та тестування електродвигунів.

Перший крок у ремонті електродвигунів – це діагностика, яка включає аналіз роботи електронних систем управління, сенсорів, а також механічних компонентів. Це може бути здійснено за допомогою спеціалізованих діагностичних пристроїв та програмного забезпечення для зчитування даних з електромобіля.

Діагностика проводиться за допомогою спеціалізованого обладнання, яке дозволяє зчитувати дані з сенсорів та комп'ютерних систем електромобіля. Після виявлення проблеми фахівці переходять до ремонтних робіт. Це може включати заміну пошкоджених компонентів, регулювання системи, а також відновлювальні процедури.

Після виявлення проблеми фахівці проводять ремонтні роботи, які можуть включати в себе заміну пошкоджених частин, налаштування системи, а також відновлення електричних контактів або обмоток.

Після завершення ремонтних робіт електричний електродвигун піддається випробуванню. Це включає в себе різноманітні тести, спрямовані на перевірку його працездатності та ефективності. Наприклад, можуть проводитися тести на навантаження, перевірка температурного режиму роботи, а також аналіз роботи системи охолодження. Такі випробування дозволяють переконатися в правильності виконаних ремонтних робіт та забезпечити надійну роботу електродвигуна в майбутньому.

Випробування електродвигуна після ремонту електромобіля зазвичай включає наступні кроки [3, 4].

Візуальна перевірка. Перевірка електродвигуна на наявність будь-яких видимих пошкоджень або зносу;

Перевірка з'єднань. Перевірка правильності підключення всіх електричних з'єднань, включаючи кабелі, роз'єми та контактні групи.

Діагностика програмного забезпечення. Перевірка програмного забезпечення електродвигуна для виявлення будь-яких помилок або несправностей у системі управління.

Випробування на холостому ході. Запуск електродвигуна без навантаження для перевірки його роботи при мінімальних навантаженнях.

Випробування на навантаженні. Проведення тестів на електродвигуні при навантаженні для перевірки його працездатності та ефективності.

Вимірювання параметрів. Вимірювання та аналіз параметрів роботи електродвигуна, таких як струм, напруга, швидкість обертання, температура тощо.

Тестування на дорозі. Якщо це можливо, випробування електромобіля на дорозі для перевірки його загальної працездатності та ефективності в реальних умовах експлуатації.

Фінальна перевірка і налаштування. Перевірка всіх систем та налаштування електродвигуна для оптимальної продуктивності та безпеки.

Випробування на холостому ході, випробування при навантаженні та вимірювання основних номінальних параметрів електродвигуна в цеху

електромобілів здійснюються на спеціальному стенді, який складається із випробувального електродвигуна та електричного гальма, який імітує навантаження. Перемикання режимів роботи та знімання показів приладів на сьогодні виконуються в ручну.

2.2. Характеристика приміщення цеху електромобілів

Приміщення цеху електромобілів виконана в ангарному типі та має такі габарити: 26 метрів довжина, 11 метрів ширина, а висота становить 4 метри. Стіни побудовані піно-блоковими плитами, а стеля та підлога – бетонна. І стіни і стеля пофарбовані фарбою світло сірого кольору.

У відповідності до ПУЕ, приміщення цеху електромобілів має наступну характеристику щодо ступеня ураження електричним струмом та середовища: сухе із підвищеним рівнем небезпеки по ураженню електрострумом [5].

2.3. Складання паспортних даних обладнання для просочування та сушіння електродвигунів

Що стосується переліку електричного обладнання, яке використовується в цеху електромобілів, то основними типами силового електрообладнання є безпосередньо сам стенд для випробування електродвигунів та кран-балка вантажопідйомністю 1 тонна для переміщення та встановлення електродвигунів електромобілів на стенд. Також є ряд ручних електричних машин, таких як дрилі, шліфувальні кутові машини та інші. Однак ручні електричні машини малопотужні, тому їх розглядати детально не будемо.

Технічні характеристики стенду для випробування електродвигунів електромобілів показані в табл. 2.1.

Технічні характеристики кран-балки для переміщення та встановлення електродвигунів електромобілів на стенд показані в табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Технічні параметри стенду випробування двигунів для електромобілів

Основні характеристики випробувального стенду	Значення
Діапазон потужності випробовуваних електродвигунів, кВт	до 100
Зміна струму випробовуваного електродвигуна, А	0 - 200
Зміна напруги на випробовуваному електродвигуні, В	0 - 400
Номінальний тривалий струм, А	до 200
Максимальний, короткочасний до 5 хв струм навантаження, А	250
Послаблення поля збудження двигунів, %	без обмеження
Вимірювання напруги, В	0 - 600
Вимірювання швидкості обертання двигуна, об/хв	0 - 16000
Вимірювання активного опору, МОм	0,001 - 1
Напруга живлення стенду, В	380
Робоча температура навколишнього середовища, °С	+0...+55
Відносна вологість повітря не вище, %	90

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики кран-балки

Основні характеристики кран-балки	Значення
Вантажопідйомність, кг	1000
Висота підймання вантажів, м	6
Швидкість підймання вантажу, м/с	0,13
Швидкість переміщення вантажу, м/с	0,33
Потужність електродвигуна механізму переміщення, кВт	2x0,37
Потужність електродвигуна механізму підймання, кВт	1,5
Напруга живлення кран-балки, В	400

2.4. Технологічні вимоги до системи електрифікації цеху електромобілів

Технологічні вимоги до системи електрифікації цеху електромобілів та ділянки випробування електродвигунів можуть включати різноманітні аспекти забезпечення ефективної роботи та безпеки процесів виробництва та випробувань. На основі проведеного аналізу технології виконання робіт вимоги наступні:

- система електрифікації повинна мати достатню потужність для живлення всіх електричних пристроїв та обладнання, що використовується у виробництві та випробуваннях;

- важливо мати автоматизовані системи керування, які забезпечують ефективну роботу всієї системи електрифікації, зокрема, систему автоматизованого керування процесом випробування електродвигунів для електромобілів;

- система повинна відповідати всім стандартам безпеки, що стосуються електричних систем, включаючи захист від перенапруги, короткого замикання та інших потенційних небезпечних ситуацій;

- система електрифікації повинна легко інтегруватися з іншими системами та обладнанням цеху, таким як системи вентиляції, освітлення, обробної техніки тощо;

- система повинна бути здатна масштабуватися в разі зростання обсягів виробництва або зміни вимог до обладнання.

- система повинна мати можливість легко проводити технічне обслуговування та ремонт системи без значного впливу на виробничий процес.

- система повинна відповідати всім вимогам стандартів та регулятивних вимог щодо електробезпеки, енергоефективності та іншим аспектам.

3. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СТЕНДУ ВИПРОБУВАННЯ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

3.1 Вибір силових електричних апаратів для стенду випробування двигунів електромобілів

При виборі силового електрообладнання для стенду випробування двигунів електромобілів необхідно враховувати кілька ключових параметрів. По-перше, напруга живлення повинна відповідати вимогам електричних систем електромобілів, зазвичай це номінальна напруга батарейного блоку (наприклад, 400 В). Частота струму також має бути сумісною з характеристиками електродвигунів і систем керування, що тестуються.

Важливо враховувати ступінь захисту від навколишнього середовища, оскільки стенд може використовуватися як у виробничих приміщеннях, так і на відкритому повітрі. Міцність, водонепроникність та захист від пилу та інших дрібних частинок можуть бути ключовими факторами в цьому контексті.

Кліматичне виконання також має велике значення, оскільки стенд може експлуатуватися в різних кліматичних умовах. Відповідно до цього, електрообладнання повинно бути здатне працювати при різних температурах, вологості та інших атмосферних умовах, які можуть виникати під час експлуатації.

Також необхідно враховувати надійність, ефективність та сумісність з іншими компонентами стенду. Обладнання повинно мати високий рівень ефективності, щоб забезпечити ефективну роботу стенду і зменшити втрати енергії. Також важливо, щоб обладнання було сумісним із системами керування та моніторингу, що використовуються на стенді для забезпечення точності та надійності вимірювань.

На основі наведених рекомендацій, обираємо для системи випробування двигунів електромобілів силові електричні машини на номінальну робочу напругу 220/380 В змінного струму.

Ступінь захисту обладнання повинна бути не нижче IP54. Кліматичне виконання приймаємо типу У, а категорію розміщення – 2 або 3 [5, 6].

3.2. Перевірочні розрахунки електродвигуна-гальма стенду випробування двигунів електромобілів

Перевірочні розрахунки електродвигуна-гальма для стенду випробування двигунів електромобілів є ключовим етапом проектування. Спочатку необхідно визначити потужність, яку буде виробляти електродвигун-гальмо. Це пов'язано з максимальними можливостями тестового двигуна, які вимагають забезпечення відповідної потужності гальмування.

Крім того, необхідно врахувати вимоги до точності і динаміки гальмування, оскільки вони можуть впливати на результати випробувань. Розрахунки повинні враховувати не лише статичні параметри, а й динамічні характеристики роботи електродвигуна-гальма під час різних режимів тестування [7].

Потужність електродвигуна-гальма для стенду випробування двигунів електромобілів необхідно приймати з рахування наступної рівності [7]:

$$P_{\text{дв}} \geq \kappa_3 \cdot P_{\text{нДВЗ}}, \quad (3.1)$$

де κ_3 – коефіцієнт, який враховує підвищення електричної потужності електродвигуна під час збільшення частоти обертання, приймаємо $\kappa_3 = 0,6 \dots 0,7$ [7];

$P_{\text{нЕДА}}$ – номінальна величина потужність двигуна електромобіля, кВт; згідно виконуваних випробувань на підприємстві приймаємо $P_{\text{нЕДА}}=100$ кВт.

Тоді:

$$P_{\text{дв}} \geq 0,7 \cdot 100 = 70 \text{ кВт}$$

Обираємо в якості електродвигуна-гальма для стенду випробування двигунів електромобілів типовий серійний асинхронний електродвигун АИР250S2 (рис. 3.1) з такими параметрами [8]:

$$P_n = 75 \text{ кВт}; n_n = 3000 (2975) \text{ об / хв}; \eta = 93,6 \%; \cos\varphi = 0,9; \mu_{\text{max}} = 2,3; \\ \mu_{\text{пуск}} = 2,0; I_n = 135 \text{ А}; U_n = 380/660 \text{ В}; J = 0,35 \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \kappa_i = 7,0.$$



Рис. 3.1. Зовнішній вигляд АИР250S2

З метою підвищення характеристик електродвигуна-гальма для стенду випробування двигунів електромобілів, збільшення контурів регулювання та уніфікації стенду для електродвигунів з різними частотами обертання валу, обладнуємо стенд системою тиристорного керування пуском та регулюванням частоти обертання ротора електродвигуна.

Оскільки тиристорна система пуску дозволить зменшувати пускові струми електродвигунів та забезпечить безпеку від перевантаження, то за пусковими умовами перевірка електродвигуна гальма не проводиться.

Зробимо перевірку по перевантажувальній здатності:

$$M'_{\text{max дв}} \geq M'_{\text{max ЕДА}}, \quad (3.2)$$

де $M'_{\text{max дв}}$ – максимальний момент, який може створити електродвигун гальмо у випадку зниження напруги в системі, Нм;

$M'_{\max \text{ ДВЗ}}$ – максимальний момент опорів, які може створити випробовуваний електродвигун електромобіля, Нм.

Максимальний момент, який може створити електродвигун-гальмо у випадку зниження напруги в системі [7]:

$$M'_{\max \text{ ов}} = \mu_{\max} \cdot M_n \cdot \kappa_U^2, \quad (3.3)$$

де μ_{\max} – кратність максимального значення моменту електродвигуна-гальма;

M_n – номінальне значення моменту електродвигуна-гальма, Нм;

Номінальне значення моменту електродвигуна-гальма [3]:

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n}, \quad (3.4)$$

де P_n – номінальна потужність електродвигуна-гальма, Вт;

ω_n – номінальна величина кутової швидкості електродвигуна-гальма, 1/с.

Максимальний момент опорів, які може створити випробовуваний електродвигун електромобіля:

$$M'_{\max \text{ ЕДА}} = M_{\text{нЕДА}} = \frac{100 \cdot 10^3}{314} = 318,5 \text{ Нм}$$

Тоді

$$448,6 \text{ Нм} > 318,5 \text{ Нм}$$

Умова (3.2) виконується. Отже, остаточно приймаємо для стенду електродвигун-гальмо типу АІР250S2.

3.3. Розробка схеми розташування силового електрообладнання цеху електромобілів

Розробка схеми розташування силового електрообладнання для цеху електромобілів на ділянці випробування є ключовим етапом проектування. Під час розробки такої схеми необхідно враховувати різні аспекти, такі як потужність електромережі, вимоги безпеки, ергономіку робочого простору та ефективність використання простору.

Спочатку проводиться аналіз потужності електромережі, щоб визначити, чи вона здатна забезпечити необхідну потужність для всього силового електрообладнання. Потім встановлюються місця розташування основного обладнання, такого як зарядні станції, випробувальні стенди та електропостачання для різноманітних інструментів та пристроїв.

Звертається увага на безпеку працівників, тому всі електричні пристрої повинні бути правильно заземлені та захищені від короткого замикання. Крім того, розташування електрообладнання повинно бути зручним для операторів, щоб забезпечити оптимальні умови роботи та мінімізувати час на переміщення між станціями.

Окрім цього, важливо враховувати ефективне використання простору, щоб максимізувати продуктивність цеху. Це може включати оптимальне розташування обладнання, оптимізацію проводів та кабелів, а також зручний доступ до всіх необхідних пристроїв.

Розробка схеми розташування силового електрообладнання для цеху електромобілів на ділянці випробування вимагає комплексного підходу, що враховує як технічні, так і організаційні аспекти, з метою забезпечення ефективної та безпечної експлуатації обладнання [6].

Схема електрична розташування силового електрообладнання цеху електромобілів на ділянці випробування двигунів, розроблена з урахуванням вище наведених рекомендацій, показана на листі графічної частини проекту КП.06.3.018.E7 кваліфікаційного проекту.

4. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ СТЕНДОМ ВИПРОБУВАННЯ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

4.1 Технологічні вимоги до системи автоматизованого керування стендом випробування електромобілів

Технологічна та кінематичні схеми стенду випробування двигунів електромобілів наведені на листах КП.06.3.018.ТХ та КП.06.3.018.К7 графічної частини проєкту.

На основі прийнятої технології до системи автоматизованого керування стендом випробування двигунів електромобілів ставимо наступні вимоги [9]:

- плавне змінення швидкості обертання двигуна від початкових до номінальних значень під час роботи випробовуваного електродвигуна в холостому режимі;
- поступове навантаження двигуна до номінальної потужності при номінальній частоті обертання під час випробування з навантаженням;
- світловий сигнал про роботу системи;
- повільне зупинення електродвигунів системи випробування;
- захист електродвигуна-гальма стенду від перевантажень теплового характеру.
- захист електродвигуна-гальма стенду від короткого замикання.
- захист випробувальників від можливого ураження електричним струмом.

4.2. Розробка та описання принципової електричної схеми керування стендом випробування двигунів електромобілів

Схема електрична принципова автоматизованого керування випробуванням двигунів електромобілів, розроблена на основі технологічної та

кінематичної схем, наведена на листі КП.06.3.018.05.Е3 графічної частини проекту.

Система управління стендом надає можливість використання як ручного, так і автоматизованого режимів для проведення випробувань двигунів електромобілів. Після проведеної підготовки двигуна до тестування він кріпиться до випробувального стенду за допомогою кран-балки, і надалі приєднується до електродвигуна-гальма через спеціальну з'єднувальну муфту. Далі двигун електромобіля підключається до мережі живлення.

Після цього активується вимикач QF1, що призводить до подачі напруги на схему стенду. Після цього вмикають SF1 для подачі живлення на схему керування, при цьому світиться світловий індикатор HL1 для сигналізації про подачу напруги на схему.

У ручному режимі роботи передбачено вимірювання основних характеристик двигунів електромобілів в його номінальних режимах роботи. Для вмикання установки потрібно перевести перемикач SA1 на поділку «РУЧНЕ КЕРУВАННЯ».

Безпосереднє вмикання стенду здійснюється натисненням SB1.2 та SB2.2 після чого втягуванням KM1 включається двигун електромобіля, що підлягає випробуванню (M1 на схемі) та за допомогою KM2 – електродвигун-гальмо (M2 на схемі). Далі можна записувати у ручному режимі показники контрольно-вимірювальної апаратури, зокрема, номінальних лінійних та фазних струмів машини (амперметри PA1, PA2, PA3), лінійних та фазних напруг (вольтметри PV1, PV2, PV3).

Швидкість обертання ротору двигуна електромобіля, що випробовується контролюється датчиком швидкості BR1. Регулювання режимів випробування здійснюється тиристорним блоком керування електродвигуном-гальмом (ТБК1). Після проведених випробувань та знімання показників роботи приводу, система керування вимикається кнопкою SB1.1.

Для вмикання установки в автоматизований режим потрібно перевести перемикач SA1 на поділку «АВТ. КЕРУВАННЯ».

Відповідний режим випробування та його тривалість в автоматичному режимі роботи задається з панелі керування (ПК1). Коли напруга надходить на схему керування спрацьовує реле часу КТ1, яким здійснюється установка тривалості певного циклу випробування двигуна електромобіля. За рахунок замикання КТ1.1 (без затримки) за допомогою КМ1 подається напруга на електродвигун, що випробовується (М1). За рахунок замикання КТ1.2 (без затримки) за допомогою КМ2 подається напруга на електродвигун-гальмо (М2).

Вимірювані значення параметрів електродвигуна електромобіля, що випробовується виводяться на панель керування ПК1. З даної панелі також відправляються сигнали керування на ТБК1 в залежності від обраного режиму курування. Дистанційне знімання показників по кожній фазі здійснюється за допомогою вимірювальних трансформаторів струму ТА1, ТА2 та ТА3 відповідно.

Після закінчення визначеної тривалості випробування вимикається реле КТ1 та розмикаючи свої контакти КТ1.1 і КТ1.2 вимикає стенд випробування двигунів електромобілів.

Система автоматично вимикається за коротких замикань та перевантажень за допомогою автоматичних вимикачів QF1 та SF1. Для захисту персоналу від ураження електричним струмом струмоведучі частини корпусів обладнання з'єднуються з нульовим захисним провідником РЕ.

4.3. Складання схеми з'єднань шафи керування стендом

Схема електрична з'єднань шафи керування стендом випробування двигунів електромобілів показана на аркуші КП.06.3.018.Е4 графічної частини кваліфікаційної роботи.

4.4. Складання схеми підключень обладнання стенду

Схема електрична підключень електрообладнання стенда випробування двигунів електромобілів показана на аркуші КП.06.3.018.Е4 графічної частини кваліфікаційної роботи.

4.5. Перелік обладнання схеми автоматизованого керування стендом

Перелік обладнання, яке використовується схеми автоматизованого керування стендом та його кількість показано та специфікації на листі КП.06.3.018.Е3 графічної частини.

5. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЦЕХУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

5.1. Складання схеми живлення цеху електромобілів

При складанні схеми живлення ділянки випробування двигунів електромобілів важливо враховувати кілька ключових аспектів. По-перше, необхідно визначити потужність та напругу, які вимагаються для випробування конкретного типу двигуна. Це допоможе підібрати відповідне обладнання і забезпечити необхідні умови для ефективного тестування.

Слід враховувати можливість регулювання параметрів живлення під час випробування. Гнучка система живлення дозволить змінювати напругу та потужність в залежності від потреб тесту. Це особливо корисно для проведення різноманітних етапів випробувань та досліджень. Також важливо передбачити систему безпеки, щоб уникнути небезпечних ситуацій під час експериментів. До цього можуть входити заходи контролю за температурою, струмом та іншими параметрами, а також автоматичні системи відключення у разі виявлення проблем.

Загалом, при складанні схеми живлення ділянки випробування двигунів електромобілів важливо бути гнучкими та враховувати різноманітні потреби тестування, а також забезпечувати безпеку та ефективність експериментів.

Живлення споживачів цеху на ділянці випробування двигунів електромобілів здійснюємо від ввідного розподільчого пункту 0,4 кВ (A1). Електричну мережу, схема якої показана на рис. 5.1, проектуємо за системою TN-CS із нульовим робочим та нульовим захисним провідниками [5, 6].

Від ввідного розподільчого пункту 0,4 кВ (A1) заживлюємо шафу керування стендом випробування двигунів електромобілів (A2), шафу керування кран-балкою (A3) та шафу керування системою освітлення (A4). Для підключення споживачів цеху до мережі приймаємо до монтажу кабельну продукцію компанії «Каблекс» (Одеса), зокрема кабелі типу ВВГ-п-нгд з мідними струмоведучими жилами.

Прокладання магістральних та групових ділянок мережі здійснюємо в металевих трубах відповідного діаметру та коробах.

5.2. Розрахунок електричних навантажень на ділянках мережі цеху

Для подальшого вибору кабелів для живлення обладнання ділянки випробування двигунів електромобілів, визначення струмів споживачів будемо розраховувати за формулою [6]:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H}, \quad (5.1)$$

де P_H – номінальне значення потужність обладнання для випробування двигунів електромобілів, кВт;

U_H – номінальне значення напруги електромережі цеху, В;

$\cos \varphi_H$ – коефіцієнт потужності споживачів ділянки для випробування двигунів електромобілів;

η_H – ККД обладнання цеху.

Визначення номінальних струмів обладнання ділянки для випробування двигунів електромобілів проведемо на прикладі електродвигуна-гальма стенду М2:

$$I_{н.М2} = \frac{75 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,936} = 135,4 \text{ A}$$

Струми магістралей та групових ділянок мережі визначаємо за формулою [6]:

$$I_{м.і.} = K_0 \cdot \sum_{i=1}^i I_{н.і.}, \quad (5.2)$$

де $\sum_{i=1}^i I_{n,i}$ – сума номінальних (розрахункових) струмів обладнання, А;

K_0 – коефіцієнт одночасності роботи обладнання, що живиться від магістральної ділянки мережі, $K_0 = 1,0$.

Проведемо для прикладу розрахунок струмів магістралі (А1-А2), що живить стенд випробування двигунів електромобілів:

$$I_{A1-A2} = 1,0 \cdot (135,4 + 187,8) = 323,4 \text{ А}$$

Таким же чином проводимо розрахунки номінальних струмів споживачів та ділянок. Результати розрахунку показані на аркуші КП.06.3.018.Е3 графічної частини проекту.

5.2. Вибір кабелів для живлення споживачів

Кабелі для підключення споживачів ділянки випробування двигунів електромобілів обираємо з урахуванням умови [6]:

$$I_{mp.\dot{d}on} \geq I_n, \quad (5.3)$$

де $I_{mp.\dot{d}on}$ – допустимий тривалий струм обраного кабелю, А.

Вибір кабелів проведемо на прикладі електродвигуна-гальма стенду для випробування двигунів електромобілів та магістральної ділянки А1-А2.

Розрахункове значення електродвигуна-гальма М2 становить 135,4 А, отже для його підключення до мережі приймаємо до монтажу кабель ВВГ-п-нг(4х50) із $I_{mp.\dot{d}on} = 145 \text{ А}$ [10]. Перевіряємо виконання умови (5.3):

$$145 \text{ А} > 135,4 \text{ А}.$$

Умова дотримується, отже кабель обрано правильно.

Розрахункове значення магістральної ділянки А1-А2 становить 323,4 А, отже для його підключення до мережі приймаємо до монтажу кабель ВВГ-пнг(4х185) із $I_{тр.дон} = 350 \text{ А}$ [10]. Перевіряємо виконання умови (5.3):

$$350 \text{ А} > 323,4 \text{ А}.$$

Умова дотримується, отже кабель обрано правильно.

Таким же чином обираємо кабелі для живлення інших споживачів. Результати вибору наведено на аркуші КП.06.3.018.Е3 графічної частини.

5.3. Вибір автоматичних вимикачів

Вимоги до вибору автоматичних вимикачів для захисту споживачів цеху електромобілів наведено в додатку А [6]. Вибір проводимо табличним способом. У відповідності до вказаних умов приймаємо до установки автоматичні вимикачі компанії УЕК [11]. Результати вибору та відомості про обрані АВ показано та на листі КП.06.3.018.Е3 графічної частини.

6. ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Організація технічної експлуатації електрообладнання цеху електромобілів вимагає відповідального підходу та дотримання встановлених стандартів безпеки. Відповідальність за технічне обслуговування може лежати на спеціалізованому персоналі, який має не лише технічні знання, а й досвід роботи з електрообладнанням. Цей персонал повинен вміти виявляти та усувати несправності, проводити планове обслуговування та ремонт обладнання.

Щодо електробезпеки, всі працівники, які працюють з електрообладнанням, повинні мати необхідні знання і навички для уникнення нещасних випадків. Це включає розуміння правил безпеки при роботі з електричними приладами, навички роботи з захисними засобами, а також вміння діяти у випадку виникнення аварійних ситуацій.

Забезпечення безперебійної та безпечної експлуатації електрообладнання також передбачає систематичну перевірку, обслуговування та вчасний ремонт. Технічний персонал повинен мати розуміння графіка планових та профілактичних робіт, а також бути готовим реагувати на непередбачені ситуації швидко та ефективно.

Організація технічної експлуатації електрообладнання цеху електромобілів – це комплексний процес, який потребує спільних зусиль всіх працівників, а також дотримання встановлених норм та вимог безпеки.

Організація технічного обслуговування та ремонту електродвигунів.
Організація технічного обслуговування та ремонту електродвигунів вимагає компетентності та систематичного підходу. Основна відповідальність за це покладається на технічний персонал, який має розуміння принципів роботи електродвигунів, вміння виявляти та діагностувати несправності, а також проводити ремонтні роботи.

У технічному обслуговуванні та ремонті електродвигунів також важливе дотримання норм та правил електробезпеки. Робітники, які здійснюють ці роботи, повинні мати не лише технічну компетентність, а й розуміння принципів безпечної роботи з електрообладнанням.

Планове технічне обслуговування включає в себе регулярну перевірку параметрів роботи електродвигунів, заміну зношених деталей, а також змащення та очищення. У разі виявлення несправностей або потреби в ремонті, технічний персонал повинен негайно реагувати та вживати відповідних заходів.

Організація технічного обслуговування та ремонту внутрішніх електропроводок. Організація технічного обслуговування та ремонту внутрішніх електропроводок вимагає уваги до деталей та безпеки. Відповідальність за це може покладатися на спеціалізований технічний персонал, який має розуміння електричних систем та навички виявлення та усунення несправностей.

Проведення технічного обслуговування включає в себе періодичну перевірку стану електропроводок, ізоляції та з'єднань. У разі виявлення будь-яких пошкоджень або втрати ефективності ізоляції, необхідно вжити заходів для їх усунення.

Ремонт внутрішніх електропроводок може включати в себе заміну пошкоджених ділянок проводки, розшук та усунення коротких замикань, а також відновлення ізоляції. Важливо, щоб роботи з ремонту проводилися з дотриманням вимог електробезпеки та застосуванням відповідних захисних засобів. Також важливо проводити систематичну перевірку заземлення та відповідність електропроводки нормам та стандартам безпеки. Це допомагає уникнути аварійних ситуацій та забезпечити надійну роботу електричної системи.

Організація технічного обслуговування та ремонту автоматичних вимикачів, магнітних пускачів та іншої пускозахисної апаратури. Організація технічного обслуговування та ремонту автоматичних вимикачів,

магнітних пускачів та іншої пускозахисної апаратури є важливою складовою ефективного функціонування електричних систем.

Технічне обслуговування включає в себе регулярну перевірку параметрів роботи та стану автоматичних вимикачів, магнітних пускачів та іншої пускозахисної апаратури. Це може включати в себе перевірку контактів, ізоляції, роботи механізмів вимикачів та виявлення будь-яких ознак зносу чи пошкодження.

Ремонт вимагає вміння виявляти та усувати несправності, а також здійснювати заміну деталей чи компонентів, які вийшли з ладу. Важливо, щоб ремонт проводився згідно з виробничими стандартами та вимогами безпеки.

Уникнення аварійних ситуацій та забезпечення безперебійного функціонування пускозахисної апаратури також передбачає систематичну перевірку та технічне обслуговування за допомогою кваліфікованого персоналу.

Висновок. Ефективна організація технічного обслуговування є ключовим елементом забезпечення безперебійної та безпечної роботи електрообладнання. Цей процес вимагає наявності спеціалізованого технічного персоналу з відповідною кваліфікацією та знаннями. Крім того, необхідно дотримуватися вимог електробезпеки на всіх етапах обслуговування, щоб уникнути аварійних ситуацій та забезпечити безпеку працівників.

Організація технічного обслуговування має включати в себе планування регулярних перевірок, діагностику та профілактичний ремонт обладнання, а також реагування на непередбачені ситуації шляхом оперативної реакції та усунення несправностей. Важливо також забезпечити належне документування всіх проведених заходів та ведення журналів обліку технічного стану обладнання. Успішна організація технічного обслуговування включає в себе комплексний підхід, який спрямований на забезпечення надійності, безпеки та ефективності роботи електрообладнання.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація роботи з охорони праці в цеху електромобілів. Організація роботи з охорони праці в цеху електромобілів вимагає комплексного підходу та систематичної уваги з боку керівництва підприємства. Планування заходів з охорони праці є ключовим етапом, де визначаються конкретні завдання, ресурси та терміни їх виконання. Фінансування цих заходів повинно бути забезпечене на відповідному рівні для забезпечення безпеки та здоров'я працівників.

Умови, викладені в колективному договорі в розділі «Охорона праці», мають бути чіткими та деталізованими, визначаючи права та обов'язки як роботодавця, так і працівників у сфері охорони праці. Це створює основу для систематичного впровадження та виконання процедур з безпеки.

Організація навчання працівників є не менш важливою складовою, існуючі програми навчання та інструкції з охорони праці повинні бути доступні всім працівникам. Реєстрація проведених інструктажів та атестація працівників з охорони праці дозволяє забезпечити їх ефективність та відповідність вимогам.

Забезпечення спецодягом, засобами індивідуального захисту та санітарно-побутовими умовами є обов'язком керівництва для забезпечення безпечної працівничої обстановки. Відповідальність посадових осіб за роботу з охорони праці повинна бути чітко визначеною і включати контроль за виконанням вимог законодавства та внутрішніх положень підприємства [12, 13].

Небезпечні та шкідливі фактори при виконанні операцій випробування двигунів електромобілів. Під час виконання операцій з випробування двигунів електромобілів існують різноманітні небезпечні та шкідливі фактори, які потенційно можуть підірвати безпеку працівників та негативно вплинути на їх здоров'я.

Один з таких факторів – це електричний струм, який може викликати серйозні травми та навіть смерть у разі необережного поводження з електричними системами та пристроями.

Небезпека пожежі або вибуху також є серйозною загрозою, особливо при використанні акумуляторів та інших джерел енергії з високою енергетичною щільністю. Додатковим фактором ризику є викиди шкідливих речовин та токсичних газів під час роботи з двигунами, особливо при їх недбалому обслуговуванні або в разі виявлення несправностей.

Фізичні навантаження, пов'язані з підйомом важких деталей чи пристроїв, а також можливість травмування при взаємодії з рухомими частинами механізмів, також потребують уваги та заходів безпеки.

Забезпечення безпечного робочого середовища, правильна організація процесу роботи, систематичне навчання працівників правилам безпеки та надання необхідного захисту від цих факторів є критичними завданнями для забезпечення безпеки та здоров'я працівників під час випробувань двигунів електромобілів.

Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці при виконанні операцій випробування двигунів електромобілів. При впровадженні безпечних і здорових умов праці під час виконання операцій з випробування двигунів електромобілів важливо дотримуватися кількох ключових рекомендацій:

- забезпечення всіх працівників необхідними знаннями та навичками щодо безпеки та здоров'я під час виконання операцій з електромобілями;

- проведення регулярних інструктажів та оновлення програми навчання відповідно до змінних вимог та стандартів;

- робоче середовище повинно відповідати вимогам безпеки. Це включає належну вентиляцію, освітлення, сигналізацію, а також належний захист від електричних та інших небезпечних факторів;

- забезпечення працівників необхідним особистим захистом, таким як спецодяг, захисні окуляри, респіратори та інші засоби захисту від небезпеки;

– всі електромеханічні та інші пристрої для випробувань періодично повинні проходити технічне обслуговування та перевірку, щоб уникнути можливих аварій та несправностей;

– необхідно ретельно планувати операції випробувань, визначаючи послідовність дій та усунення потенційних ризиків;

– необхідно здійснювати постійний контроль за виконанням безпечних процедур та вживанням заходів безпеки;

– необхідно залучати працівників до процесу впровадження безпечних умов праці, створюючи відкриту комунікаційну культуру, де вони можуть висловлювати свої спостереження та пропозиції щодо покращення безпеки;

– необхідно постійно аналізувати випадки порушень безпеки та нещасних випадків, щоб вживати відповідних заходів для їх запобігання у майбутньому;

– необхідно впроваджувати систему постійного вдосконалення та підвищення безпеки на робочому місці.

Висновки. Впровадження безпечних і здорових умов праці при виконанні операцій випробування двигунів електромобілів є критично важливим для забезпечення безпеки працівників та ефективного функціонування підприємства. Ретельне планування, систематична навчання, використання необхідного особистого захисту та контроль за процесом роботи допомагають уникнути можливих небезпек та ризиків.

Залучення працівників до процесу безпеки, встановлення відкритої комунікаційної культури та постійний аналіз та вдосконалення системи безпеки допомагають підвищити рівень безпеки на робочому місці та запобігти можливим нещасним випадкам.

Впровадження цих рекомендацій сприяє створенню безпечного та здорового середовища праці, що є важливою передумовою успішної та ефективної роботи у сфері випробування двигунів електромобілів..

8. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Реконструкція системи електрифікації цеху електромобілів та розробка автоматизації стенду випробування двигунів електромобілів вимагає глибокого економічного обґрунтування, щоб визначити вигоди та витрати, пов'язані з цими заходами. Перш за все, реконструкція системи електрифікації цеху може призвести до зменшення витрат на споживання енергії, оскільки сучасні технології дозволяють оптимізувати енергоефективність обладнання. Це може призвести до значного зменшення витрат на електроенергію на довгостроковій перспективі.

Додатково, автоматизація стенду випробування двигунів електромобілів може покращити продуктивність і точність тестування, що сприятиме виявленню проблем та вдосконаленню процесу виробництва. Це може зменшити кількість бракованих виробів та витрати на післягарантійний ремонт. Крім того, впровадження нових технологій може підвищити конкурентоспроможність підприємства на ринку електромобілів, що може призвести до збільшення обсягів продажів і прибутку. Проте важливо врахувати, що реконструкція системи електрифікації та автоматизація стенду випробування вимагатиме значних початкових інвестицій. Необхідно провести детальний аналіз витрат і прибутків, щоб визначити час окупності цих витрат.

Загалом, економічне обґрунтування реконструкції системи електрифікації цеху електромобілів з розробкою автоматизації стенду випробування двигунів електромобілів показує потенційні економічні вигоди у вигляді зменшення витрат, підвищення продуктивності та підвищення конкурентоспроможності, але вимагає уважного аналізу витрат і прибутків перед впровадженням.

Запровадження в цеху ТОВ «Романцов В.В.» автоматизованої системи керування стендом випробування двигунів електромобілів та встановлення сучасного енергоефективного електрообладнання системи електрифікації

дозволить вирішити питання економії споживання електроенергії на виробничі процеси в розмірі 10-15% [15].

Загальні капіталовкладення по проекту реконструкції розраховано в табл. 9.1

Таблиця 9.1 – Загальні капіталовкладення по проекту реконструкції

№ п/п	Найменування	К-ть, шт, м	Ціна за одиницю, грн	Всього, грн
1.	ПР11-7121-54У1	1	3200	3200
2.	ІЕК ЦМПП	3	1200	3600
3.	ВА88-40 ЗР	1	4500	4500
6.	ВА88-37 ЗР	1	4200	4200
7.	ВА47-29 ЗР	1	340	340
8.	ВА47-29 ЗР	2	300	600
9.	ВА47-29 ЗР	1	360	360
10.	КТІе-5200 200А 230В/АСЗ	2	2560	5120
11.	КТІе-5150 150А 230В/АСЗ	2	2500	5000
12.	КМІ-10910 9А 230В/АСЗ	4	540	2160
13.	РТІ-1303	1	620	620
14.	РТІ-1307	1	620	620
15.	Панель керування	1	600	600
16.	Тиристорний блок керування	1	2500	2500
17.	ВА47-29 1Р 6А С 6 кА	1	240	240
18.	Амперметр щитовий АС-100	3	360	1080
Разом				181233

Після виконання модернізації системи, відзначається зменшення витрат електроенергії в цеху, де проводять ремонт електродвигунів. Зниження споживання знайдемо за виразом [15]:

$$W_n = W_o - \frac{W_o \cdot k}{100}, \quad (9.1)$$

де W_o – обсяг електроенергії, який споживався на потреби виробництва до виконання реконструкції системи, кВт·год; $W_o = 183500 \text{ кВт} \cdot \text{год}$;

k – очікуваний відсоток зменшення споживання електроенергії, %;
 $k = 10\%$.

$$W_n = 183500 - \frac{183500 \cdot 10}{100} = 165150 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Зменшення витрат коштів на споживання електроенергії [15]:

$$E_{ел} = (W_б - W_{np}) \cdot Ц, \quad (9.2)$$

де $Ц$ – поточна ціна за одиницю електроенергії, що застосовується в даний момент, грн/кВт·год.

$$E_{ел} = (183500 - 165150) \cdot 2,64 = 48444 \text{ грн.}$$

Час, за який інвестиції, витрачені на модернізацію системи електрифікації в цеху електромобілів, повернуться [15]:

$$T_{ок} = \frac{K}{E_{ел}}, \quad (9.3)$$

де K – витрати, пов'язані з закупівлею матеріалів та обладнання для модернізації системи електрифікації у цеху електромобілів, грн.

$$T_{ок} = \frac{181233}{48444} = 3,7 \text{ років}$$

Сума економічного коефіцієнта, що визначає ефективність інвестицій [15]:

$$E_{e.e.} = \frac{E_{ел}}{K}, \quad (9.4)$$

$$E_{e.e.} = \frac{48444}{181233} = 0,27.$$

На аркуші КП.06.3.018.ТБ графічної частини проекту наведено дані щодо показників економічної вигідності проекту реконструкції системи електрифікації цеху електромобілів, включаючи докладний опис розробки системи автоматизації для стенду випробування двигунів.

Висновки. Удосконалення системи електрифікації та впровадження автоматизованої системи керування на стенді для випробування двигунів електромобілів призведе до зменшення електроенергії на 10% і одночасно зменшить витрати на це на 48444 грн. Період окупності такої інвестиції складе 3,7 роки.

ВИСНОВКИ

Впровадження в цеху ТОВ «Романцов В.В.» системи автоматизованого керування стендом випробування двигунів електромобілів та заміна застарілого обладнання на сучасні типи електротехнічних апаратів дозволить отримати наступне:

- автоматизація процесу випробування двигунів електромобілів дозволить значно скоротити час, необхідний для кожного тесту, та знизити кількість людських помилок, що призведе до збільшення загальної продуктивності цеху;

- сучасні електротехнічні апарати мають більш точні показники та забезпечують більш стабільну роботу в порівнянні з застарілим обладнанням, що дозволить знизити кількість браку та підвищити якість випускаємих продуктів;

- сучасне обладнання зазвичай споживає менше енергії та потребує менше технічного обслуговування порівняно з застарілим, що дозволить зменшити витрати на електроенергію та технічне обслуговування та зробить виробництво більш економічно вигідним;

- завдяки підвищенню ефективності та якості виробництва, а також зменшенню витрат, компанія зможе зайняти більш сильну позицію на ринку, привертаючи більше клієнтів та збільшуючи свій дохід.

Удосконалення системи електрифікації та впровадження автоматизованої системи керування на стенді для випробування двигунів електромобілів призведе до зменшення електроенергії на 10% і одночасно зменшить витрати на це на 48444 грн. Період окупності такої інвестиції складе 3,7 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ТОВ «Романцов В.В.». [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/45072468/.
2. Електронне та мікропроцесорне обладнання автомобілів: навч. посіб. / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 209 с.
3. Кужель В.П. Основні проблеми експлуатації електромобілів в Україні та шляхи їх вирішення / В.П. Кужель, В.В. Красиленко //Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 19–21 жовтня, 2015 р.: Збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – С. 132 – 135.
4. Оверченко Ю.М. Деякі питання переобладнання малолітражного легкового автомобіля у електромобіль [Електронний ресурс] / Ю.М. Оверченко, Л.В. Горпинюк // Автошляховик України. - 2014. - № 2. - С. 18-21.
5. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017).
6. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: підручник / І. І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко, І. М. Болбот, П. В. Олійник. – К.: НМЦ Мін-ва аграрної політики України, 2008. – 330 с; 2020. – 330 с.
7. Електропривод с.г. машин, агрегатів та потокових ліній. Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавриненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк. За ред. Жулая Є.Л. – Вища освіта, 2001. – 288 с.
8. Каталог електродвигунів серії АІР. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://xn--80aqy.com.ua/katalog_elektrodvigateli_air/.

9. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.

10. Каталог кабельної продукції. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.avtomats.com.ua/3307-wire_apv.html.

11. Каталог продукції УЕК. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uek.com.ua/shop/>.

12. Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 р. (Редакція станом на 20.01.2018).

13. Яковлєв В. Ф., Барсукова Г. В. Методичні вказівки до виконання розділу «Екологічна експертиза» в випускних роботах здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей 2 першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. – Суми: СНАУ, 2021.– 12 с.

14. Кравець О.В. Методичні вказівки до економічної частини дипломних проектів ФЕСВ / О.В. Кравець, М. І. Стручаєв. – Мелітополь : ТДАТА, 2004. – 15 с.