

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації
та робототехніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Удосконалення частотного перетворювача напруги блоку управління
електричним транспортним засобом
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи КТРСм-22-1

Ковальов М. В.

Спеціальність 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма Комп'ютеризовані та
робототехнічні системи

Керівник Іванов Л. С.

Допускається до захисту
Зав. кафедри КІТАР

(підпис)

Невлюдов І. Ш.

(прізвище, ініціали)

Харків 2024 р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
 Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та
 робототехніки
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
 Тип програми Освітньо-професійна
 Освітня програма Комп'ютеризовані та робототехнічні системи
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КІТАР _____
 (підпис)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Ковальову Михайлу Вікторовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Удосконалення частотного перетворювача напруги блоку
 управління електричним транспортним засобом»

Затверджена наказом по університету від 03.11.2023р. №1288 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____

3. Вихідні дані до роботи 3.1 Технічна документація тролейбусів PTS 12;

3.2 Плата розробника ARDUINI UNO;

3.3 Програмне середовище для програмування мікроконтролерів Arduino –
 Arduibo IDE.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

4.1 Вступ _____

4.2 Аналіз технічного завдання та предметної області; _____

4.3 Аналіз готових інженерних рішень та моделей; _____

4.4 Розробка та підбір апаратної частини системи; _____

4.5 Розробка схеми електричної принципової; _____

4.6 Розробка програмного забезпечення для системи; _____

4.7 Експериментальні дослідження та налаштування; _____

4.8 Розробка заходів з охорони праці; _____

4.9 Висновки; _____

4.10 Додатки. _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій

Графічний демонстраційний матеріал у форматі Power Point

(* .ppt) – 12 сторінок

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Керівник (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка керівника про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз вхідної інформації та вимог ТЗ	04. 11. 23 р.	Виконано
2	Аналіз літератури за темою кваліфікаційної роботи	07. 11. 23 р.	Виконано
3	Розробка СЕП та підбір компонентів	15. 11. 23 р.	Виконано
4	Розробка ПЗ системи	20. 11. 23 р.	Виконано
5	Експериментальні дослідження	28. 11. 23 р.	Виконано
6	Налаштування системи	02. 12. 23 р.	Виконано
7	Описання вимог охорони праці	05. 12. 23 р.	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	15. 12. 23 р.	Виконано
9	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unichesk		
10	Подання роботи на рецензію		
11	Подання роботи на підпис зав. кафедри		
12	Подання кваліфікаційної роботи в ЕК		

Дата видачі завдання _____ 03.11.2023 р. _____

Студент _____ Ковальов М. В.
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Іванов Л. С.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

Я, як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

___.01.2024р



Ковальов Михайло Вікторович

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 78 с., 2 табл., 16 рис., 2 дод., 16 джерел.

УДОСКОНАЛЕННЯ ЧАСТОТНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ БЛОКУ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ.

Об'єкт дослідження – удосконалення частотноого перетворювача напруги в блоку управління.

Предмет дослідження – частотний перетворювач напруги в електричному транспортному засобі.

Мета кваліфікаційної роботи – удосконалення частотного перетворювача напруги для ефективного керування електричним транспортним засобом.

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було проведено аналіз існуючих систем керування частотними перетворювачами, визначено недоліки та можливості удосконалення. Також був вивчений принцип роботи частотних перетворювачів у контексті їх застосування в електричних транспортних засобах. Тема роботи є актуальною, оскільки ефективне керування частотним перетворювачем напруги в електричному транспорті визначає продуктивність та енергоефективність транспортного засобу. В умовах постійного розвитку технологій та вимог до зменшення енергоспоживання, удосконалення частотних перетворювачів є стратегічно важливим завданням.

Тема роботи актуальна, оскільки має реального замовника, а саме КП «Тролейбусне депо №2» міста Харків. Згідно договору, було отримано матеріали для дослідження та проведено аналіз проблеми для її подальшого вирішення.

ABSTRACT

The explanatory note contains: 78 p., 2 tabl., 16 fig., 2 app., 16 sources.

IMPROVEMENT OF THE VOLTAGE FREQUENCY CONVERTER OF THE ELECTRIC VEHICLE CONTROL UNIT.

The object of the study is the improvement of the frequency converter of the narpuga in the control unit.

The subject of research is a voltage frequency converter in an electric vehicle.

The purpose of the qualification work is to improve the voltage frequency converter for effective control of an electric vehicle.

In the course of the qualification work, an analysis of existing control systems for frequency converters was carried out, shortcomings and opportunities for improvement were identified. The principle of operation of frequency converters in the context of their use in electric vehicles was also studied.

The topic of the work is relevant, because effective control of the voltage frequency converter in electric vehicles determines the performance and energy efficiency of the vehicle. In the conditions of constant development of technologies and requirements to reduce energy consumption, improvement of frequency converters is a strategically important task.

The topic of the work is relevant because it has a real customer, namely KP "Trolleybus Depot No. 2" of the city of Kharkiv. According to the contract, research materials were received and the problem was analyzed for its further solution.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРОБЛЕМ ТА НЕДОЛІКІВ У ЧАСТОТНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ НАПРУГИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	11
1.1 Обмеження по потужності та ефективності.....	11
1.2 Підходи до проектування системи.....	17
1.3 Формалізація процесу кластерного аналізу.....	24
1.4 Висновок до розділу 1.....	29
2 ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ НАПРУГИ БЛОКУ УПРАВЛІННЯ.....	29
2.1 Загальна характеристика блоку живлення та системи.....	30
2.2 Загальна характеристика блоку управління.....	33
2.3 Переваги та можливості сучасних рішень частотних перетворювачів....	39
2.4 Висновки до розділу 2.....	41
3 УДОСКОНАЛЕННЯ ЧАСТОТНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ БЛОКУ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ.....	42
3.1 Удосконалення датчиків.....	42
3.2 Удосконалення системи керування.....	47
3.3 Розробка програмного коду для роботи датчика.....	56
3.4 Експериментальні дослідження.....	59
3.5 Висновок до розділу 3.....	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	61
ВИСНОВКИ.....	64

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	65
ДОДАТОК А Апробація результатів наукових досліджень.....	67
ДОДАТОК Б Демонстраційний матеріал.....	71

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АБ – акумуляторна батарея;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

КП – коефіцієнт потужності;

ППН – пристрій прямого наведення;

ЧПН – частотні перетворювачі напруги;

ЕМС – електромагнітна сумісність;

GPS – глобальна система позначення місцезнаходження;

PWMP – розширена модуляція ширини імпульсів.

ВСТУП

Об'єкт дослідження – удосконалення частотноого перетворювача напруги в блоку управління.

Предмет дослідження – частотний перетворювач напруги в електричному транспортному засобі.

Мета кваліфікаційної роботи – удосконалення частотного перетворювача напруги для ефективного керування електричним транспортним засобом.

З урахуванням загального росту інтересу до розвитку електромобільності та важливості вдосконалення технічних характеристик електричних транспортних засобів, дослідження спрямоване на знаходження оптимальних рішень у сфері частотного перетворювача напруги для досягнення максимальної ефективності та відповідності сучасним стандартам якості та безпеки.

В даному вступі проведено огляд та аналіз проблемної області, визначено основні завдання та цілі дослідження, а також обґрунтовано актуальність та значущість подальших вдосконалень в області частотного перетворювача напруги в контексті блоку управління електричним транспортним засобом.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати частотні перетворювачі напруги;
- провести аналіз будови перетворювача;
- проаналізувати нормальні умови частотного перетворювача напруги;
- провести аналіз недоліків;
- розробити принцип рішення проблеми;
- розробити функціональну схему системи контролю частотного перетворювача напруги;
- розробити програмне забезпечення для злагодженої роботи;
- провести експериментальне дослідження;

- опрацювати питання охорони праці;
- оформити пояснювальну записку згідно рекомендаціям [1] та вимогам ДСТУ 3008:2015 [2];
- за результатами роботи опублікувати статтю в збірнику студентських робіт [3].

Звіт з кваліфікаційної роботи пройшов апробацію на 26-му Міжнародному молодіжному форумі “Автоматизовані системи та комп’ютеризовані технології радіоелектронного приладобудування”, а також на 17-тій Міжнародній науково-практичній конференції “Мультидисциплінарні наукові записки. Теорія, методологія і практика”. Тези були опубліковані у збірнику студентських наукових та на міжнародних конференціях: “Автоматизація та приладобудування ADED-2022” [5], “Виробництво & Мехатронні Системи 2022” [6].

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРОБЛЕМ ТА НЕДОЛІКІВ У ЧАСТОТНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ НАПРУГИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

1.1 Обмеження по потужності та ефективності

Аналіз обмежень за потужністю:

– розгляд технічних обмежень, пов'язаних з максимальною та мінімальною потужністю, які можуть бути оброблені частотним перетворювачем;

– дослідження впливу цих обмежень на здатність електричних транспортних засобів ефективно використати енергію.

Коефіцієнт потужності (КП) та ККД частотних перетворювачів:

– огляд поточного стану коефіцієнта потужності та ККД існуючих частотних перетворювачів електричних транспортних засобах;

– дослідження взаємозв'язку між цими параметрами та ефективністю роботи системи.

Вимоги до потужності у різних режимах роботи:

– аналіз динамічних змін потужності у різних режимах експлуатації електричних транспортних засобів;

– розробка методів оптимізації роботи частотних перетворювачів задля забезпечення ефективного використання потужності за різних умов.

Порівняння з аналогами та існуючими стандартами:

– порівняльний аналіз частотних перетворювачів в електричних транспортних засобах з аналогічними системами в інших сферах застосування;

– оцінка відповідності поточних стандартів вимогам щодо потужності та ефективності.

Детальний розгляд цих аспектів дозволить виявити конкретні технічні

обмеження та недоліки, які необхідно подолати для вдосконалення частотних перетворювачів у блоках керування електричними транспортними засобами (рис. 1.1).

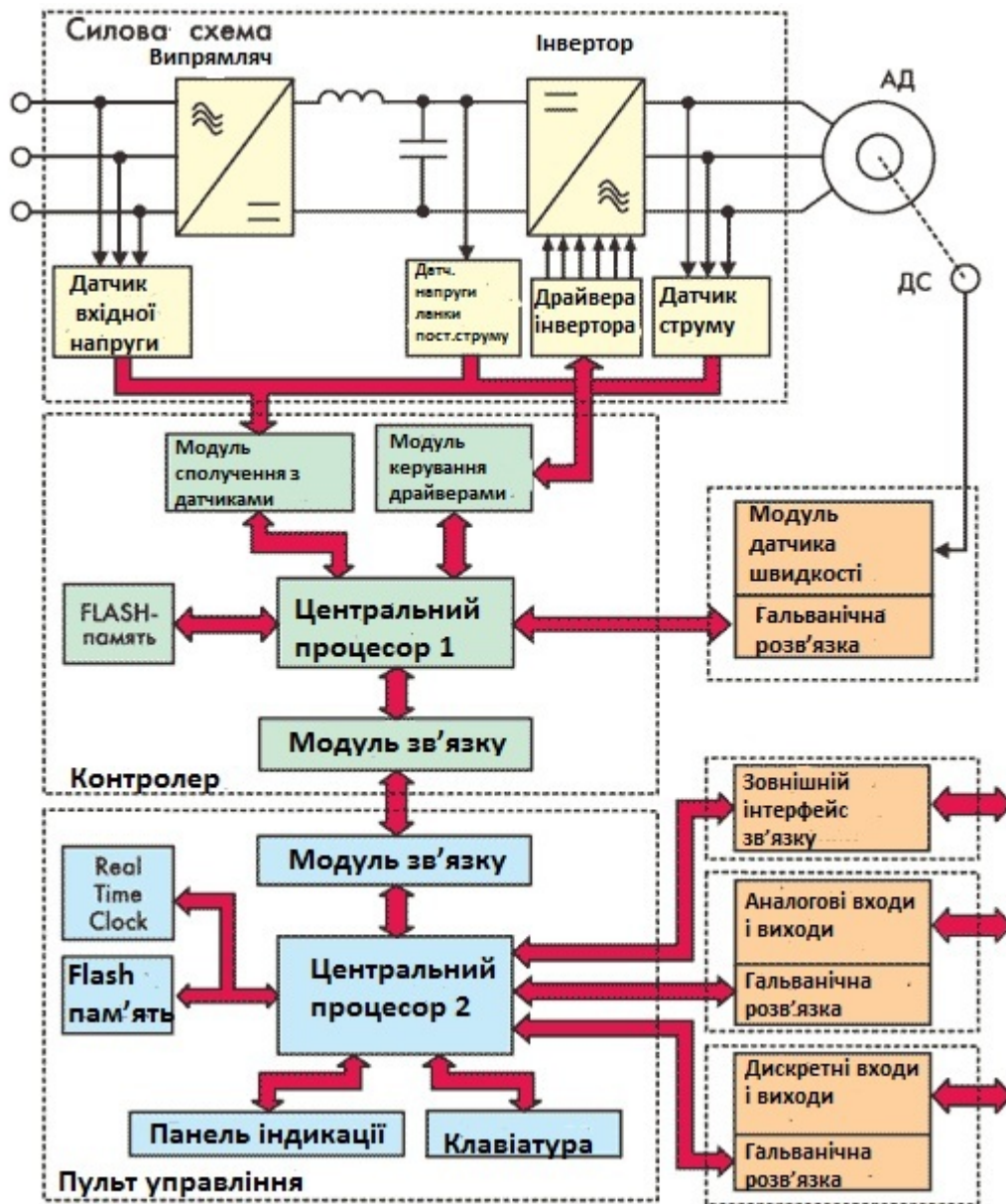


Рисунок 1.1 – Схема системи управління перетворювачем частоти

Нестійкість частотних перетворювачів електромобілів у різних умовах експлуатації є значним перешкодою для стабільної та ефективної роботи електромобілів. У процесі руху електромобілі піддаються різним впливам, таким як коливання швидкості, зміни навантаження, перепади температури та інші.

Динамічні характеристики частотних перетворювачів, такі як рівень стійкості, час реакції та здатність швидко адаптуватися до змінних умов, мають вирішальне значення для того, щоб перетворювачі працювали ефективно в різних сценаріях. Виявлення потенційних проблем, таких як втрата стійкості до різких змін навантаження, особливості регулювання за різними температурними режимами та неадекватна реакція на коливання швидкості руху, є надзвичайно важливими.

У процесі аналізу нестійкості частотних перетворювачів у динамічному середовищі також розглядається проблема узгодження роботи різних перетворювачів у системі електротранспорту. Для запобігання небажаним ефектам, таким як нерівномірний розподіл потужності та неефективне використання енергії, важливо, щоб всі частини електроприводу працювали одночасно та стабільно.

Для забезпечення ефективної та стабільної роботи частотних перетворювачів під час змінних умов експлуатації електричних транспортних засобів необхідно проаналізувати цю частину проблеми (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Система електроживлення звичайного тролейбуса

Аналіз проблем електромагнітної сумісності та електромагнітних перешкод частотних перетворювачів електричних транспортних засобів

включає не лише внутрішні фактори, але й вплив електромагнітного середовища системи.

У процесі перетворення енергії частотні перетворювачі використовують перехідні високочастотні процеси. Ця діяльність може призвести до електромагнітних перешкод, які впливають на сусідні системи транспортного засобу та зовнішні електронні пристрої. Це може призвести до нестабільної роботи інших систем, таких як системи зв'язку, антени, електроніка керування двигуном та інші.

Крім того, необхідно розглянути питання відповідності стандартам електромагнітної сумісності, щоб переконатися, що частотні перетворювачі відповідають нормативним вимогам щодо випромінювання та рівня перешкод. Це гарантує, що електромобіль залишається безпечним під час роботи, і запобігає потенційним негативним впливам на зовнішні електронні системи. Крім того, це гарантує, що він відповідає стандартам та нормам електромагнітної безпеки.

Таким чином, аналіз електромагнітної сумісності та електромагнітних перешкод у частотних перетворювачах електричних транспортних засобів включає комплексний підхід, який гарантує, що електромобілі працюють стабільно в змінних електромагнітних середовищах і дотримуються високих стандартів електромагнітної безпеки (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Комбінована система електроживлення тролейбуса з високовольтним акумулятором

Коли ми розглядаємо надійність і довговічність частотних перетворювачів для електричних транспортних засобів, ми повинні враховувати широкий спектр зовнішніх впливів, які можуть впливати на роботу цих систем. Одним із важливих факторів, що впливають на компоненти перетворювачів, є температура. Екстремальні температури, як високі, так і низькі, можуть прискорити знос деталей, що знижує надійність системи.

На довговічність частотних перетворювачів впливає інтенсивність використання електротранспортних засобів. Робота в умовах постійних змін навантаження та часті перемикання режимів може підвищити навантаження на компоненти системи, що підвищує ймовірність відмов.

Вибрації, які можуть виникнути під час руху транспортного засобу, також можуть поставити під загрозу надійність частотних перетворювачів (рис. 1.4). Надмірне механічне навантаження на електромеханічні компоненти системи може призвести до зносу та виходу з ладу.

Забезпечення довговічності частотних перетворювачів залежить від розробки методів запобігання та прогнозування можливих відмов. Надійність і термін служби систем електромобілів можна значно підвищити за допомогою технологій моніторингу та діагностики, які дозволяють оперативно

виявляти проблеми та втручатися, коли виникають серйозні відмови.

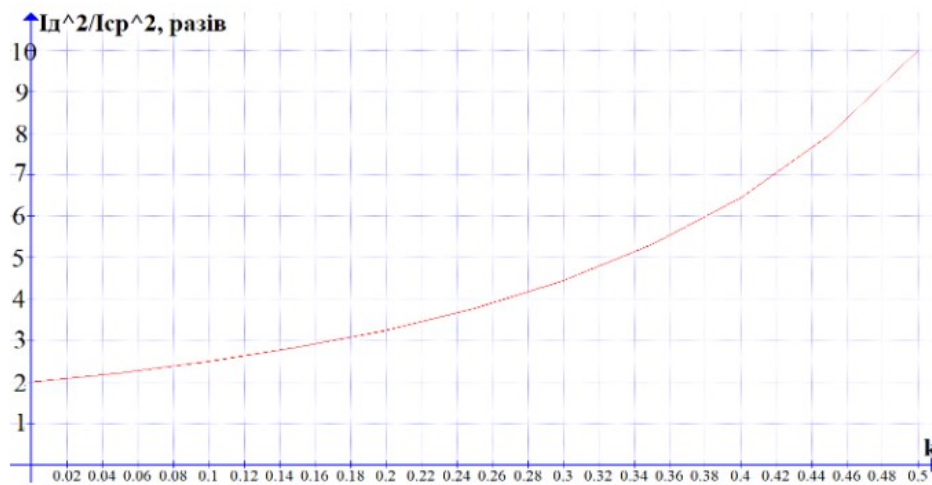


Рисунок 1.4 – Оцінка втрат потужності

При аналізі ефективності та оптимізації енергоспоживання частотних перетворювачів в електричних транспортних засобах важливо враховувати весь цикл перетворення енергії, починаючи з отримання змінного струму від джерела енергії та закінчуючи його використанням двигуном транспортного засобу.

Втрати енергії під час процесу перетворення є важливим компонентом. Ці втрати можуть виникнути в системі через механічні, електричні та теплові втрати. Це включає теплові втрати в електронних пристроях, теплові втрати в проводах і компонентах і втрати тепла. Підвищення ефективності системи та ефективності використання енергії залежить від зменшення цих втрат.

Використання нових матеріалів і технологій може допомогти збільшити ефективність роботи перетворювачів і зменшити енергетичні втрати. Розробка ефективніших систем охолодження або використання нових композитних матеріалів з високою теплопровідністю може призвести до зменшення теплових втрат, що сприяє покращенню загальної енергетичної ефективності.

Адаптивне керування потужністю та регулювання також є важливими компонентами оптимізації енергоспоживання. Системи, які можуть

адаптуватися до різних режимів руху, змін навантаження та навіть умов навколишнього середовища, можуть оптимізувати використання енергії, щоб забезпечити найкращу роботу в різних умовах експлуатації.

Таким чином, ретельний аналіз ефективності та оптимізації частотних перетворювачів електромобілів дозволяє розробляти та впроваджувати інноваційні методи, які покращують ефективність використання електромобілів, знижують їхнє споживання енергії та, як наслідок, збільшують їхню дальність і стійкість роботи в різних умовах експлуатації.

1.2 Підходи до проектування системи

Електромагнітні перешкоди є великою проблемою для ефективної роботи частотних перетворювачів електромобілів. Це можуть бути перешкоди, які виникають через зовнішні радіочастотні перешкоди, роботу інших електричних пристроїв у транспортному засобі, електромагнітні випромінювання від систем запалювання та електродвигуни.

Проблеми, пов'язані з впливом електромагнітних перешкод:

- зниження стабільності та точності управління: електромагнітні перешкоди можуть впливати на чутливі елементи управління частотним перетворювачем, викликаючи стрибки напруги та струмів, що, у свою чергу, може призвести до втрати стабільності та точності управління, особливо у критичних ситуаціях;

- спотворення сигналів керування: вплив електромагнітних перешкод може призвести до спотворень сигналів керування, що використовуються для регулювання частоти та напруги. Це може позначитися на продуктивності частотного перетворювача та якості енергопередачі;

- збільшення шуму та перешкод: електромагнітні перешкоди можуть викликати збільшення рівня шуму в електричних ланцюгах частотного перетворювача, що знижує його ефективність і може впливати на інші електронні компоненти;

– скорочення терміну служби: постійна дія електромагнітних перешкод може призвести до зношування та деградації внутрішніх компонентів частотного перетворювача, знижуючи його надійність та термін служби.

Ефективні методи зниження впливу електромагнітних перешкод:

– просунуті фільтри: розробка та впровадження ефективних фільтрів, здатних уловлювати та знижувати рівень електромагнітних перешкод;

– екранування: використання екрануючих матеріалів у конструкції частотних перетворювачів для захисту від зовнішніх електромагнітних впливів;

– оптимізація системи заземлення: створення ефективної системи заземлення для мінімізації ефектів електромагнітних перешкод;

– використання захисних пристроїв: застосування спеціалізованих захисних пристроїв, таких як дроселі, для запобігання поширенню перешкод електричними ланцюгами;

– ефективне керування електромагнітними перешкодами потребує комплексного підходу, що поєднує технічні рішення та інноваційні методи, щоб забезпечити стабільну та безперебійну роботу частотних перетворювачів в електричних транспортних засобах (рис. 1.5).

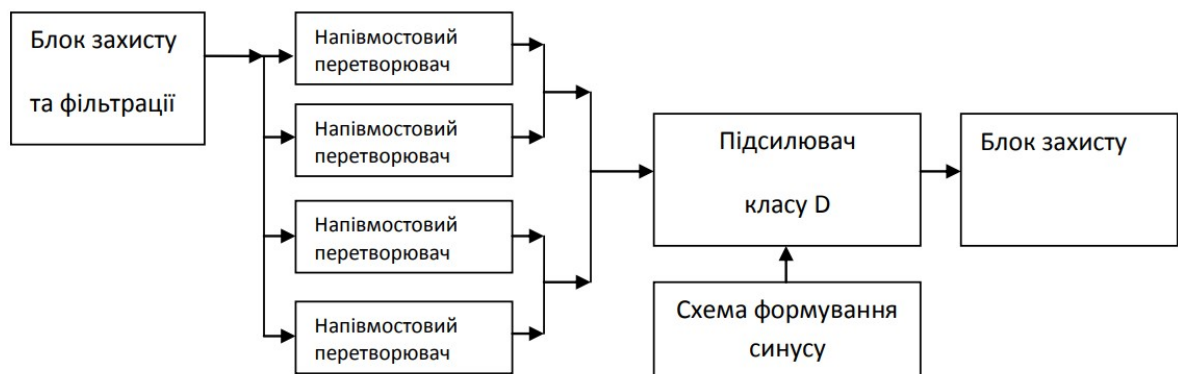


Рисунок 1.5 – Структурна схема перетворювача 12/220

Підвищення електромагнітної сумісності (ЕМС) частотних перетворювачів електричних транспортних засобів залежить від оптимізації силової електроніки. Перетворення електроенергії, управління струмами та

напругами – це процеси, пов’язані з силовою електронікою, які можуть призвести до електромагнітних перешкод. Удосконалення цього процесу вимагає комплексного підходу.

Вибір матеріалів з низьким рівнем випромінювання: оптимізація залежить від використання компонентів і матеріалів, спроектованих з урахуванням їх електромагнітної сумісності. Матеріали з низьким рівнем випромінювання зменшують електромагнітні перешкоди, зменшуючи негативний вплив, який вони мають на навколишнє середовище та інші електронні системи транспортного засобу.

Синхронізація систем керування Зменшення впливу електромагнітних перешкод можна досягти шляхом створення систем керування, здатних адаптуватися до змінних умов. Синхронізовані системи управління зменшують перехідні процеси та вплив на довкілля, забезпечуючи узгоджену роботу важливих компонентів.

Оптимізація розміщення та геометрії компонентів: зміна геометрії пристрою та оптимізація розташування компонентів є важливими компонентами розробки більш ефективної конструкції силової електроніки. Це зменшує електромагнітні поля, що призводить до зменшення рівня випромінювання перешкод.

Застосування передових методів модуляції сигналу: Використання передових методів модуляції сигналу зменшує вплив електромагнітних перешкод і покращує використання енергії. Це включає використання технологій і сучасних алгоритмів, щоб підвищити ефективність силової електроніки.

Мета оптимізації силової електроніки полягає не лише в підвищенні ефективності та стабільності роботи частотних перетворювачів, але й у зменшення електромагнітних перешкод. Упровадження цих методів у процес розробки частотних перетворювачів для електричних транспортних засобів дозволяє створювати більш надійні, ефективні та малошумливі електричні системи (рис 1.6).

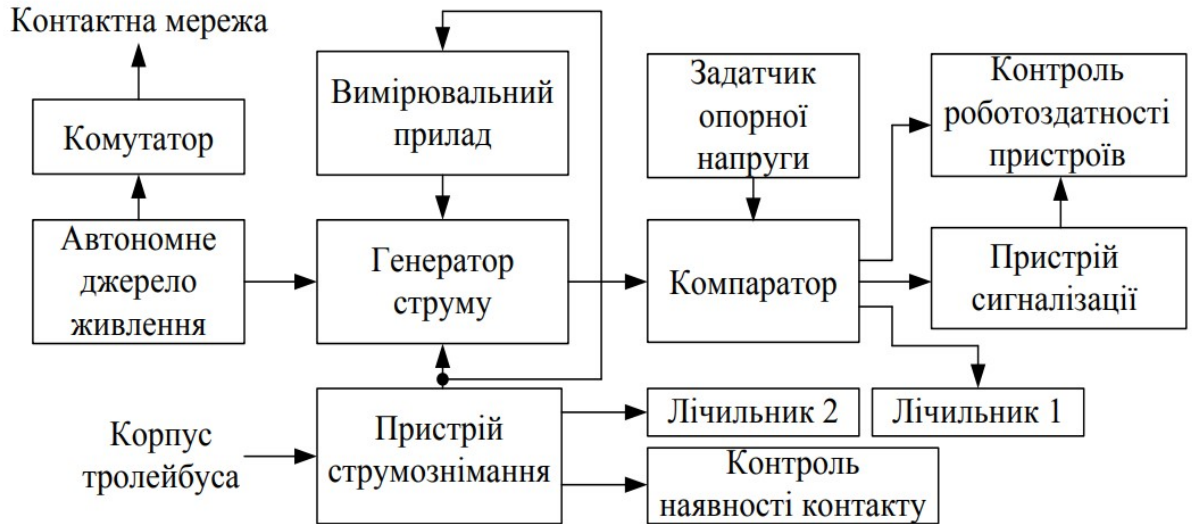


Рисунок 1.6 – Функціональна схема електронного блока

Підвищення електромагнітної сумісності (ЕМС) частотних перетворювачів, подібних до електричних транспортних засобів, залежить від використання сучасних методів фільтрації електромагнітних перешкод. Ефективні засоби фільтрації необхідні для забезпечення стабільної та безпечної роботи частотних перетворювачів через електромагнітні перешкоди, що виникають як усередині, так і поза електричними системами транспортних засобів.

Вибір найкращих типів фільтрів: вибір типів фільтрів визначає ефективність фільтрації. Використання фільтрів високих і низьких частот, а також багатозонних фільтрів є просунутими методами. Це дає ширший спектр покриття, що важливо для боротьби з різноманітними частотними перешкодами.

Інтеграція фільтрів багатьох зон: створення фільтрів, які ефективно працюють у різних частотних зонах, дозволяє збільшити спектр фільтрації. Багатозонні фільтри зменшують вплив на основні сигнали та роботу частотного перетворювача, дозволяючи локалізовано пригнічувати конкретні частотні перешкоди.

Застосування адаптивних фільтрів: адаптивні фільтри є

інтелектуальними системами, які можуть змінюватися залежно від умов роботи. Це дозволяє ефективно реагувати на змінні рівні та характер електромагнітних перешкод, що забезпечує більш гнучку та точну управління.

Інноваційні методи фільтрації імпульсних перешкод: особлива увага приділяється розробці методів фільтрації, спеціально розроблених для боротьби з імпульсними перешкодами. Це може включати використання спеціальних феромагнітних матеріалів, створення диференціальних фільтрів тощо, щоб ефективно фільтрувати ці перешкоди;

Оптимізація параметрів фільтрів: цей етап повинен бути ретельно оптимізований для параметрів фільтрів, таких як смуги пропускання та придушення. Це дозволяє оптимізувати високу ефективність фільтрації, одночасно впливаючи на основні сигнали та функції частотного перетворювача мінімально;

Розробка включає більш складні методи фільтрації електромагнітних перешкод у частотних перетворювачах електричних транспортних засобів. Мета цієї розробки полягає в тому, щоб створити системи управління електроприводами, які є більш точними, надійними та ефективними за умов змінних і найчастіше складних електромагнітних оточень.

Технології активного придушення перешкод є надзвичайно ефективними методами боротьби з електромагнітними перешкодами в частотних перетворювачах EV. Ці технології не лише фільтрують перешкоди, але й ефективно керують ними в режимі реального часу. Давайте детально розглянемо наступні важливі моменти використання цих технологій.

Активні фільтри вищих порядків: застосування активних фільтрів вищих порядків є однією з високотехнологічних методів, необхідних для ефективної боротьби з електромагнітними перешкодами. Сучасні схеми зворотного зв'язку дозволяють цим фільтрам динамічно адаптуватися до певних частот перешкод, що забезпечує ширший діапазон фільтрації.

Адаптивні системи придушення перешкод: процес придушення перешкод можна оптимізувати за допомогою адаптивних систем, які

використовують методи машинного навчання та штучного інтелекту. Ці системи можуть автоматично аналізувати електромагнітне оточення та змінювати параметри фільтрації, щоб максимізувати ефективність.

Системи реального часу: завдяки технологіям обробки сигналів у режимі реального часу можна реагувати на зміни електромагнітного оточення негайно. Це важливо в умовах, коли електромагнітні перешкоди можуть змінюватися динамічно.

Алгоритми спеціального шумозаглушення: створення та використання алгоритмів, які спеціалізуються на придушенні певних типів перешкод, підвищує ефективність фільтрації. Такі алгоритми можуть бути оптимізовані для високого рівня точності та працювати в різних сценаріях.

Інтеграція вдосконалених цифрових процесорів: застосування потужних цифрових процесорів, здатних оперативно опрацьовувати складні алгоритми, є важливим елементом технологій активного придушення перешкод. Це забезпечує високу продуктивність системи та ефективне керування в режимі реального часу.

Технології активного придушення перешкод є важливою частиною стратегії підвищення продуктивності та надійності частотних перетворювачів EV. Їх використання робить системи управління більш стабільними, що особливо важливо за умов різноманітних електромагнітних впливів. (рис. 1.7)

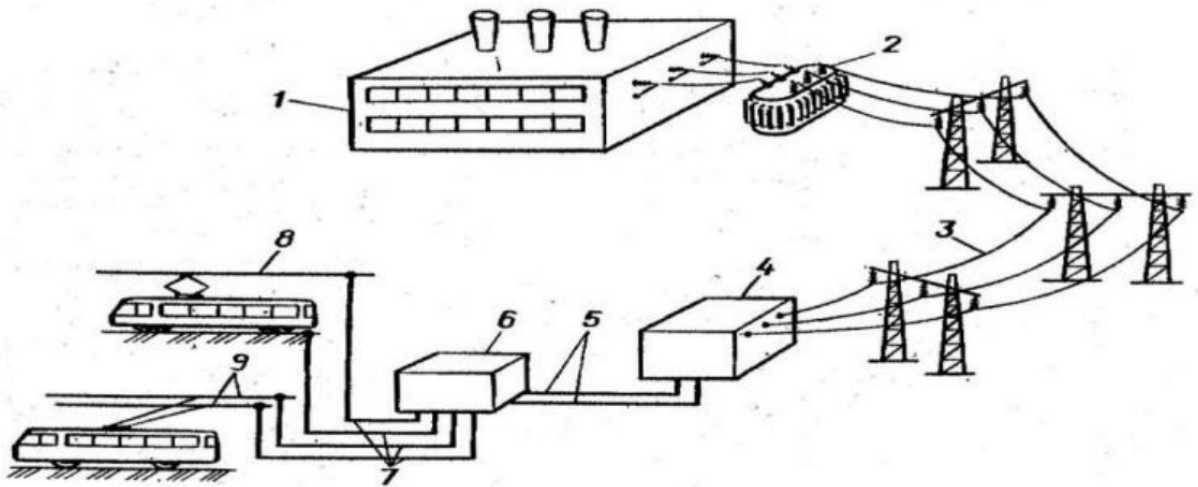


Рисунок 1.7 – Типова схема електропостачання трамвая та тролейбуса: 1 – електростанція; 2 – підстанція; 3 – лінії електропередач; 4 – понижувальна підстанція; 5, 7 – кабельні лінії; 8, 9 – контактна мережа

Методи апаратного посилення сигналу пропонують безліч потенційних рішень під час процесу вдосконалення частотних перетворювачів електричних транспортних засобів.

Продовжимо вивчати основні елементи цього підходу:

- використання підсилювачів з високою чутливістю: використання високочутливих підсилювачів є важливим компонентом, оскільки вони мають здатність ефективно збільшувати амплітуду слабких сигналів. Це не тільки покращує корисні сигнали, але й зменшує вплив електромагнітних перешкод, що збільшує загальну чутливість системи;

- застосування фільтрів перед підсилювачами: на етапі посилення передача шумів і перешкод є основною метою використання фільтрів перед підсилювачами. Ці фільтри захищають небажані частоти, зберігаючи якість корисних сигналів;

– використання підсилювачів зі змінним коефіцієнтом посилення: гнучкість системи посилення підвищується завдяки підсилювачам з можливістю динамічного регулювання коефіцієнта посилення. Це дозволяє ефективно пристосовуватися до умов, що змінюються, що особливо актуально в змінних електромагнітних середовищах транспортних засобів;

– розробка багатокаскадних систем посилення: багатокаскадні системи пропонують поетапне збільшення сигналу, мінімізуючи вплив перешкод кожному етапі. Це дозволяє ефективно керувати якістю сигналу за умов підвищеної електромагнітної активності;

– інтеграція адаптивних підсилювачів: адаптивні підсилювачі, які здатні автоматично регулювати параметри посилення в реальному часі, є ключовим елементом. Ці підсилювачі динамічно адаптуються до змін в електромагнітному середовищі, забезпечуючи стабільне функціонування системи.

Впровадження методів апаратного посилення сигналу дає можливість для створення більш надійних і ефективних частотних перетворювачів для електромобілів. Цей винахідливий продукт підвищує надійність і продуктивність електричних систем, а також гарантує стійку роботу в різних умовах електромагнітних впливів.

1.3 Формалізація процесу кластерного аналізу

Для того, щоб електромобілі працювали ефективно, частотні перетворювачі повинні максимізувати споживання енергії. У більш детальному огляді оптимізації цього процесу є багато важливих елементів.

Адаптивні системи керування: адаптивні системи керування частотними перетворювачами можуть моніторити стиль керування в режимі реального часу. Ці системи можуть адаптуватися до змін динаміки руху, таких як різке гальмування або прискорення, і оптимізувати параметри роботи перетворювача, щоб максимізувати ефективність.

Інтелектуальна оптимізація: за допомогою інтелектуальних алгоритмів, що базуються на машинному навчанні, система може «вчитися» від стилю водіння користувача. Ці алгоритми прогнозують майбутні потреби в енергії на основі даних про маршрут і навичок водіння. Вони також змінюють параметри частотного перетворювача, щоб максимізувати ККД.

Інтеграція даних про маршрут і стиль водіння: системи, що аналізують географію маршруту та стиль водіння, можуть використовувати енергію більш ефективно. Наприклад, перетворювач може швидше адаптуватися, використовуючи попередню інформацію про нахили дороги, що зменшує споживання енергії під час сходження та використання рекуперації під час спуску.

Розрахунок навантаження на батарею: параметри частотного перетворювача можна динамічно регулювати завдяки інтегрованим системам розрахунку навантаження на батарею в режимі реального часу. Це особливо важливо, коли потрібно оптимізувати споживання енергії та забезпечити найкращу роботу батареї (рис. 1.8).

Комбінація цих інноваційних методів оптимізації енергоспоживання може значно покращити загальну ефективність електричних транспортних засобів. Крім того, це створить основу для більш розумного та адаптивного керування енергією. У результаті користувальницький досвід та експлуатаційні характеристики електричних транспортних засобів можуть значно покращитися.

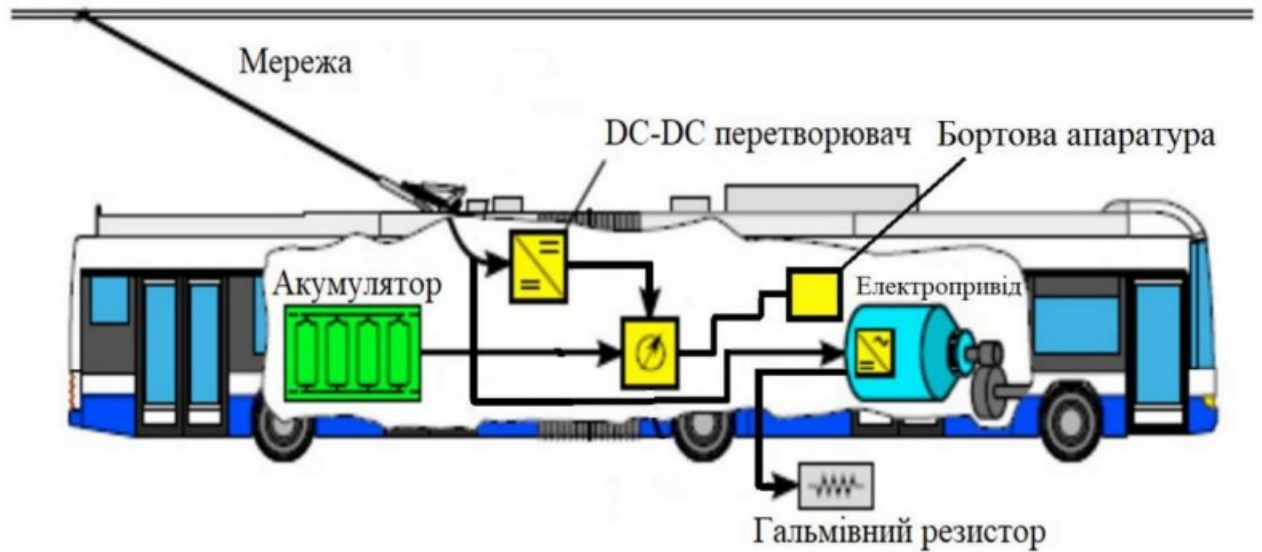


Рисунок 1.8 – Структурна схема тролейбуса

Комплексний підхід до оптимізації енергетичної ефективності включає інтеграцію систем рекуперації енергії до частотних перетворювачів електричних транспортних засобів. Глибокий аналіз цього процесу охоплює кілька важливих елементів, які сприяють створенню більш ефективних і стійких енергетичних систем для електромобілів.

Технології рекуперації енергії: Увага приділяється широкому спектру технологій рекуперації енергії. Для ефективного перетворення кінетичної енергії руху транспортного засобу в електричну енергію, яка може бути використана для підтримки руху або зарядки батареї, необхідні регенеративні гальма, моментні пристрої та інші інноваційні методи.

Інтеграція систем до енергетичної структури: як ефективно інтегрувати системи рекуперації енергії до загальної енергетичної структури електромобіля. Це передбачає ефективну передачу та зберігання надлишкової енергії в батареях, щоб забезпечити постійне постачання енергії в різних режимах руху.

Динамічне регулювання рекуперації: здатність системи змінювати процес рекуперації залежно від умов руху є важливим компонентом

інтеграції. Підстроювання рівня рекуперації, а також управління часом і інтенсивністю є частиною цього, щоб забезпечити оптимальне використання ресурсів у різних сценаріях руху.

Ступінь ефективності систем рекуперації досліджується, наскільки добре працюють системи рекуперації енергії в різних умовах експлуатації. Щоб вибрати найкращі методи та забезпечити максимальну ефективність, враховуються такі фактори, як швидкість руху, інтенсивність гальмування, поточне навантаження на батарею та вплив погоди.

Цей комплексний підхід до інтеграції систем рекуперації енергії до частотних перетворювачів електричних транспортних засобів створює основу для більш ефективного використання енергії, підвищуючи загальну ефективність використання енергії та збільшуючи тривалість роботи електричних транспортних засобів (рис. 1.9).

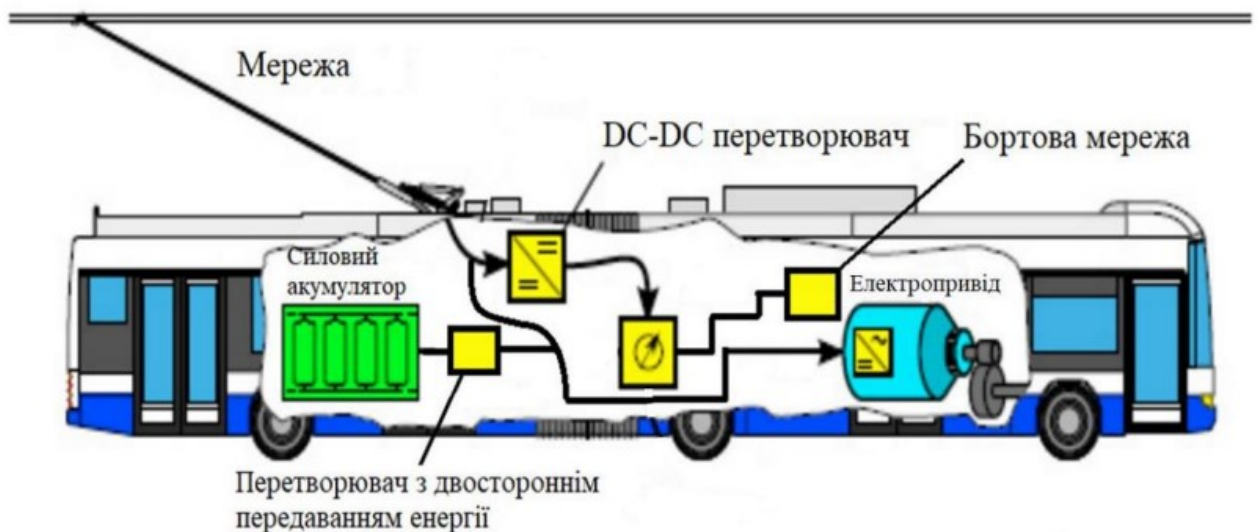


Рисунок 1.9 – Структурна схема тролейбуса з акумуляторною батареєю

Для більш детального аналізу використання інтелектуальних алгоритмів керування в частотних перетворювачах електричних транспортних засобів необхідно розглянути низку важливих елементів, які мають важливе значення для динамічної та адаптивної оптимізації розподілу енергії.

Машинне навчання адаптивності: у цьому випадку використання алгоритмів ML є критично важливим. Системи можуть адаптуватися до

різних типів керування в режимі реального часу. Це включає аналіз і навчання на основі даних попередніх поїздок, щоб прогнозувати та оптимізувати потребу в енергії в режимі реального часу.

Динамічне розподілення енергії: різні фактори, такі як поточний стиль водіння, умови дороги та запланований маршрут, можна регулювати інтелектуальними алгоритмами керування. Це стосується балансування енергоспоживання двигуна з енергоспоживанням інших систем, таких як кондиціонування та опалення, для забезпечення максимальної ефективності.

Передбачення найкращих часових інтервалів для заряджання: Інтелектуальні системи можуть передбачити найкращі часові інтервали для заряджання, використовуючи інформацію про тарифи на електроенергію, прогнози завантаження мережі та час доби. Це дозволяє користувачам використовувати найкращі періоди зарядки та зменшити витрати на електроенергію.

Адаптація до змінних умов: інтелектуальні алгоритми управління допомагають адаптуватися до різних умов експлуатації. Наприклад, система може швидко змінити стратегію управління енергією, щоб максимізувати продуктивність, коли погода змінюється або є гора.

Коли ми розглядаємо застосування інтелектуальних алгоритмів керування в частотних перетворювачах електричних транспортних засобів, ми можемо визначити найважливіші фактори, які сприяють створенню ефективніших і адаптивніших електричних транспортних засобів. Ці алгоритми не тільки роблять використання енергії ефективнішим, але й роблять керування транспортними засобами більш розумним і адаптованим до різних сценаріїв.

1.4 Висновок до розділу 1

У другому розділі проаналізувавши поточну ситуацію у сфері перетворювачів напруги-частоти для електромобілів, можна зробити висновок про наявність певних проблем та недоліків, які потребують уваги та подальших досліджень.

Цей розділ забезпечує основу для подальшого обговорення та розробки для вдосконалення перетворювачів частоти та їх використання в електромобілях. Але найбільша проблема це датчик зчитування показників.

2 ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ НАПРУГИ БЛОКУ УПРАВЛІННЯ

2.1 Загальна характеристика блоку живлення та системи

Блок живлення відіграє важливу роль у системі тролейбуса, оскільки він постачає електроенергію для різних пристроїв і систем керування (рис. 2.1).

Багато факторів визначають роль блоку живлення в системі тролейбуса:

– забезпечення постійного струму:

блок живлення повинен надавати постійну напругу для електричних пристроїв і систем керування на борту тролейбуса. Нестабільна напруга може спричинити збої та неполадку в роботі електроніки;

– забезпечте безперебійну роботу:

надійність блоку живлення є життєво важливою для безперебійної роботи системи керування та інших електричних пристроїв. Збої в енергоживленні можуть зупинити тролейбус і створити небезпечні ситуації;

– контроль споживання енергії:

блок живлення також може містити системи керування енергоспоживанням, щоб оптимізувати роботу тролейбуса та підвищити ефективність використання електроенергії;

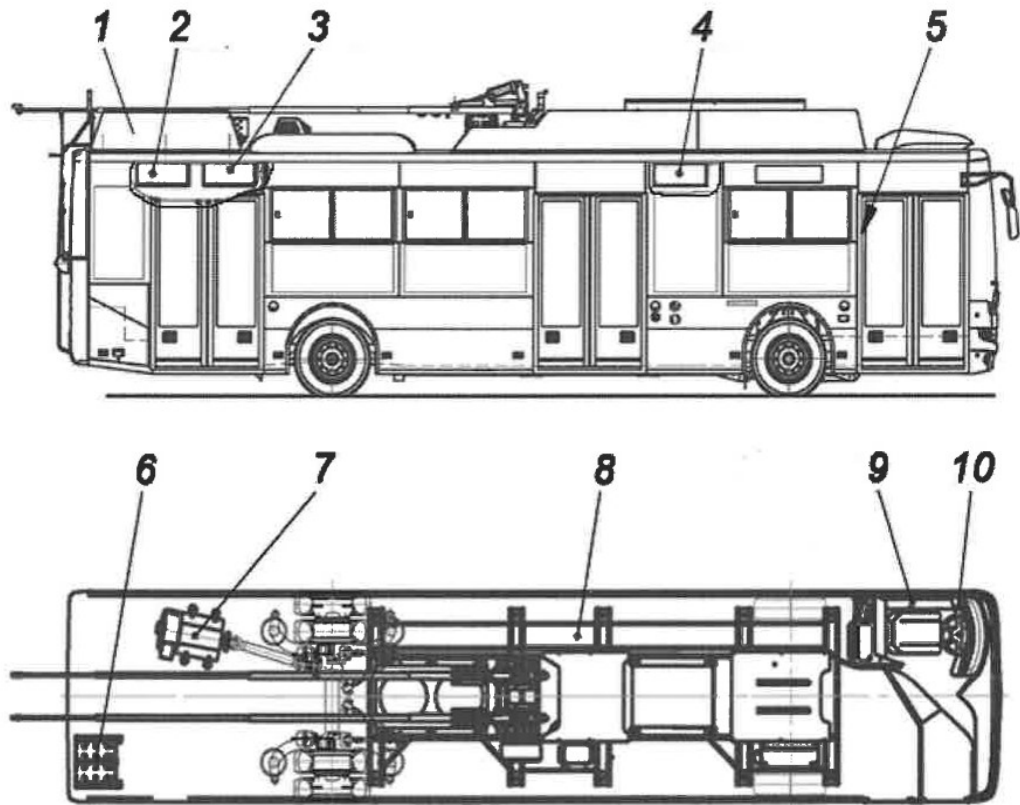


Рисунок 2.1 – Розміщення електрообладнання в тролейбусі: 1 – постамент з гальмівними резисторами; 2 – панель опалення; 3 – панель діагностики; 4 – панель комутаційна; 5 – панель розподільчого щита, запобіжників, і діодів; 6 – акумуляторні батареї (АБ); 7 – тяговий електродвигун; 8 – постамент з електрообладнанням; 9 – бокова панель перемикачів; 10 – щиток приладів

– узгоджується з різними пристроями:

спроектований блок живлення повинен працювати з різними електричними пристроями та системами, які використовуються в тролейбусі;

– взяти до уваги вимоги до енергоефективності:

блок живлення також може включати технології для оптимізації роботи системи та мінімізації втрат енергії, щоб відповідати сучасним вимогам до стійкості та енергоефективності;

– технічні досягнення:

блок живлення повинен відповідати високим технічним стандартам

через особливості роботи в тролейбусній системі, такі як коливання напруги, зміни навантаження та інші змінні.

Надійність, ефективність і безпеку роботи тролейбуса безпосередньо впливають на загальний функціональний та технічний рівень блоку живлення.

Частотні перетворювачі напруги (ЧПН) у блоці живлення системи тролейбуса можуть бути дуже важливими для того, щоб система працювала ефективно. Відповідно до цих кількох факторів частотні перетворювачі напруги можуть бути важливими для блоку живлення тролейбуса:

– регулювання струму:

ЧПН забезпечують стабільне та точне електроживлення для різних систем і пристроїв тролейбуса, ефективно регулюючи напругу. Це має вирішальне значення для запобігання пошкодженню електроніки, яка може бути чутливою до змін напруги;

– контроль частоти:

у деяких випадках може знадобитися регулювання частоти, наприклад, коли використовується змінний струм для приводу двигунів або інших пристроїв. ЧПН дозволяють точно керувати частотою змінного струму;

– енергоспоживання:

частотні перетворювачі можуть оптимізувати споживання енергії, змінюючи частоту відповідно до навантаження. Це допомагає зберегти енергію та підвищити ефективність роботи системи;

– захист від перевантажень і коротких замикань струмів:

ПНС можуть включати системи захисту, які запобігають пошкодженню обладнання та забезпечують безпечну роботу, автоматично реагуючи на перевантаження або короткі замикання;

– гнучкість і адаптивність:

що важливо під час роботи з різними типами пристроїв у системі тролейбуса, це те, що ЧПН можуть надати гнучкість у виборі вихідних параметрів. Програмовані або модульні ППН дозволяють змінювати систему відповідно до конкретних вимог;

– зменшити електромагнітні перешкоди:

щоб запобігти впливу ЧПН на роботу інших електронних пристроїв у тролейбусі, застосування ЧПН може допомогти знизити рівень електромагнітних перешкод;

– управління швидкістю:

щоб ефективно керувати рухом тролейбуса, ЧПН можуть керувати моментом при використанні електричних двигунів.

Застосування ЧПН у блок живлення тролейбуса може значно підвищити ефективність, надійність і керованість всієї електросистеми.

2.2 Загальна характеристика блоку управління

Органи управління та контрольно-вимірювальні прилади розміщені на робочому місці відносно до рис. 2.2.

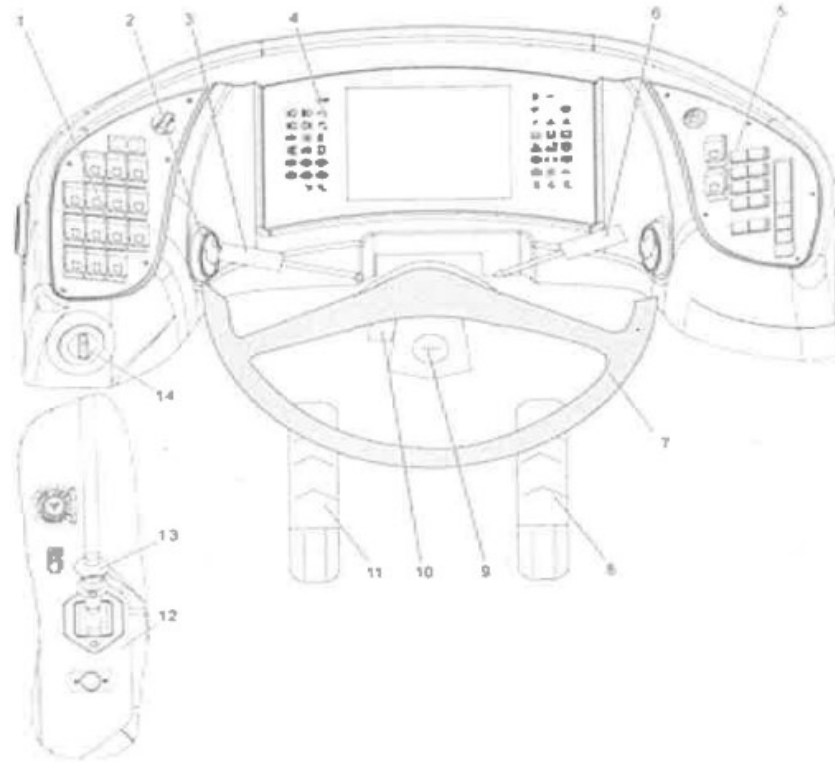


Рисунок 2.2 – Розташування основних органів управління: 1 – ліва панель перемикачів; 2 – дефлектори; 3 – лівий підрульовий перемикач; 4 – щиток приладів; 5 – права панель перемикачів; 6 – правий підрульовий перемикач; 7 – колесо керма; 8 – педаль ходу; 9 – замок "запалення"; 10 – педаль регулювання положення рульового колеса; 11 – педаль робочого гальма; 12 – додаткова панель; 13 – руків'я гальма стоянки; 14 – головний вимикач світла

Блок управління тролейбусом – це комплекс електронних та електричних пристроїв, призначених для керування рухом тролейбуса, забезпечення безпеки пасажирів та ефективної роботи електричної системи тролейбуса. Він включає такі основні елементи: пульт управління, система управління двигуном, система енергозабезпечення, система контролю та діагностики, система безпеки, система зв'язку, інформаційні системи для пасажирів.

Пульт управління включає кермовий механізм, який дозволяє водієві

змінювати напрямок руху тролейбуса. Педалі, такі як педаль газу та гальма, використовуються для регулювання швидкості та гальмування. Рульовий механізм і педалі взаємодіють із системою керування двигуном та гальмами, дозволяючи водію легко керувати рухом тролейбуса відповідно до вимог маршруту та дорожніх умов. Пульти керування також може включати різні додаткові елементи, такі як індикатори, звукові сигнали та інші пристрої, що забезпечують інформацію та зворотний зв'язок водію у процесі керування транспортним засобом.

Системи керування двигуном тролейбуса є ключовими компонентами, які забезпечують ефективну роботу електродвигунів. Він містить контролер двигуна, який регулює потужність, що подається на електродвигуни, а той, у свою чергу, контролює швидкість тролейбуса. Цей контролер може використовувати різні алгоритми керування для оптимізації енергоспоживання та забезпечення максимальної ефективності. Важливим елементом керування двигуном тролейбуса є система рекуперативного гальмування.

Завдяки цій технології енергію, що виділяється під час гальмування тролейбуса, можна використовувати для зарядки акумулятора або для подачі цієї енергії назад в електромережу. Це підвищує енергоефективність і зменшує рахунки за електроенергію. Система керування двигуном також працює з іншими компонентами, такими як головний трансформатор, який перетворює високу напругу з мережі зв'язку на напругу, придатну для роботи електродвигуна. Крім того, система може включати батареї або конденсатори, які можна використовувати для накопичення енергії та надання додаткової енергії в певних ситуаціях, наприклад, під час руху на непов'язаних ділянках дороги.

Потужність електромоторів тролейбусів варіюється в широких межах залежно від моделі та характеристик. Потужність двигуна тролейбуса зазвичай коливається від 100 кВт до 300 кВт (кіловат) і більше. Від потужності електродвигуна безпосередньо залежить продуктивність тролейбуса, тобто його здатність нарощувати швидкість і долати підйоми. Це

також стосується енергоспоживання та пробігу, особливо якщо тролейбус оснащений рекуперативною гальмівною системою, яка може підвищити енергоефективність. Деякі тролейбуси можуть бути обладнані системами накопичення енергії, такими як акумулятори, тому точні характеристики можуть відрізнятися залежно від технологічного рішення, яке використовується в конкретній моделі тролейбуса, та рівня його електрифікації.

Енергосистема тролейбуса включає кілька важливих складових. Одним із ключових елементів є потяг-трансформер. Цей трансформатор перетворює високу змінну напругу від мережі поїзда в низьку напругу, придатну для електродвигунів трамвая. Це забезпечує ефективну передачу енергії від електромережі до двигуна. В якості додаткових елементів системи енергопостачання можна використовувати акумулятори або конденсатори.

Ці пристрої можуть накопичувати енергію, тому вони корисні, якщо тролейбус тимчасово втрачає зв'язок з електромережею, наприклад, коли проїжджає ділянку дороги без мережі підключення. Акумулятори або конденсатори використовуються в системах рекуперативного гальмування для тимчасового накопичення надлишкової енергії під час гальмування. Призначення системи живлення тролейбуса – забезпечення безперебійного живлення електродвигунів та іншого електронного обладнання, необхідного для роботи транспортного засобу.

Контрольно-діагностичні системи тролейбусів використовуються для контролю та аналізу різноманітних параметрів роботи автомобіля. Це датчики та вимірювальні прилади, які контролюють різні системи тролейбуса. Ці дані надсилаються на електронний блок керування, який може обробляти інформацію та приймати рішення в режимі реального часу.

Датчики можуть вимірювати такі параметри, як температура двигуна, рівень заряду батареї (якщо є), стан гальмівної системи та напруга в електромережі. Ці дані допомагають контролювати роботу системи та дають можливість виявити проблеми чи несправності.

Системи контролю та діагностики можуть також включати функції самодіагностики, які можуть виявляти та автоматично виправляти деякі незначні проблеми. Якщо система виявляє серйозну несправність, вона може повідомити водія або центр керування та вжити заходів для безпечного керування автомобілем. Ефективні системи контролю та діагностики допомагають підвищити безпеку, попередити можливі поломки та забезпечити більш ефективну роботу тролейбусів.

Система безпеки тролейбуса складається з комплексу заходів і пристроїв, спрямованих на забезпечення безпеки пасажирів, водіїв та інших людей. Це включає кілька важливих факторів:

- гальмівна система: включає механічні та електронні гальма для забезпечення надійного та ефективного гальмування тролейбуса;
- системи запобігання зіткненням: може включати датчики та камери, які попереджають водія про перешкоди та, у деяких випадках, активно втручаються, щоб запобігти зіткненню;
- система контролю стійкості: дозволяє автоматично коригувати керування візком, щоб запобігти втраті стійкості в складних дорожніх умовах;
- система контролю тиску в шинах: контролює тиск у шинах і попереджає вас про можливі проблеми. Це важливо для запобігання нещасним випадкам, пов'язаним із станом шин;
- система пожежогасіння та пристрій захисту від перекидання: додаткові заходи безпеки для запобігання та виявлення пожежі та зниження ризику перекидання автомобіля під час спуску;
- система освітлення та сигналізації: забезпечити хорошу видимість тролейбуса та хорошу видимість для інших учасників дорожнього руху.

Загалом системи безпеки тролейбусів інтегрують різноманітні технології та пристрої для мінімізації ризиків та забезпечення безпечної експлуатації транспортних засобів на дорозі.

Система зв'язку тролейбуса – це комплекс технологій для забезпечення зв'язку між різними частинами транспортного засобу та між тролейбусом і

зовнішнім середовищем. Це включає кілька важливих факторів:

- радіозв'язок: системи радіозв'язку забезпечують можливість взаємодії між водієм і диспетчерським центром. Це важливо для передачі інформації про маршрути, зміни планів руху та своєчасного реагування на різні ситуації;

- система екстреного зв'язку: у разі аварії чи іншої надзвичайної ситуації тролейбуси повинні бути обладнані системою екстреного зв'язку, щоб водій міг швидко звернутися за допомогою та повідомити про аварію;

- системи інформації для пасажирів: сюди входять динамічні табло, голосові оголошення та інші засоби зв'язку, які надають пасажиром інформацію про маршрут, наступні зупинки, можливі зміни в розкладі транспорту та інші важливі повідомлення;

- система GPS: для визначення місцезнаходження тролейбуса використовується система глобального позиціонування (GPS). Цю інформацію можна використовувати для керування трафіком і надання даних про місцезнаходження пасажиром.

Загалом системи зв'язку відіграють важливу роль у забезпеченні ефективної та безпечної експлуатації тролейбусів, а також у забезпеченні комфорту та інформації пасажирів.

Системи інформування пасажирів тролейбусів включають різноманітні технології та пристрої, призначені для надання корисної інформації та покращення загального досвіду пасажирів під час поїздки. Ці системи включають:

- динамічні табло та інформаційні табло: встановлені на тролейбусах та зупинках, що надають інформацію про поточний маршрут, наступні зупинки, час очікування та можливі зміни в розкладі;

- система акустичного сповіщення: автоматичні голосові сповіщення сповіщають пасажирів про майбутні зупинки, важливі події чи можливі зміни в русі тролейбуса;

- система інформації про транспортні маршрути: може включати інтерактивні дисплеї з картами маршрутів і зупинками, а також надавати

інформацію про орієнтири, визначні місця та інші зручні місця в місті;

- бездротова мережа та інтернет: деякі тролейбуси пропонують бездротовий доступ до Інтернету, щоб пасажери могли користуватися своїми смартфонами, планшетами чи ноутбуками під час поїздки;

- електронна система продажу квитків: інформаційну систему також можна інтегрувати з електронною системою продажу квитків, що дозволяє пасажирам легко оплачувати поїздки та відстежувати статус своїх квитків.

Системи інформування пасажирів створюють комфортний та інформативний простір усередині тролейбуса, покращуючи загальні враження від подорожі та підвищуючи комфорт користування громадським транспортом.

2.3 Переваги та можливості сучасних рішень частотних перетворювачів

Аналіз поточного стану застосування частотного перетворювача напруги в блоках управління електричними транспортними засобами є важливою передумовою для розробки та впровадження способів удосконалення їх роботи.

Розглянемо можливі способи удосконалення ефективності застосування частотного перетворювача напруги:

- розширення модуляції ширини імпульсів (PWM). На сьогоднішній день більшість частотних перетворювачів у електричних транспортних засобах використовують PWM для керування вихідною напругою. Ширина модуляції дозволяє ефективно керувати виходом напруги та регулювати напругу на змінній стороні перетворювача. Однак ця технологія має свої обмеження, такі як висока гармонічна складова струму та обмежена частота комутації, що може впливати на ефективність та точність управління;

- збільшення строків експлуатації акумуляторів електромобіля за рахунок оптимального використання енергії батареї, яку можливо досягнути шляхом зменшення витрат при процесі перетворення напруги. Також, система

керування повинна бути здатною до швидкої реакції на зміни навантаження, щоб забезпечити високу продуктивність електродвигуна;

– гармонічні спотворення та електромагнітна сумісність струмів та напруг при процесі перетворювання. Використання PWM може призводити до гармонічних спотворень у струмі та напрузі, що впливає на якість енергопостачання та може створювати проблеми з електромагнітною сумісністю входу та виходу показників струмів та напруг. Це досягається за рахунок додаткових заходів щодо фільтрації цих показників та зменшення частоти гармонік у системі електропостачання;

– температурна стійкість та знос компонентів системи електропостачання. В електричних транспортних засобах, особливо у високопродуктивних моделях, частотний перетворювач працює при високих температурах та навантаженнях. Це може впливати на тривалість служби компонентів, таких як напівпровідникові ключі та конденсатори, і може призводити до їх зносу та відмов;

– автоматизована система керування і діагностики електропостачання. Сучасні системи керування та діагностики мають важливе значення для забезпечення стабільності та надійності частотного перетворювача напруги. Моніторинг стану елементів системи електропостачання, виявлення їх несправностей та системи аварійного захисту є важливими функціями, які дозволяють своєчасно уникнути серйозних проблем та забезпечити безпеку в експлуатації електротранспорту;

– використання режиму рекуперації системи автоматичного керування роботою частотного перетворювача напруги. В деяких випадках, наприклад, при русі електромобіля по інерції та при гальмуванні (тобто без використання системи електроживлення) застосовується режим рекуперації енергії, частотний перетворювач напруги може бути використаний для відправлення енергії назад до акумуляторної батареї. Це потребує використання додаткових спеціальних функцій від системи автоматизованого керування для захисту та запобігання механічних пошкоджень акумуляторної батареї.

Загальний аналіз поточного стану роботи частотного перетворювача напруги у системах керування електричними транспортними засобами показує, що існують багато можливостей для подальшого його удосконалення, особливо у плані підвищення ефективності, надійності та продуктивності. Розробка нових технологій і методів контролю, а також використання нових матеріалів і компонентів, може допомогти досягти цих цілей та розвивати електричну мобільність у майбутньому.

2.4 Висновки до розділу 2

У першому розділі було надано повне уявлення про частотні перетворювачі напруги в блоці управління. Узагальнюючи представлену інформацію, можна зробити висновок про важливість цих компонентів у системі, їх ключові характеристики та переваги сучасних технологій.

Такий підхід допомагає читачеві краще зрозуміти роль і значення частотних перетворювачів напруги в контексті системи управління.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ ЧАСТОТНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ БЛОКУ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ

3.1 Удосконалення датчиків

Використання високоточних датчиків може значно підвищити точність вимірювань і реакцію системи на зміни навколишнього середовища. Високоточні датчики дозволяють точніше вимірювати параметри. Це важливо для важливих для точності програм, таких як системи керування електромобілем.

При використанні високоточних датчиків необхідно враховувати наступні аспекти: точність вимірювання: високоточні датчики дозволяють більш точно вимірювати такі параметри, як тиск, температура, швидкість і положення.

Точніша інформація про справність різних компонентів і стан навколишнього середовища.

– стабільність і надійність: прецизійні датчики, як правило, більш стабільні та мають менші відхилення від цільового значення. Це підвищує надійність вимірювань і зменшує ймовірність помилки;

– робота в різних умовах: високоточні датчики можуть бути розроблені для роботи в різних умовах.

Високі чи низькі температури, вологість, агресивне середовище тощо. Це особливо важливо для автомобілів, які можуть працювати в різних кліматичних умовах.

– мінімізуйте вплив шуму: високоточні датчики менш чутливі до шуму та випадкових ефектів, забезпечуючи більш стабільні вимірювання та зменшуючи вплив випадкових помилок;

– можливість вимірювання додаткових параметрів: деякі високоточні

датчики можуть вимірювати додаткові параметри, розширюючи функціональні можливості системи. Наприклад, вимірювання додаткових параметрів стану батареї або вимірювання інших фізичних величин.

Також важливо враховувати, що використання високоточних датчиків може вимагати відповідного бюджету та технічної інфраструктури для обробки інформації та забезпечення стабільної роботи системи.

Можливості систем керування автомобілем можна значно розширити за рахунок використання додаткових типів датчиків. Додавання датчиків надає додаткову інформацію про різні параметри, покращуючи функціональність і безпеку електромобілів.

Ось деякі аспекти використання додаткових типів датчиків: **Безпека:** Датчики, які вимірюють такі параметри, як відстань до об'єктів, допомагають системам уникати зіткнень і покращують безпеку на дорозі. Наприклад, ультразвукові датчики та лідари можна використовувати для виявлення перешкод і автоматичного контролю уникнення зіткнень.

– оцінка стану компонентів автомобіля: датчики, які вимірюють такі параметри, як тиск, температура, напруга та сила струму, можна використовувати для оцінки стану різних компонентів автомобіля, наприклад акумулятора. Це дозволяє завчасно виявляти проблеми та ефективно керувати енергією;

– контроль навколишнього середовища: датчики, які вимірюють такі параметри, як якість повітря, рівень шуму та температура, можна використовувати для моніторингу та оптимізації комфорту пасажирів і систем кондиціонування повітря;

– датчики положення та руху: датчики, які визначають положення та рух автомобіля, такі як гіроскопи та акселерометри, можна використовувати для стабілізації та покращення контролю руху;

– датчики вологості та освітлення: для оптимізації комфорту пасажирів і роботи системи керування можна використовувати датчики вологості та освітлення для автоматичного керування кліматичною системою та

освітленням у салоні;

– геопросторові датчики: додаткові датчики, такі як GPS та інші навігаційні системи, можуть надавати інформацію про місцезнаходження автомобіля, корисну для навігації та оптимізації маршруту.

Використовуючи різні типи датчиків, можна створювати складні системи, які забезпечують не лише базове керування, але й додаткові функції, які покращують комфорт, безпеку та продуктивність електромобілів.

Забезпечення роботи систем керування автомобілем у різних ситуаціях є серйозною проблемою, яку можна вирішити за допомогою датчиків, спеціально розроблених для роботи в різних ситуаціях.

Нижче наведено деякі аспекти, які можна враховувати для забезпечення оптимальної продуктивності системи за різних умов:

– температурний діапазон: вимірюйте та контролюйте індивідуальні температури автомобіля за допомогою високоточних і стабільних датчиків, призначених для роботи в широкому діапазоні температур. Це важливо для ефективної роботи системи при низьких або високих температурах;

– стійкість до вологи та агресивних середовищ: вологі та агресивні середовища можуть впливати на роботу електронних компонентів. Забезпечте надійну роботу вашої системи, використовуючи датчики, стійкі до вологи та корозії;

– експлуатація в екстремальних умовах: під час експлуатації транспортного засобу в екстремальних умовах, таких як сильні опади, сніг або пил, важливо використовувати датчики, які ефективно працюють у цих умовах і не втрачають чутливості або точність вимірювань;

– Noise Control: технологію Noise Control можна використовувати для підвищення точності та надійності вимірювань у шумному середовищі. Це зменшує вплив випадкових сигналів і електромагнітних перешкод на роботу датчика;

– адаптивне калібрування: датчики з можливістю автоматичного або адаптивного калібрування можуть регулювати параметри відповідно до умов

експлуатації, забезпечуючи стабільну та точну роботу в різних сценаріях.

Захист від електромагнітних перешкод: датчик має ефективний захист від електромагнітних перешкод і може використовуватися в середовищах, де можуть виникнути сильні електричні перешкоди.

Врахування цих аспектів під час вибору та розробки датчиків може створити систему керування, яка ефективно функціонує в різних умовах експлуатації електромобілів.

Важливо звести до мінімуму вплив шуму при використанні датчиків, оскільки шум може спотворити результати вимірювань і вплинути на точність і стабільність системи керування. Нижче наведено деякі підходи до мінімізації впливу шуму:

- фільтрація сигналів: фільтри дозволяють відокремити цікавий сигнал і видалити його з шуму. Це можна реалізувати як апаратно (інтегровано в датчик), так і програмно (інтегровано в обробку сигналів на програмному рівні);

- використання алгоритмів штучного інтелекту: методи машинного навчання або інші алгоритми штучного інтелекту можуть використовуватися для виявлення та видалення шуму, особливо якщо шум передбачуваний і систематичний;

- оптична ізоляція: оптичну ізоляцію можна використовувати для фізичного відділення датчиків та інших електронних компонентів від джерел електромагнітного шуму для запобігання перешкодам;

- електромагнітна сумісність (EMC): врахування принципів EMC під час розробки сенсорних систем може зменшити електромагнітні перешкоди та вплив електромагнітного випромінювання на інші компоненти системи;

- екрани та екрани: екрани та екрани можна використовувати на датчиках, щоб захистити їх від електромагнітних сигналів, що викликають шум;

- попередня обробка сигналу: застосування попередньої обробки сигналу, наприклад використання методів усереднення або екстраполяції,

покращує точність вимірювань і зменшує вплив шуму;

- вибір технології датчиків: вибір технології датчиків, яка є менш чутливою до електромагнітних перешкод або з меншою ймовірністю створюватиме шум, може зменшити шумове забруднення.

Розгляд цих підходів під час розробки та вибору датчиків покращить якість отриманого сигналу та покращить роботу систем керування автомобілем у ситуаціях, коли шум може бути проблемою.

Оптимізація продуктивності є важливою частиною розробки системи керування автомобілем, оскільки вона може вплинути на ефективність, надійність і довговічність електричних систем. Ось деякі конкретні підходи до оптимізації продуктивності:

- енергоефективні компоненти: використання енергоефективних компонентів, таких як: мікроконтролери з низьким енергоспоживанням допомагають зменшити загальне енергоспоживання системи;

- системи енергоменеджменту: розробка та впровадження систем енергоменеджменту, які дозволяють динамічно контролювати потужність різних компонентів відповідно до потреб, допоможуть ефективно використовувати енергію;

- режим сну: використання режиму сну на компонентах, які не використовувалися протягом тривалого періоду часу, може значно зменшити споживання енергії;

- використання відновлюваних джерел енергії: там, де це можливо, інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі або термоелектричні генератори, може допомогти жити системі;

- ефективне керування батареєю: розробка алгоритмів керування батареєю, які оптимально розподіляють та керують енергією, може значно подовжити час роботи автомобіля на одному заряді;

- моніторинг і діагностика: система моніторингу і діагностики дозволяє вчасно виявляти проблеми з енергоспоживанням і отримувати їх ефективні рішення;

- оптимізація напруги та струму: регулювання напруги та струму електричних систем допомагає зменшити втрати енергії та підвищити ефективність;

- використання УФ-лаків і термочутливих матеріалів: використання захисних покриттів допомагає запобігти надмірному нагріванню та зберегти робочі характеристики компонентів.

Оптимізація продуктивності вимагає балансу між функціональністю та енергоефективністю, і належне врахування цих аспектів може значно покращити продуктивність та енергоефективність електромобілів.

3.2 Удосконалення системи керування

Одним із важливих аспектів удосконалення перетворювачів частоти є оптимізація топології. В даний час різні технічні рішення в цьому напрямку дозволяють підібрати оптимальну конструкцію, яка гарантує високу ефективність і мінімізацію втрат енергії.

По-перше, шляхом аналізу існуючих топологій перетворювачів частоти визначаються рішення, які вже визнані в галузі.

Уважно розгляньте плюси та мінуси кожної топології, щоб вибрати найкращу основу для подальших модифікацій.

Наступний етап розвитку передбачає створення нових топологій, спрямованих на максимізацію ефективності та мінімізацію втрат енергії.

Це може включати зміну схеми підключення критичних компонентів, оптимізацію параметрів транзистора та вдосконалення систем керування для підтримки нових топологій.

Найважливішими критеріями оптимізації, є: ефективність перетворення, також забезпечте високе відношення активної потужності до загальної потужності для максимізації продуктивності.

Мінімізація втрат енергії: розробка топології для зменшення втрат енергії та підвищення ефективності системи.

Робоча стабільність: забезпечує стабільну роботу системи за різних умов навантаження та напруги.

Мінімізуйте розмір і вагу: створіть компактну та легку топологію, яка полегшить інтеграцію в системи керування електромобілем .

Оптимізація топології перетворювачів частоти є важливим кроком у вдосконаленнях, спрямованих на підвищення продуктивності системи керування та адаптивності до мінливих умов експлуатації (рис. 3.1).

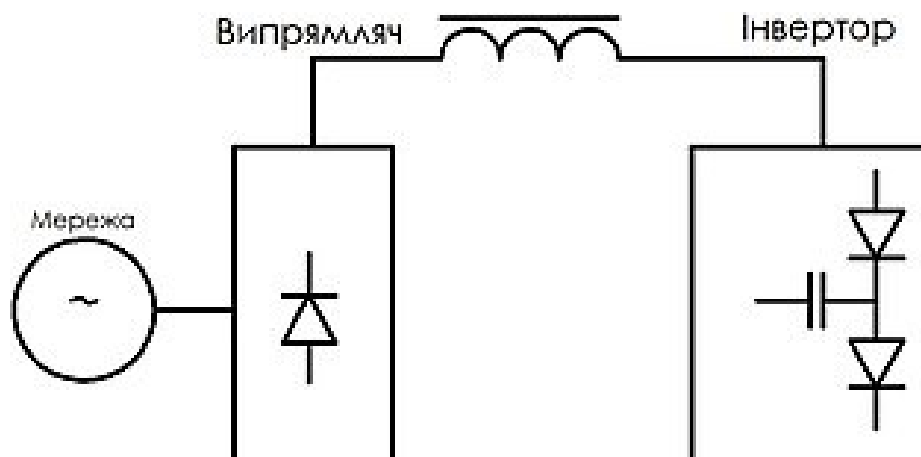


Рисунок 3.1 – Схема частотного перетворювача напруги

У сучасному високотехнологічному світі використання ефективних напівпровідникових матеріалів є ключовим фактором у покращенні продуктивності та надійності приводів із змінною частотою в електромобілях. У цьому розділі розглядаються етапи досягнення оптимальних характеристик перетворювачів частоти з використанням сучасних напівпровідникових технологій. Вибір напівпровідникових матеріалів: дослідіть властивості різних напівпровідникових матеріалів, щоб визначити, який відповідає вимогам для використання в перетворювачах частоти.

До перспективних матеріалів відносяться карбід кремнію (SiC) і нітрид галію (GaN), які характеризуються високою теплопровідністю, стійкістю до високих температур і чудовими електричними властивостями. Вплив на ефективність і синхронізацію: Використання SiC і GaN покращує

продуктивність перетворювача частоти за рахунок зменшення втрат потужності через менший опір і чудову стійкість до високих температур. Це підвищує ефективність системи та забезпечує більш стабільну роботу навіть в умовах інтенсивної експлуатації.

Оптимізація транзисторів і ключових елементів: сучасні напівпровідникові матеріали відкривають нові можливості для оптимізації ключових елементів перетворювачів частоти, таких як транзистори і діоди. Використання SiC або GaN транзисторів збільшує швидкість перемикання та зменшує високочастотні втрати, сприяючи загальній продуктивності системи.

Розгляд екологічних аспектів: використання сучасних напівпровідникових матеріалів забезпечує не тільки технічні переваги, але й переваги для навколишнього середовища через можливість зменшення споживання енергії та викидів, а отже, технології електротранспорту сприяють сталому розвитку. Використання сучасних напівпровідникових матеріалів у конструюванні перетворювачів частоти є стратегічним кроком у напрямку підвищення продуктивності та стабільності систем керування електромобілем (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Класифікація властивостей напівпровідникових матеріалів

Удосконалення систем керування частотним перетворювачем є

ключовим елементом оптимізації ефективності та функціональних характеристик електромобілів. Нові алгоритми керування повинні враховувати динаміку автомобіля та забезпечувати оптимальну реакцію системи в різних сценаріях роботи.

Адаптивні алгоритми керування: розробка адаптивних алгоритмів керування, здатних автоматично адаптуватися до змін умов експлуатації та досягати оптимальних режимів роботи. Це включає врахування змін у споживанні електроенергії, швидкості, температурі та інших параметрах для максимізації ефективності та довговічності системи.

Підтримка високочастотних режимів: удосконалення системи управління спрямовані на забезпечення оптимальної роботи у високочастотних режимах. Це включає оптимізацію часу відгуку та керування транзисторами для мінімізації втрат потужності під час високошвидкісного перемикавання.

Активний захист від перевантаження: реалізація системи активного захисту від перевантаження, яка виявляє та реагує на перевантаження приводу, забезпечує надійну та безпечну роботу навіть за змінних умов навантаження. Синхронізація з іншими системами керування: Забезпечує високий рівень синхронізації керування частотним перетворювачем з іншими системами керування транспортним засобом, такими як системи рекуперації енергії та керування двигуном. Це сприяє координації та оптимальній взаємодії всіх компонентів.

Моніторинг та діагностика: розробка системи моніторингу та діагностики для постійного моніторингу стану перетворювачів частоти. Автоматично виявляти та усувати проблеми, запобігати збоям і підтримувати стабільну роботу систем керування. Інтеграція інтелектуальної системи: Впровадження інтелектуальних систем керування, таких як системи штучного інтелекту та машинного навчання, для прогнозування оптимальних робочих параметрів перетворювачів частоти в реальному часі.

Удосконалення систем керування частотним перетворювачем мають на

меті покращити взаємодію елементів системи та забезпечити оптимальну роботу за різних умов експлуатації, тим самим сприяючи покращенню продуктивності та надійності електромобілів (рис. 3.3).

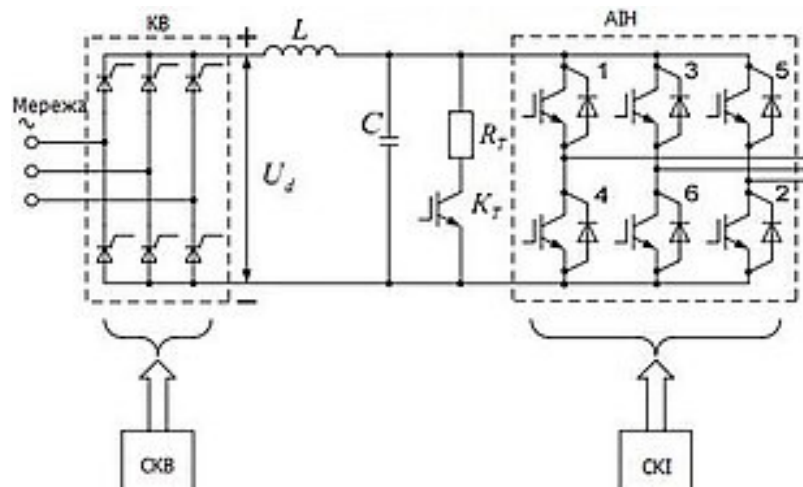


Рисунок 3.3 – Схема перетворювача частоти

Інтеграція систем енергоефективності є стратегічним напрямком розвитку для досягнення оптимального використання електроенергії та підвищення продуктивності перетворювачів частоти в системах керування електромобілем. Рекуперація енергії: однією з ключових особливостей інтеграції є впровадження системи рекуперації енергії, яка перетворює енергію, втрачену під час гальмування, в електричну енергію для подальшого використання. Це значно знижує споживання енергії та підвищує загальну ефективність системи.

Зберігання енергії: інтеграція систем зберігання енергії, таких як батареї високої щільності забезпечують ефективне керування електроенергією та стабільне електропостачання за сценаріїв викидів енергії. Особливо це стосується електрокарів.

В електромобілях кожна додаткова одиниця накопиченої енергії має велике значення. Алгоритм енергозбереження: розробка та впровадження

алгоритму керування енергозбереженням, який оптимізує роботу частотного перетворювача з урахуванням режиму руху, динаміки автомобіля та інших параметрів для забезпечення максимальної ефективності використання енергії.

Ефективне використання відновлюваних джерел енергії: інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні батареї та вітрові генератори, в електромережі перетворювача частоти. Це покращує екологічність електромобілів і зменшує їхній вплив на навколишнє середовище.

Оптимізація роботи в енергозберігаючих режимах: розробка режимів роботи частотного перетворювача, спрямованих на енергозбереження в міському трафіку, пробках або інших сценаріях, коли споживання енергії обмежене.

Моніторинг та аналіз енергоспоживання: створення системи моніторингу та аналізу енергоспоживання. Це дозволяє визначати та оптимізувати роботу перетворювача частоти в реальному часі відповідно до конкретних умов експлуатації.

Інтеграція систем енергоефективності в частотні перетворювачі є стратегічним кроком для вдосконалення систем керування електромобілем з метою максимізації енергоспоживання та підвищення загальної ефективності системи.

Електромагнітна сумісність є важливим аспектом при проектуванні перетворювачів частоти для електромобілів. Для забезпечення ефективної роботи та мінімізації електромагнітних перешкод система керування має бути сумісна з електромагнітними параметрами автомобіля.

Аналіз впливу частотних перетворювачів: виконати детальний аналіз впливу частотних перетворювачів на електромагнітну сумісність транспортних засобів. Ідентифікація можливих джерел електромагнітних перешкод та їх частотні характеристики.

Електромагнітне екранування та фільтрація: розробка та впровадження ефективних засобів електромагнітного екранування та фільтрації в системах

перетворення частоти. Це зберігає електромагнітні перешкоди та перешкоди на прийнятному рівні та забезпечує стабільну роботу електроніки автомобіля.

Оптимізація конструкції та розміщення компонентів: розгляд електромагнітних аспектів у конструкції та розміщенні основних компонентів перетворювача частоти. Зведіть до мінімуму взаємодію між компонентами та зменшіть електромагнітні втрати та перешкоди завдяки оптимальному розміщенню.

Електромагнітна сумісність з іншими системами керування: Синхронізація та координація роботи перетворювача частоти з іншими системами керування автомобілем, такими як системи керування двигуном та системи безпеки. Забезпечує сумісність і нормальну взаємодію без шкоди для ефективності.

Тестування та сертифікація: виконайте тестування на електромагнітну сумісність і отримайте відповідні сертифікати, щоб гарантувати відповідність систем керування встановленим стандартам і вимогам.

Електромагнітна безпека пасажирів та екіпажу: розробка систем забезпечення електромагнітної безпеки пасажирів та екіпажу.

Зведіть до мінімуму потенційний вплив на здоров'я та комфорт людей, які їздять в електромобілях. Сталість параметрів при різних умовах експлуатації: розробка системи, що гарантує сталість електромагнітних параметрів перетворювача частоти при різних умовах експлуатації, включаючи зміни температури, вологості та інших факторів.

Розгляд аспектів електромагнітної сумісності в системах керування перетворювачем частоти є важливим кроком для забезпечення ефективної та безпечної роботи електромобілів.

Врахування аспектів захисту навколишнього середовища та використання відновлюваних джерел енергії є важливим кроком у вдосконаленні перетворювачів частоти для систем керування електромобілем. Зелена енергія та стійкість екосистем є пріоритетами для сучасного електротранспорту. Використання відновлюваних джерел енергії: перехід до

використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні батареї, вітряні турбіни та гідроелектростанції як джерело живлення для приводу перетворювачів частоти. Це не тільки зменшує вплив на клімат, але й допомагає створювати більш енергоефективні системи.

Зменшення викидів і вуглецевого сліду: метою є зменшення викидів і вуглецевого сліду від електротранспорту шляхом оптимізації енергоефективності перетворювачів частоти.

Використання відновлюваної енергії значно зменшує викиди та покращує вплив транспортних засобів на навколишнє середовище.

Система енергозбереження та регенерації: інтегрує систему енергозбереження та регенерації в частотний перетворювач для оптимального використання енергії, яка використовується під час руху та гальмування. Це допомагає збільшити запас ходу електромобілів і зменшити споживання електроенергії.

Інтелектуальне управління енергією: інтелектуальна система управління енергією, яка аналізує параметри навколишнього середовища, використовує дані про відновлювані джерела енергії та оптимізує роботу перетворювачів частоти для максимального підвищення чистоти виробленої електроенергії.

Сприяти використанню зелених технологій: запроваджувати стимули та підтримку виробників, які використовують екологічні технології та відновлювані джерела енергії в системах керування автомобілями. Сприяння та розвиток екологічно чистих підходів у промисловості електромобілів.

Інформаційні та просвітницькі кампанії: проведення інформаційних та просвітницьких кампаній щодо переваг використання електромобілів із змінною частотою, зосереджуючись на відновлюваних джерелах енергії. Прийняття споживачами концепції сталого та екологічно чистого транспорту.

Врахування екологічних аспектів у управлінні перетворювачем частоти та використання відновлюваних джерел енергії визначає новий етап у розвитку електромобільності, спрямований на створення ефективних та екологічно чистих рішень для транспортного сектору.

Моделювання та віртуальне тестування визнані важливими кроками для вдосконалення перетворювачів частоти в системах керування електромобілем. Ці технології відіграють важливу роль у підвищенні ефективності, стабільності та надійності системи.

Математичне моделювання: створення математичної моделі перетворювача частоти. Це дозволяє аналізувати поведінку в різних режимах і умовах. Використовуйте математичні формули для опису фізичних процесів, які відбуваються в системі.

Моделювання в реальному часі: розробка та використання імітаційних моделей перетворювача частоти для віртуального тестування в реальному часі. Це дозволяє відтворювати реальні умови роботи вашої системи та проводити ефективні віртуальні експерименти.

Оптимізація параметрів: оптимізація параметрів перетворювача частоти за допомогою математичного моделювання та симуляції. Це включає визначення оптимальних значень для резисторів, конденсаторів та інших елементів для максимізації продуктивності та ефективності.

Віртуальне тестування різних сценаріїв: використовуйте віртуальне тестування, щоб оцінити різні сценарії роботи вашого приводу, зокрема: зміни навантаження, режими гальмування та інші змінні. Це дозволяє виявити потенційні проблеми та покращити алгоритми контролю.

Адаптація до реальних умов експлуатації: моделювання роботи перетворювача частоти в реальних умовах експлуатації, включаючи зміни температури, вологості та інших зовнішніх впливів. Це допомагає адаптувати систему до різних умов експлуатації. Перевірка та підтвердження результатів: Порівняйте результати віртуальних тестів із реальними експериментальними даними, щоб перевірити та перевірити продуктивність і точність моделі. Це гарантує, що будь-які вдосконалення приводу відобразатимуть реальні умови експлуатації.

Віртуальне тестування продуктивності системи керування: Використовуйте віртуальне тестування для оцінки продуктивності системи

керування за різних умов і сценаріїв. Це допоможе вам розпізнати можливості.

3.3 Розробка програмного коду для роботи датчика

Для написання данного коду ми будемо використовувати плату одну з найпопулярніших та доступніших моделей – це Arduino Uno. Arduino Uno має достатньо цифрових та аналогових контактів, щоб задовольнити ваші потреби. Ось чому Arduino Uno є чудовим вибором. Простота використання: Arduino Uno — це стандартна плата, яка часто використовується для проектів початківців. Він має простий інтерфейс користувача та його легко програмувати. Наявність: Arduino Uno широко доступний і його можна придбати у багатьох магазинах. Підтримка: Arduino Uno має велику спільноту користувачів, тому легко знайти легко та легко усунути несправності в Інтернеті. Якщо у вас є особливі вимоги, такі як більше введення/виведення, підтримка бездротового зв'язку тощо, ви можете розглянути інші моделі Arduino, які відповідають вашим потребам, наприклад, Arduino Mega, Arduino Nano тощо. Також середовище для розробки це Arduino IDE (рис. 3.4).

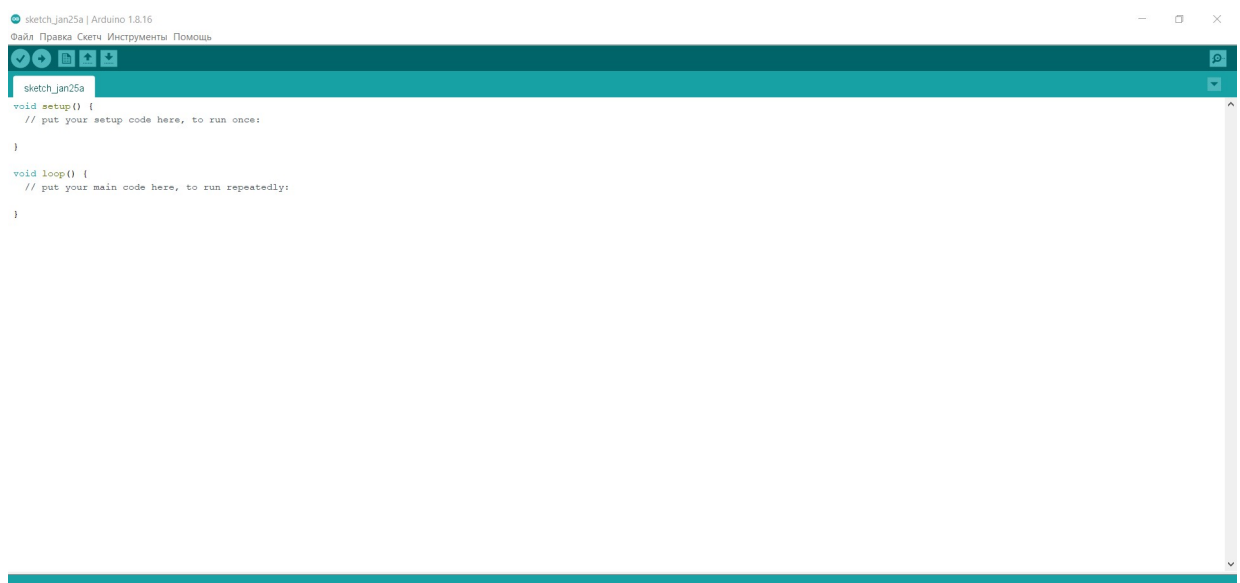


Рисунок 3.4 – Головне вікно середовища програмування Arduino IDE

Далі був розроблен код, надаю нижче:

```
const int analogInputPin = A0; // Пін, до якого підключено датчик
```

```
const int ledPin = 13; // Пін для світлодіоду
```

```
void setup() {
```

```
    pinMode(ledPin, OUTPUT); // Встановлюємо пін для світлодіоду як  
вихід
```

```
    Serial.begin(9600); // Ініціалізація послідовного зв'язку
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    int sensorValue = analogRead(analogInputPin); // Зчитуємо значення з  
датчика
```

```
    float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0); // Перетворимо на напругу
```

```
    Serial.print("Напряжение: ");
```

```
    Serial.print(voltage);
```

```
    Serial.println(" В");
```

```
    if (voltage > 2.5) {
```

```
        digitalWrite(ledPin, HIGH); // Включаємо світлодіод, якщо напруга  
більша за 2.5 В
```

```
    } else {
```

```
        digitalWrite(ledPin, LOW); // Вимикаємо світлодіод інакше
```

```
    }
```

```
    delay(1000); // Затримка 1 секунда між вимірами
```

```
}
```

Цей код призначений для простого зчитування напруги датчика, підключеного до аналогового входу Arduino, і ввімкнення або вимкнення світлодіода залежно від значення напруги.

Ось кроки розробки цього коду:

- визначення змінних: `analogInputPin`: встановлюємо пін для зчитування сигналу від датчика (у даному випадку A0). `ledPin`: встановлюємо пін для керування світлодіодом (в даному випадку 13);

- налаштування: у функції `setup()` ми встановлюємо пін світлодіода як вихідний (OUTPUT). Ініціалізуємо послідовний зв'язок через USB з комп'ютером за допомогою `Serial.begin(9600)` для цілей налагодження;

- основний цикл: у функції `loop()` зчитуємо значення з аналогового піна за допомогою `analogRead(analogInputPin)`. Перетворимо це значення на напругу з використанням простої формули ($\text{sensorValue} * (5.0 / 1023.0)$), враховуючи, що Arduino працює на напрузі 5 В, і значення аналогового сигналу оцифровані в 1023 кроки. Виводимо виміряну напругу в монітор послідовного порту (`Serial.print()` та `Serial.println()`). Залежно від виміряної напруги, включаємо або вимикаємо світлодіод (`digitalWrite(ledPin, HIGH)` або `digitalWrite(ledPin, LOW)`). Додаємо невелику затримку (`delay(1000)`) для стабілізації виведення та запобігання надмірному навантаженню на мікроконтролер.

Таким чином, ця система дозволяє контролювати напругу датчика та реагувати на зміни, вмикаючи або вимикаючи світлодіод залежно від встановленого обмеження (2,5 В у цьому випадку).

Це корисно для створення основних систем керування або моніторингу електронних пристроїв, таких як електромобілі.

Після проведення розробки програмного забезпечення, необхідно виконати експериментальні дослідження, у яких потрібно перевірити основні ключові показники параметрів, які досліджуються. Так як частотні перетворювачі напруги блоку управління електротранспорту важко знайти, було прийнято рішення про проведення експерименту у лабораторії

автоматизованого контролю стану АБAX у КП «Тролейбусне депо №2» міста Харків.

У цій лабораторії є все необхідне обладнання для проведення дослідження, а саме: макетна установка з модулем акумуляторної батареї; промисловий зарядний пристрій для акумуляторних батарей автономного ходу, а також макет головної системи керування тролейбусом.

3.4 Експериментальні дослідження

Після активації живлення блоку управління електричним транспортним засобом відбувається ініціалізація та отримання даних від різноманітних датчиків. В той же час система проводить порівняння отриманих значень напруги для оптимізації роботи частотного перетворювача.

Умова перевірки для визначення підвищеної напруги передбачає порівняння рівнів напруги на виході перетворювача з відомим оптимальним значенням. Якщо виявляється, що вихідна напруга перевищує це оптимальне значення, ініціюється процес оптимізації. Цей процес включає в себе автоматичне налаштування параметрів частотного перетворювача для забезпечення ефективності роботи системи умови підвищеної напруги.

Умова перевірки при зниженій нарузі передбачає аналогічний процес для випадку, коли вихідна напруга знижується нижче оптимального рівня. Система автоматично активує процес відновлення оптимальних параметрів частотного перетворювача та інформує водія про зміни в роботі блоку управління.

Тобто якщо напруга виходить с заданого діапазону, то загориться світлодіодний датчик на блоку управління, а якщо напруга залишиться в заданому діапазоні, то датчик не загориться.

Такий підхід дозволяє підтримувати стабільну роботу електротранспортного засобу за умов змін напруги, забезпечуючи оптимальні умови для роботи частотного перетворювача.

3.5 Висновок до розділу 3

У третьому розділі кваліфікаційної роботи було проведено розробка рішення для вирішення проблем с роботи датчиків та поліпшення роботи цієї системи.

Також містить вичерпний огляд можливостей удосконалення перетворювачів частоти в контексті електромобілів.

Пропоновані вдосконалення, такі як удосконалення датчиків, оптимізація системи керування та розробка програмного коду, спрямовані на підвищення ефективності, точності та надійності роботи системи.

Ці заходи можуть позитивно вплинути на функціональність і продуктивність електромобілів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Одним із важливих аспектів забезпечення безпеки умов праці при розробці модуля автоматичного управління перетворювачем напруги є створення безпечного робочого середовища. Це досягається шляхом впровадження ефективних заходів, спрямованих на запобігання травмам і аварійним ситуаціям. Перед початком роботи проводиться аналіз можливих ризиків, пов'язаних із розробкою модуля.

Перевірка потенційних небезпек, пов'язаних з використанням електричних компонентів та програмного забезпечення, а також можливі аварійні сценарії, є необхідною частиною процесу розробки модуля. Важливо використовувати захисне обладнання, яке зменшує ризик травм і негативного впливу. Це можуть бути захисні окуляри, матеріали з електроізоляцією та інші засоби захисту.

Для гарантування безпеки умов праці необхідно дотримуватись встановлених норм і стандартів у галузі розробки електронних пристроїв. Це включає електробезпеку, якість матеріалів, а також стандарти програмування. Персонал, який займається розробкою, повинен мати доступ до необхідних засобів індивідуального захисту. Це може включати захисний одяг, рукавички та інші засоби захисту від можливих небезпек.

Персонал повинен регулярно проходити тренінги з питань безпеки і отримувати інструктаж щодо правил використання обладнання та програмного забезпечення. Забезпечення безпеки також включає систему медичного контролю за станом здоров'я працівників, яка допоможе виявити можливі проблеми і запобігти потенційним загрозам. Ці заходи гарантують високий рівень безпеки умов праці під час розробки модуля автоматичного керування перетворювачем напруги для електромобілів. Під час роботи за комп'ютером на користувача впливає багато небезпечних і шкідливих

факторів відповідно до ДСТУ 12.0.003-94 [16], які занесені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів у приміщенні лабораторії з обчислювальною технікою [16]

Найменування факторів	Джерело виникнення шкідливого фактора	Нормований параметр і нормативне значення	Характер впливу на людину	Засоби зниження впливу на людину
1	2	3	4	5
Підвищений рівень шуму	Освітлювальна і вентиляційна система	$L_p = 50$ дБА	Загальне стомлення	Шумопоглинальні покриття, облицювання звуковбирними плитами, підвісні звуковбирні стелі
Підвищена іонізація повітря	Комп'ютер	Кількість іонів у 1 см^3 $n^+ = 1500 \dots 3000$ $n^- = 3000 \dots 5000$	Опромінення	Захисні екрани, вдосконалена техніка
Напруга в електромережі	Проводка, штучне освітлення	$U_{np} = 12 \text{ В} - 24 \text{ В}$	Поразка електричним струмом	Занулення корпусів ПЕОМ, заземлення корпусів блоків живлення
Напруженість електромагнітного поля	Компоненти ЕОМ	По електричній складовій $E = 5 \text{ В/м}$	Порушення фізико-хімічних процесів	Скляні фільтри

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
Рентгенівське випромінювання	Монітор ЕОМ	$D_{екс} = 100$ мкР/год	Променева хвороба, захворювання зору	Захисний екран на дисплеї монітора

Метеорологічні умови роботи оцінюються згідно ДСТУ 12.1.005-96 [18] – категорія робіт оператора з ПЕОМ за енерговитратами легка – 1а. У приміщенні лабораторії з ПЕОМ передбачені оптимальні параметри мікроклімату, наведені в табл. 4.2 відповідно ДСТУ 12.1.005-96 [16].

Таблиця 4.2 – Оптимальні норми температури, відносної вологості, швидкості руху повітря в приміщенні лабораторії з ПЕОМ [16]

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с, не більше
Холодний	Легка – 1а	22...24	40...60	0,1
Теплий	Легка – 1а	23...25	40...60	0,1

ВИСНОВКИ

В рамках магістерської кваліфікаційної роботи виконано розробку вдосконаленої системи перетворювача напруги-частоти для блоків керування електричним транспортним засобом.

Експериментальні дослідження були проведені для виявлення недоліків і визначення шляхів оптимізації та покращення загальної функціональності системи. Під час виконання роботи було виконано наступні завдання:

- проаналізовано частотні перетворювачі напруги;
- проаналізовано будова перетворювача;
- проаналізовано нормальні умови частотного перетворювача напруги;
- проаналізовано недоліків;
- розроблено принцип рішення проблеми;
- розроблено функціональну схему системи контролю частотного перетворювача напруги;
- розроблено програмне забезпечення для злагодженої роботи;
- провели експериментальне дослідження;
- опрацьовано питання охорони праці.

За результатами роботи опубліковано статтю в збірнику студентських робіт.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Невлюдов І. Ш. Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти, спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійної програми «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи». / І. Ш. Невлюдов, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, Ю. М. Олександров, Р. В. Артюх, Є. А. Разумов-Фризюк, О. О. Чала – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 51 с.

2. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. структура та правила оформлення. – Введ. 2015-06-22. – К. Держстандарт України, 2017. – 29 с.

3 Іванов Л. С. Способи удосконалення частотного перетворювача напруги для блоку управління електричним транспортним засобом / Іванов Л. С, Ковальов М. В. // М&MS 2023 – 2023. – С. 49-51.

4. Що таке перетворювач частоти. // Електронний ресурс, 2023. URL: https://elprivod.nmu.org.ua/ua/entrant/frequency_converter.php. (дата звернення 25.10.2023)

5. YINGSHIDA AE200 - частотный преобразователь 3кВт 220В инвертор // Електронний ресурс, 2023. URL: <https://grizlicnc.com.ua/tovar-chastotnik-3kvt-220v> (дата звернення: 25.10.2023).

6. Тролейбус типу PTS 12. Настанова щодо експлуатації [Текст]: Посібник користувача/ТОВ «ПОЛІТЕХНОСЕРВІС». – Бровари: Політехносервіс, 2021. – 164 с.+

7. 1. Невлюдов І. Ш. Комп'ютерні технології автоматизованого виробництва: [навч. посібник] / І. Ш. Невлюдов, М. А. Бережна. – Харків : СМІТ, 2007. – 368 с. – ISBN 978-966-8530-99-9. – 41,00.

8. Nevliudov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form

Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. *Advances in Dynamical Systems and Applications*, 16(2), 441-455

9. Filipenko, O., Chala, O., Bortnikova, V., Sychova, O., & Botsman, I. (2019, September). Impact of Technological Operations Parameters on Moems Components Formation. In 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL) (pp. 371-374). IEEE.

10. Mary Bellis « History and Timeline of the Battery» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.thoughtco.com/battery-timeline-1991340> – 21.10.2023 р.

11. Система електроживлення тролейбуса [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/ptedx> – 21.10.2023 р. – Загол. з екрану.

12. Filip M. Gieszczykiewicz. «Sci.Electronics» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://repairfaq.org/REPAIR/F_Repair.html – 22.10.2023 р. – Загол. з екрану.

13. Типові приклади використання силової електроніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://old.symmetron.ua/files/html/suppliers/ir/power-management-selection-guide-1.html> – 22.10.2023 р. – Загол. з екрану.

14. Схема ПЧ з ланкою постійного струму [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/ptein> – 23.10.2023 р. – Загол. з екрану.

15. Susanne Fowler and Paul Mozur, «Samsung's Recall: The Problem With Lithium-Ion Batteries», *The New York Times*, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nytimes.com/2016/09/03/technology/samsungs-recall-the-problem-with-lithium-ion-batteries.html?searchResultPosition=1> – 24.10.2023 р. – Загол. з екрану.

16. ДСТУ 12.1.005-96. ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони. – Прийнято з 01.01.96.