


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

11.01.2024

_____  _____ Лобанов Д. Д.

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
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма _____ Комп'ютеризовані та робототехнічні системи
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«_____» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Лобанову Дмитру Денисовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення модуля автоматичного управління перетворювача напруги блоку живлення для електричного транспорту затверджена наказом університету від 03.11.2023 р. № 740 Ст.
2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 03.12.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи Об'єкт дослідження в рамках даного дипломного проекту – модуль автоматичного управління перетворювачем напруги блоку живлення електроробочара
Предмет дослідження включає в себе вивчення принципів роботи, проектування та оптимізації модуля автоматичного управління з метою покращення ефективності його функціонування. Функція системи полягає в забезпеченні автоматичного управління перетворювачем напруги в блоку живлення електроробочара. Це включає в себе контроль та регулювання параметрів напруги для забезпечення оптимальної роботи електроробочара в різних умовах.
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі Вступ. Огляд предметної області. Ознайомлення із поняттям перетворювач напруги.
5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.pptx) – 12 с.
6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Отримання, аналіз завдання, уточнення плану роботи</i>	04.11.2023	Виконано
2	<i>Огляд сучасного стану проблеми прийняття рішень при проектуванні технологічних процесів</i>	05.11.2023	Виконано
3	<i>Аналіз перетворювачів напруги</i>	12.11.2023	Виконано
4	<i>Актуальність перетворювача напруги</i>	17.11.2023	Виконано
5	<i>Розробка модуля автоматичного управління перетворювача напруги</i>	21.11.2023	Виконано
6	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	03.12.2023	Виконано
7	<i>Підготовка презентації</i>	06.12.2023	Виконано
8	<i>Подання закінченої роботи керівникові</i>	11.12.2023	Виконано
9	<i>Подання роботи на рецензування</i>	14.12.2023	Виконано
10	<i>Попередній захист</i>	15.01.2024	Виконано
11	<i>Подання роботи до екзаменаційної комісії</i>	24.01.2024	Виконано

Дата видачі завдання _____ 03.11.2023 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ д о ц . Іванов Л.С.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 90 с., 12 рис., 2 дод., 16 джерел.

ОПТИМІЗАЦІЯ МОДУЛЯ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ НАПРУГИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНОГО БЛОКУ ЖИВЛЕННЯ.

Об'єкт дослідження: є блок перетворювача напруги для електричного транспорту.

Предметом дослідження є вдосконалення модуля автоматичного управління перетворювача напруги блоку живлення для електричного транспорту.

Мета роботи: вдосконалення функціональності та ефективності модуля автоматичного управління перетворювача напруги з метою поліпшення характеристик електромобіля та забезпечення оптимальної роботи блоку живлення.

Метод дослідження: проведення експериментів з реальним модулем управління для збору даних та оцінки його роботи в реальних умовах. Вдосконалення параметрів управління на основі отриманих результатів для досягнення оптимальної роботи перетворювача напруги.

В ході внесли ряд інновацій у модуль автоматичного управління перетворювачем напруги для блоку живлення електромобіля. Зокрема, ми використовували передові методи аналізу існуючих технологій, щоб визначити найбільш перспективні рішення в галузі.

Експериментальні дослідження, проведені на реальному пристрої, допомогли нам отримати конкретні дані про роботу модуля в різних сценаріях навантаження та напруги. Застосування оптимізаційних методів дозволило нам досягти оптимальних параметрів управління, що суттєво поліпшило його ефективність.

ABSTRACT

The explanatory note contains: 90 p., 12 fig., 2 app., 16 sources.

OPTIMIZATION OF THE AUTOMATIC CONTROL MODULE FOR VOLTAGE CONVERTER TO ENHANCE THE EFFICIENCY OF THE ELECTRIC VEHICLE POWER SUPPLY UNIT.

Object of research: a voltage converter unit for electric vehicles.

The subject of research is to improve the automatic control module of the voltage converter of the power supply unit for electric vehicles.

Purpose: to improve the functionality and efficiency of the automatic control module of the voltage converter in order to improve the characteristics of the electric vehicle and ensure optimal operation of the power supply.

Research method: conducting experiments with a real control module to collect data and evaluate its performance in real conditions.

Improvement of control parameters based on the results obtained to achieve optimal operation of the voltage converter.

In the course of the research, we introduced a number of innovations to the automatic control module of the voltage converter for the electric vehicle power supply. In particular, we used advanced methods of analyzing existing technologies to identify the most promising solutions in the industry.

Experimental studies conducted on a real device helped us to obtain specific data on the module's performance under various load and voltage scenarios. The use of optimization methods allowed us to achieve optimal control parameters, which significantly improved its efficiency.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
1 АНАЛІЗ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НАПРУГИ В КОНТЕКСТІ	
ЕЛЕКТРОРОБОКАРІВ.....	11
1.1 Аналіз перетворювача напруги.....	11
1.1.1 Різні типи перетворювачів напруги	12
1.1.2 Особливості кожного типу перетворювачів	15
1.1.3 Застосування перетворювачів напруги в електроробочах	18
1.2 Автоматизація в системах управління	22
1.2.1 Обґрунтування важливості автоматизації в системах управління... 23	
1.2.2 Роль автоматизації у підвищенні ефективності та безпеці в системах управління електроробочах	25
1.2.3 Переваги застосування автоматизованих систем в електроробочах	26
1.3 Блок перетворювача в електроробочарі.....	28
1.3.1 Структура та функції блока перетворювача.....	28
1.3.2 Значення блока перетворювача для ефективної роботи електроробочара	30
1.4 Висновки до першого розділу.....	36
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ	
2.1 Вплив перетворювача напруги на підвищення ефективності електроробочарів.....	37
2.2 Актуальність та перспективи розвитку перетворювачів напруги в	

	8
електроробокарі.....	47
2.3 Висновки до другого розділу	52
3 УДОСКОНАЛЕННЯ МОДУЛЯ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ БЛОКУ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОРОБОКАРА	
	54
3.1 Загальний принцип роботи перетворювача напруги	54
3.2 Удосконалення компактного перетворювача напруги.....	61
3.3 Розробка силового перетворювача напруги из використанням ШИМ- контролера.....	75
3.5 Висновки до третього розділу.....	80
4 ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ УМОВ ПРАЦІ	82
ВИСНОВКИ.....	83
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	84
ДОДАТОК А Апробація результатів наукових досліджень.....	87
ДОДАТОК Б Відомість кваліфікаційної роботи	91

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АПН – Аналіз перетворювача напруги.

ВАВПН – Вигідність та актуальність використання перетворювача напруги.

АСУ – Автоматизація в системах управління.

РЕ – Рекуперація енергії.

ТК – Термальний контроль.

МГ – Модульність та гнучкість.

ІТЗЕ – Інтеграція з технологіями збереження енергії.

ЕВЕ – Ефективне використання електроенергії.

ССТН – Стабільність та стійкість напруги.

ОРЕ – Оптимізація роботи електродвигунів.

ЗБР – Забезпечення безперебійної роботи.

АВСУ – Автоматизація в системах управління.

АВР – Автоматизація в роботі.

АГВБР – Аналіз головних викликів бізнес-розвитку.

ВТЕ – Використання технологічного ефекту.

ПБР – Переваги блоку регулювання.

СТС – Сучасні тенденції систем.

ІВ – Інтеграція в систему.

ВДП – Висока деградаційна стійкість.

АПРЕ – Актуальність та перспективи розвитку енергетики.

ВСТУП

Враховуючи сучасні вимоги до технічного розвитку та росту зацікавленості в електромобільній галузі, дослідження спрямоване на знаходження оптимальних рішень у сфері автоматизованого управління перетворювачем напруги для досягнення максимальної ефективності та відповідності сучасним стандартам якості.

Метою роботи є удосконалення модуля автоматичного управління перетворювача напруги живлення електроробочака для підвищення його продуктивності, енергоефективності та надійності.

Об'єктом дослідження є блок перетворювача напруги для електричного транспорту.

Предметом дослідження є вдосконалення модуля автоматичного управління перетворювача напруги блоку живлення для електричного транспорту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- аналіз існуючих технологій дослідження та огляд сучасних технологій у галузі автоматичного управління для виявлення можливостей для покращень;

- експериментальні дослідження проведення експериментів з реальним модулем управління для збору даних та оцінки його роботи в реальних умовах експлуатації;

- аналіз результатів оцінка отриманих результатів, виявлення можливостей для подальших покращень та розробка рекомендацій для впровадження;

- 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].

1 АНАЛІЗ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НАПРУГИ В КОНТЕКСТІ ЕЛЕКТРОРОБОКАРІВ

1.1 Аналіз перетворювача напруги

Перетворювач напруги в контексті електроробочого становить неординарну ключову складову, визначаючи продуктивність та ефективність всієї системи. Його здатність ефективно перетворювати електричну енергію та постачати необхідну напругу для живлення електродвигунів та інших важливих підсистем є критично важливою у реалізації концепції електромобільності.

У висвітленні основних аспектів аналізу перетворювача напруги, важливо враховувати комплексність його ролі та функціональності. Спочатку слід розглянути різноманітні типи перетворювачів, такі як інвертори, регулятори напруги, DC/DC конвертери та трансформатори. Кожен із них володіє своєю унікальною особливістю та призначенням. Інвертори, наприклад, відповідають за перетворення постійного струму в змінний, що є критично важливим для живлення електродвигунів. Важливо визначити їх роль у забезпеченні плавного та ефективного руху електроробочого.

Регулятори напруги відіграють роль у підтримці стабільності напруги на різних етапах роботи електроробочого. Ретельний аналіз їхніх особливостей та здатностей дозволяє визначити, як ефективно вони впливають на функціонування системи управління.

DC/DC конвертери мають за мету забезпечення перетворення напруги для живлення допоміжних систем, таких як освітлення, системи безпеки тощо. Огляд їхніх можливостей дозволяє оцінити, наскільки ефективно вони використовують вироблену електроенергію

Трансформатори використовуються для зміни рівня напруги та

забезпечення ізольованості окремих ділянок системи. Ретельний аналіз їх особливостей розкриває, як вони підтримують стабільність електричної мережі та забезпечують безперебійність живлення.

Після аналізу типів перетворювачів важливо приділити увагу особливостям кожного з них. Інвертори, наприклад, можуть володіти різними технологіями PWM-модуляції, що впливає на ефективність конвертації енергії та температурний режим.

Основна функція і особливості кожного типу перетворювача обґрунтовуються в контексті їх застосування в електроробочах. Наприклад, інвертори визначають ефективність електродвигуна, регулятори напруги забезпечують стабільність живлення, а DC/DC конвертери відповідають за живлення допоміжних систем.

1.1.1 Різні типи перетворювачів напруги

Інвертори – інвертори в електромобільних системах є ключовими елементами, що відповідають за зміну постійного струму, який поступає з батареї, на змінний струм, необхідний для електродвигунів 1.1.

Цей процес надає автомобілю можливість рухатися з використанням змінного струму.

Інвертори грають ключову роль у точному управлінні швидкістю та обертовим моментом електродвигунів. Вони дозволяють регулювати величину та частоту подачі струму, забезпечуючи оптимальний рух автомобіля в різних режимах.

Основними компонентами інверторів є транзистори MOSFET, конденсатори, індуктивності та мікроконтролери. Транзистори відповідають за відкриття та закриття електричних шляхів, конденсатори зберігають енергію, індуктивності стабілізують струм, а мікроконтролери забезпечують високоточне керування процесом.

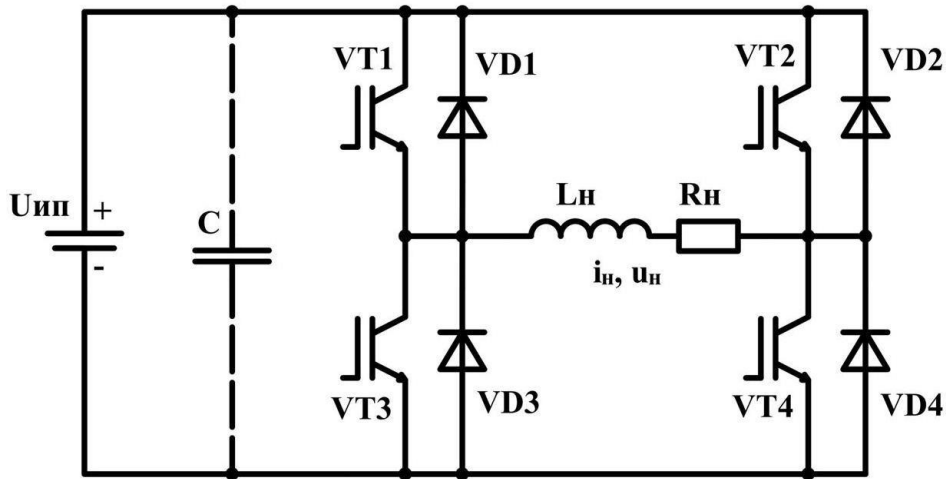


Рисунок 1.1 – Схема автономного інвертора напруги

Регулятори напруги – регулятори напруги є важливими компонентами електромобільних систем, відповідаючи за стабілізацію та управління рівнем напруги в різних частинах автомобіля. Однією з ключових функцій регуляторів є підтримання стійкої напруги для живлення електроніки та електродвигунів.

Забезпечення сталого рівня напруги є важливим для запобігання перевантажень та збереження інтегрованих систем автомобіля. Регулятори напруги грають ключову роль у впровадженні оптимальної роботи електронних компонентів, таких як сенсори, мікроконтролери та системи безпеки.

Система регулятора напруги включає в себе різноманітні компоненти, такі як сенсори напруги для постійного моніторингу, оптрони для стабілізації та реле для ефективного керування енергією. Ці елементи працюють разом для забезпечення оптимального функціонування системи електроживлення 1.2.

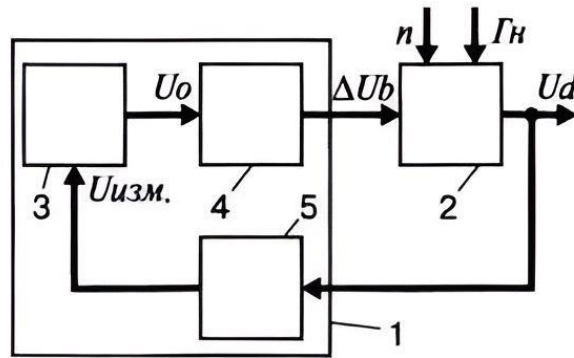


Рисунок 1.2 – Принцип роботи регулятора напруги

DC/DC конвертери – DC/DC конвертери в електромобільних системах представляють собою пристрої, які відповідають за адаптацію напруги між високовольтними та низьковольтними системами. Основна мета цих конвертерів полягає в тому, щоб забезпечити оптимальну роботу низьковольтних підсистем, таких як освітлення, системи безпеки та інші, використовуючи енергію з високовольтного джерела 1.3.

DC/DC конвертери відіграють важливу роль у стабілізації та постачанні енергії для різноманітних систем електромобіля. Зокрема, вони перетворюють енергію з батарей в напругу, яка використовується для живлення різних підсистем, що працюють на низькому напрузі.

DC/DC конвертери складаються з перетворювачів, індуктивностей та стабілізаторів напруги. Перетворювачі відповідають за зміну форми напруги, індуктивності забезпечують стабільність струму, а стабілізатори контролюють напругу, щоб уникнути перевантажень.

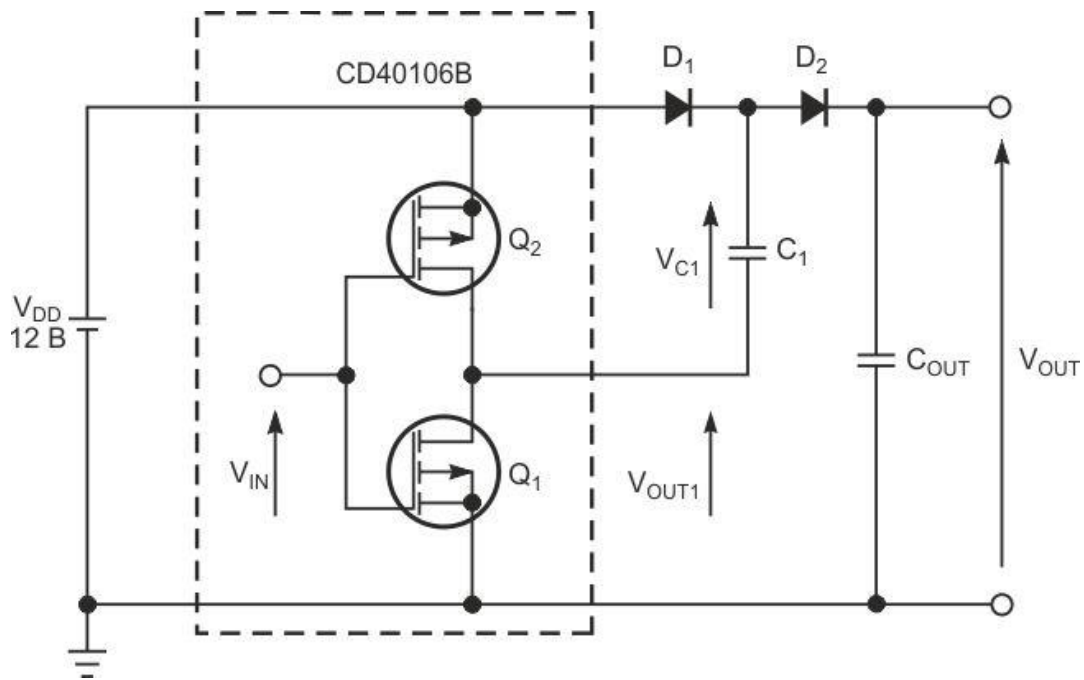


Рисунок 1.3 – Схема принципу роботи DC/DC конвертера

Трансформатори – це пристрої, які використовуються для зміни рівня напруги в електричній системі. Основний принцип дії полягає в використанні взаємоіндукції між обмотками трансформатора для зміни величини та напрямку напруги.

Трансформатори в електромобільних системах використовуються для адаптації напруги від батарей до рівня, необхідного для різних компонентів автомобіля. Вони грають важливу роль у забезпеченні ефективного та безперебійного живлення всіх підсистем електромобіля.

Основні елементи трансформатора включають звитки, магнітний сердечник та обмотки. Звитки створюють взаємоіндукцію, магнітний сердечник концентрує магнітне поле, а обмотки передають електричний струм.

1.1.2 Особливості кожного типу перетворювачів

Інвертори – основна функція використовуються в електромобільних системах, виконують важливу функцію перетворення постійного струму (ПС), який надходить від батареї, у змінний струм (ЗС), що живить електродвигуни.

Основна функція полягає в тому, щоб забезпечити точне та ефективне управління обертальним моментом та швидкістю електродвигунів, тим самим забезпечуючи оптимальну продуктивність та динаміку руху електромобіля.

Інвертори відзначаються високою ефективністю, що визначається високим коефіцієнтом перетворення електроенергії. Здатність точно регулювати струм та напругу дозволяє підтримувати стабільну роботу електродвигунів у різних умовах експлуатації. Інвертори забезпечують високочастотну роботу, що дозволяє ефективно керувати рухом автомобіля, підвищуючи загальну динаміку та маневреність.

Інвертори широко використовуються в електромобільних транспортних засобах для забезпечення потужності для електродвигунів. Вони є необхідним елементом системи живлення, дозволяючи автомобілю ефективно використовувати електроенергію з батареї для забезпечення високої продуктивності та довгого запасу ходу.

Регулятори напруги – основна функція електромобільних системах виконують ключову роль у підтримці стабільності та оптимізації електричної системи транспортного засобу. Основна функція регуляторів полягає в забезпеченні постійного рівня напруги в усіх частинах автомобіля, зокрема в системах живлення, електроніці та інших підсистемах. Це досягається за допомогою автоматичного регулювання вихідної напруги з метою уникнення перевищень або знижень, що можуть негативно позначитися на ефективності та надійності системи.

Регулятори напруги характеризуються високою швидкістю реакції на зміни в електричних навантаженнях, що забезпечує сталість напруги в системі. Вони є надійними елементами, спроектованими для роботи в різноманітних умовах експлуатації та забезпечення сталого електропостачання для всіх вузлів автомобіля.

Регулятори напруги впливають на безпеку електричних систем, уникаючи можливих пошкоджень від перенапруг та забезпечуючи нормальну роботу електроніки. Вони грають ключову роль у збереженні оптимального

рівня напруги для різноманітних електричних пристроїв, від освітлення до систем безпеки.

DC/DC конвертери – основна функція в електромобільних системах є ключовими пристроями, що використовуються для зміни рівня напруги між високовольтними та низьковольтними системами. Функція конвертерів полягає в адаптації електричної напруги для різноманітних підсистем автомобіля, забезпечуючи ефективну роботу електроніки, освітлення, систем безпеки та інших важливих компонентів.

DC/DC конвертери відрізняються високою ефективністю та можливістю здійснювати перетворення напруги з мінімальними втратами енергії. Вони забезпечують сталу напругу для низьковольтних систем, таких як акумулятори, системи освітлення та інші електричні вузли, що вимагають зниженої напруги для оптимальної роботи.

DC/DC конвертери використовуються для оптимізації використання електроенергії, що надходить від батареї. Вони дозволяють забезпечувати необхідну напругу для різноманітних електричних систем, зберігаючи ефективність електромобільної системи в цілому.

DC/DC конвертери широко використовуються в сучасних електромобілях для перетворення напруги та оптимізації роботи різноманітних електричних систем. Вони забезпечують ефективне використання електроенергії, знижуючи втрати та підтримуючи стабільність електричної напруги в усіх частинах транспортного засобу.

Трансформатори – основна функція в електромобільних системах є ключовими елементами для ефективного управління електроенергією. Основна функція трансформаторів полягає в перетворенні напруги для забезпечення ефективного передачі електроенергії між різними частинами електричної системи транспортного засобу.

Трансформатори відрізняються високою ефективністю та надійністю у роботі. Основними особливостями є їхня здатність забезпечувати передачу енергії між обмотками за допомогою магнітного поля безпосередньо, що

дозволяє мінімізувати втрати енергії та забезпечувати стабільність системи.

Трансформатори грають ключову роль у забезпеченні сталого рівня напруги для різноманітних електричних пристроїв, таких як електродвигуни та інші електронні системи. Вони також використовуються для ізоляції та захисту від перенапруг.

Трансформатори широко використовуються в електромобільних системах для забезпечення ефективної роботи електричного обладнання. Вони використовуються в системах живлення, зарядних станціях та інших ключових компонентах електротранспортних засобів.

1.1.3 Застосування перетворювачів напруги в електроробочих

Перетворювачі напруги в електроробочих відіграють важливу роль у забезпеченні оптимального та ефективного функціонування електроприводу та електричних систем.

Перетворювачі напруги в електроробочих відіграють визначальну роль у підтримці електродвигунів, які виступають основними приводами для руху та функціонування транспортного засобу.

Регулювання обертового моменту та швидкості перетворювачі напруги забезпечують точне та ефективне регулювання напруги, яка подається на електродвигуни. Це регулювання дозволяє змінювати обертовий момент та швидкість руху електродвигунів в залежності від потреб електроробочого.

Підтримка роботи в різних режимах перетворювачі дозволяють електродвигунам працювати в різних режимах, включаючи режими зниженого споживання енергії під час холостого ходу та режими збільшеного обертового моменту під час руху на великій швидкості або під великим навантаженням.

Управління ефективністю підтримка електродвигунів за допомогою перетворювачів дозволяє оптимізувати їхню ефективність. Висока точність

регулювання напруги допомагає уникнути надмірного споживання енергії та забезпечує оптимальні умови для роботи електродвигунів.

Синхронізація роботи множини електродвигунів у деяких випадках електроробочари використовують декілька електродвигунів для забезпечення різних функцій, наприклад, руху та підйому вантажу. Перетворювачі дозволяють синхронізувати роботу різних електродвигунів, забезпечуючи їхню гармонійну співпрацю.

Підсумовуючи, перетворювачі напруги в електроробочарах відіграють критичну роль у забезпеченні ефективного та точного управління електродвигунами, що є необхідним для оптимальної функціональності цих транспортних засобів.

Забезпечення енергією допоміжних систем перетворювачі напруги в електроробочарах відіграють важливу роль у забезпеченні енергією різноманітних допоміжних систем, що підтримують комфорт та функціональність транспортного засобу. Розглянемо основні аспекти цього процесу.

Подача енергії в системи освітлення перетворювачі напруги відповідають за подачу енергії в системи освітлення електроробочара. Це стосується фар, сигнальних ліхтарів та інших елементів освітлення, які важливі для безпеки та видимості під час роботи в різних умовах.

Забезпечення енергією обігрівачів та кондиціонерів: допоміжні системи електроробочара, такі як обігрівачі та кондиціонери, потребують додаткової енергії для ефективної роботи. Перетворювачі напруги відіграють ключову роль у забезпеченні цих систем достатньою кількістю електроенергії.

Підтримка електричних систем безпеки електроробочари в основному використовуються в промислових умовах, тому системи безпеки, такі як системи відеоспостереження, датчики та інші, мають важливе значення. Перетворювачі напруги грають роль в подачі енергії для цих систем, щоб забезпечити надійність та функціональність.

Енергопостачання для інших електричних пристроїв до допоміжних систем також можна віднести різноманітні електричні пристрої, такі як зарядні пристрої для ручних інструментів, електричні насоси та інші. Перетворювачі напруги відповідають за ефективне подання енергії для цих пристроїв.

Завдяки перетворювачам напруги в електроробочах, допоміжні системи отримують необхідну електроенергію для ефективного та безперебійного функціонування, що є важливим для роботи транспортного засобу в умовах промислового використання.

Оптимізація роботи батарей в електроробочах грають вирішальну роль у забезпеченні оптимальної роботи батарей, які виступають як джерело енергії для електродвигунів та інших систем.

Підтримка заряджання та розряджання: перетворювачі напруги відіграють центральну роль у процесах заряджання та розряджання батарей електроробоча. Вони забезпечують оптимальну напругу та струм для ефективного заряджання батарей від зовнішнього джерела енергії, а також для надання необхідного напруги для живлення електродвигунів та інших електричних систем.

Управління температурою: перетворювачі напруги допомагають в управлінні температурою батарей, що є критичним для їхньої ефективності та тривалості служби. Вони можуть контролювати напругу та струм, що подається в батарею, для уникнення перегріву та забезпечення оптимальних умов роботи.

Захист від перенапруг та перепадів напруги: перетворювачі виконують функцію захисту батарей від небажаних перенапруг та перепадів напруги, які можуть виникнути в електричній системі. Це сприяє збереженню інтегритету батарей та попередженню їхнього пошкодження.

Оптимізація роботи з електродвигунами: перетворювачі дозволяють оптимізувати роботу батарей у взаємодії з електродвигунами. Вони регулюють параметри, такі як напруга та струм, щоб забезпечити оптимальні умови для

подачі енергії електродвигунам, що впливає на ефективність використання заряду батарей.

Описані функції перетворювачів напруги в контексті оптимізації роботи батарей підкреслюють їхню важливість у підтримці ефективної та тривалої роботи електроробочих машин.

Перетворювачі напруги в електроробочих машинах є ключовим елементом, що забезпечує безперебійну та стабільну роботу транспортного засобу. Розглянемо, як їхня функціональність сприяє уникненню перебоїв та підтримує неперервну роботу.

Автоматичне регулювання напруги та струму: перетворювачі напруги автоматично регулюють параметри, що подаються до різних систем електроробочої машини. Це включає регулювання напруги та струму, що подається в електродвигуни, освітлення та інші електричні системи. Це дозволяє уникнути перенапруг, які можуть призвести до поломок та відмов в роботі.

Аварійне відключення та захист від перегріву: перетворювачі напруги обладнані системами аварійного відключення та захисту від перегріву. У випадку виявлення несправностей або занадто високої температури вони можуть автоматично відключити живлення, захищаючи електричні компоненти від пошкоджень.

Перехід на резервний джерело живлення: деякі електроробочі машини оснащені системами переходу на резервне джерело живлення. Перетворювачі напруги координують цей процес, забезпечуючи безперебійний перехід на резервний акумулятор чи інше джерело енергії в разі відмови основного джерела.

Захист від перепадів напруги: перетворювачі також виконують функцію захисту від перепадів напруги у електричній мережі. Вони стабілізують вихідну напругу, щоб уникнути можливих негативних впливів, таких як збої в роботі електричних систем або втрати даних.

1.2 Автоматизація в системах управління

Автоматизація в системах управління є стратегічним напрямком вдосконалення технічних систем, в тому числі і в контексті управління електроробочими. Цей процес полягає в імплементації різноманітних технічних та програмних засобів для забезпечення автоматичного контролю, регулювання та оптимізації різних процесів.

Автоматизація в системах управління електроробочими є критично важливою для досягнення високої продуктивності та ефективності. Вона дозволяє забезпечити точне та швидке реагування на зміни у внутрішньому та зовнішньому середовищі.

Роль автоматизації у підвищенні ефективності та безпеці: Автоматизація допомагає оптимізувати роботу електроробочого, забезпечуючи оптимальне використання ресурсів та мінімізацію енергоспоживання. Також вона сприяє підвищенню рівня безпеки завдяки автоматичним системам управління рухом та уникнення аварійних ситуацій.

Переваги застосування автоматизованих систем в електроробочих: Використання автоматизованих систем дозволяє покращити точність руху електроробочого, забезпечуючи точне позиціонування та навігацію в просторі. Це робить можливим ефективне виконання завдань та оптимальне використання робочого часу.

Підтримка електродвигунів: автоматизація включає в себе розвиток систем управління електродвигунами, що грає важливу роль у забезпеченні оптимальної роботи та продуктивності електроробочих. Автоматичне керування обертальними моментами та швидкістю дозволяє ефективно реагувати на зміни у завданнях.

Забезпечення ефективної роботи: автоматизація систем управління допомагає досягти ефективної роботи електроробочих у різних умовах робочого середовища, забезпечуючи адаптивність та гнучкість у вирішенні завдань.

Актуальні технічні вимоги до автоматизованих систем: розвиток технологій вимагає вдосконалення автоматизованих систем, враховуючи сучасні вимоги до швидкодії, точності та взаємодії з іншими системами електроробочого апарату.

Автоматизація в системах управління стає дорогоцінним інструментом для оптимізації роботи електроробочого апарату, підвищення їхньої продуктивності та забезпечення безпеки в процесі експлуатації. Ретельний аналіз та впровадження сучасних автоматизованих рішень стає важливим етапом у вдосконаленні технічних систем управління.

1.2.1 Обґрунтування важливості автоматизації в системах управління

Автоматизація в системах управління є однією з ключових складових успішної та ефективної експлуатації технічних систем, зокрема у сфері управління електроробочими апаратами 1.4.

Підвищення продуктивності: автоматизація дозволяє підвищити продуктивність електроробочого апарату шляхом автоматичного виконання рутинних завдань, таких як переміщення вантажів або виконання певних операцій. Ефективне управління рухом та функціональністю робочих частин сприяє швидкому та точному виконанню завдань.

Зменшення втрат часу: автоматизація відсікає необхідність вручного втручання в багато задач, що дозволяє значно зменшити час виконання робіт. У контексті електроробочого апарату це означає швидше переміщення вантажів, ефективніше використання часу та збільшення загальної продуктивності.

Підвищення точності та надійності: автоматизація систем управління забезпечує високий рівень точності виконання команд, оскільки вона не піддається чинникам людського фактору. Це особливо важливо у випадках, коли точність рухів та операцій є ключовою у виконанні завдань, таких як розміщення вантажів чи маневрування в обмеженому просторі.

Забезпечення безпеки: автоматизація дозволяє виконувати завдання без

прямого втручання людини, що може бути особливо важливим у випадках, коли є ризик небезпечних умов чи потенційних аварій. Системи автоматичного управління можуть ефективно реагувати на небезпечні ситуації та миттєво вживати заходів для забезпечення безпеки.

Економія енергії: автоматизовані системи можуть оптимізувати використання енергії, пристосовуючи її споживання відповідно до реальних потреб. Це призводить до зменшення витрат енергії та підвищення ефективності використання ресурсів.

Адаптованість до змін: автоматизація робить системи управління більш адаптивними до змінних умов експлуатації. Вони можуть швидко адаптуватися до нових завдань, отримувати оновлення програмного забезпечення та оптимізувати свою діяльність згідно з поточними потребами.

Зниження витрат: хоча впровадження автоматизації може вимагати ініціальних витрат, в довгостроковій перспективі це може призвести до зниження загальних витрат на управління та експлуатацію електроробочарів через збільшення продуктивності та зменшення потреб у людських ресурсах.

Усі ці аспекти вказують на те, що автоматизація в системах управління електроробочарами має стратегічне значення, сприяючи покращенню ефективності, безпеки та ефективного використання ресурсів.

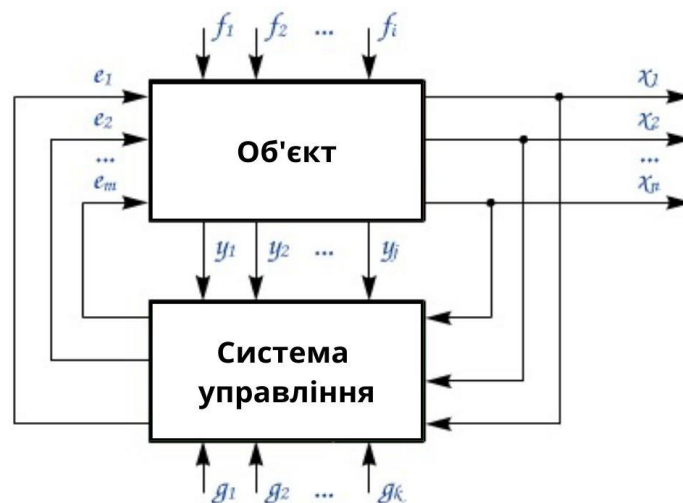


Рисунок 1.4 – Схема що показує ключеві елементи автоматизації

1.2.2 Роль автоматизації у підвищенні ефективності та безпеці в системах управління електроробочими

Автоматизація в системах управління електроробочими є важливим елементом, спрямованим на досягнення високого рівня ефективності та безпеки в їхній експлуатації. Розглянемо роль автоматизації з позицій підвищення продуктивності та забезпечення безпеки у різних аспектах управління електроробочими.

Автоматичне керування рухом, автоматизоване керування рухом дозволяє ефективно керувати траєкторією руху електроробочого від точки А до точки Б. Системи GPS та навігації дозволяють точно визначити місцезнаходження та визначити оптимальний маршрут, що підвищує швидкість та ефективність пересування.

Автоматизація операцій взаємодії з вантажами, ефективне керування вантажами є ключовим аспектом управління електроробочими.

Автоматизація систем управління дозволяє оптимізувати процеси підйому, переміщення та вивантаження вантажів, забезпечуючи точність та швидкість виконання операцій.

Системи виявлення перешкод та уникнення аварій: автоматизовані системи виявлення перешкод забезпечують нейронне спостереження за оточуючим середовищем. Це дозволяє реагувати на небезпечні ситуації та уникати аварійних ситуацій, підвищуючи безпеку як для самого робочого процесу, так і для оточення.

Системи автоматичного регулювання швидкості та прискорення: Автоматизовані системи регулювання швидкості дозволяють дотримуватися оптимальних параметрів руху в різних умовах. Це сприяє економії енергії та підвищенню терміну служби робочих елементів електроробочого.

Забезпечення ефективного використання енергії: автоматизовані системи управління дозволяють оптимізувати витрати енергії, регулюючи режими роботи електроробочого відповідно до завдань та умов. Це важливо

для забезпечення ефективного використання енергійних ресурсів та підвищення екологічної стійкості.

Системи аварійного відключення: автоматизовані системи аварійного відключення можуть автоматично виявляти небезпеку та вмикають заходи захисту, щоб уникнути аварійних ситуацій. Це важливо для забезпечення безпеки як для електроробочика, так і для персоналу.

Усі ці аспекти автоматизації в системах управління електроробочиками не лише сприяють підвищенню продуктивності, але і роблять експлуатацію більш безпечною та надійною. Автоматизація відкриває нові можливості для оптимізації та покращення функціонування електроробочих систем у різних сферах використання.

1.2.3 Переваги застосування автоматизованих систем в електроробочиках

Автоматизація в електроробочиках є ключовим елементом для досягнення високого рівня ефективності, надійності та безпеки в їхній експлуатації. Розглянемо ряд переваг застосування автоматизованих систем в контексті електроробочих транспортних засобів.

Підвищення ефективності експлуатації: автоматизовані системи дозволяють ефективно використовувати ресурси електроробочика, оптимізуючи маршрути руху, швидкість та режими роботи. Це призводить до підвищення продуктивності та зменшення часу на виконання завдань.

Зниження витрат енергії: автоматизовані системи управління дозволяють ефективно регулювати витрати енергії, пристосовуючи їх до реальних потреб. Це не лише сприяє зменшенню енергозатрат, але й підвищує автономію роботи електроробочика на одному заряді.

Оптимізація вантажних операцій: автоматизовані системи керування дозволяють точно та ефективно виконувати операції підйому, переміщення та вивантаження вантажів. Це призводить до скорочення часу на виконання

складських та виробничих завдань.

Підвищення безпеки: системи автоматизації виявлення перешкод та системи автоматичного управління дозволяють уникати аварій та забезпечувати безпеку руху електроробочого. Вони спроможні реагувати на небезпечні ситуації та уникати зіткнень.

Автоматизована система навігації: системи GPS та інші засоби автоматизованої навігації дозволяють точно визначати місцезнаходження електроробочого та планувати оптимальні маршрути. Це підвищує точність руху та рівень автономії.

Системи діагностики та технічного обслуговування: автоматизовані системи надають можливість моніторингу та діагностики стану електроробочого. Вони виявляють можливі поломки чи знос елементів та надають можливість планувати та виконувати технічне обслуговування.

Адаптованість до різних умов: автоматизовані системи роблять електроробочого більш адаптивними до різних умов експлуатації. Вони можуть ефективно пристосовуватися до різних завдань та умов роботи.

Підвищення продуктивності робочого персоналу: автоматизація вивільняє робочий персонал від рутинних операцій, дозволяючи їм фокусуватися на вищорівневих та творчих завданнях. Це підвищує загальний рівень продуктивності.

Екологічна ефективність: зменшення витрат енергії та оптимізація використання ресурсів за допомогою автоматизованих систем дозволяє зменшити вплив електроробочого на навколишнє середовище, забезпечуючи екологічну ефективність.

Враховуючи ці переваги, застосування автоматизованих систем в електроробочих стає ключовим етапом вдосконалення їхньої функціональності, надійності та відповідальності в різних галузях промисловості та складського господарства.

1.3 Блок перетворювача в електроробочарі

Блок перетворювача у складі електроробочара виконує ключову роль у процесі живлення та управління електричними системами. Давайте розглянемо структуру, функції та технічні вимоги до цього блоку для забезпечення ефективної роботи електроробочара.

1.3.1 Структура та функції блока перетворювача

Блок перетворювача є ключовим компонентом в системі живлення електроробочарів, відповідаючи за ефективне перетворення та розподіл електроенергії для різних компонентів та систем транспортного засобу. Розглянемо структуру та функції цього блоку для кращого розуміння його ролі та впливу на роботу електроробочара.

Структура блока перетворювача в електроробочарі: технічні деталі та Функції.

Блок перетворювача в електроробочарі представляє собою складний комплекс електричних елементів, які взаємодіють для забезпечення ефективного перетворення та розподілу електроенергії.

Інвертори відіграють важливу роль у системі живлення електроробочара. Вони відповідають за перетворення постійного струму (DC), який надходить від батареї, в змінний струм (AC), необхідний для електродвигунів.

DC/DC Конвертери: ці конвертери забезпечують зміну рівня напруги постійного струму в системі, оптимізуючи її для потреб різних електричних систем електроробочара. Ключові елементи: котушки індуктивності, конденсатори та перетворювачі напруги.

Трансформатори вони використовуються для зміни рівня напруги та струму системі живлення та передачі електроенергії.

Ключові елементи обмотки, магнітні сердечники для магнітної ізоляції

та зміни параметрів струму.

Блок перетворювача в електроробочарі виконує важливі функції, визначаючи ефективність та стабільність всієї системи живлення. Подробно розглянемо ключові функції цього блока, які забезпечують безперебійну та оптимізовану роботу транспортного засобу 1.5.

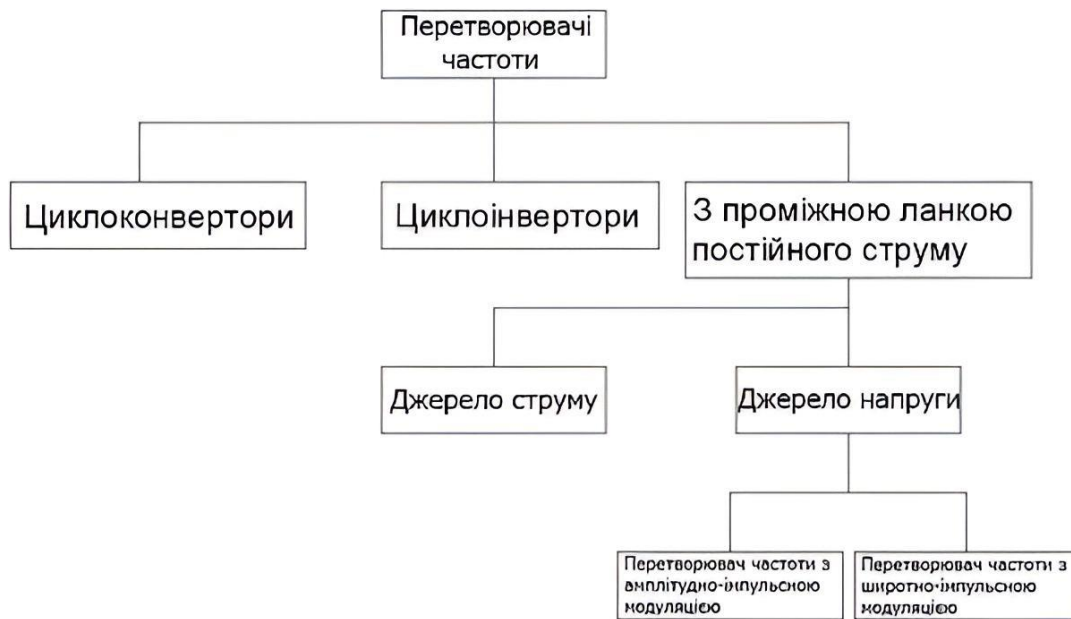


Рисунок 1.5 – Схема структури блока перетворювача

Постачання енергії електродвигунам: інвертори у складі блока перетворювача перетворюють енергію з батареї, яка зберігається у формі постійного струму (DC), в змінний струм (AC), який потрібний для живлення електродвигунів. Це дозволяє забезпечити рух електроробочара.

Стабілізація та регулювання напруги: регулятори напруги грають ключову роль у стабілізації та підтримці оптимального рівня напруги в електричній системі. Вони забезпечують стійкість живлення для всіх компонентів, що виключає можливість пошкодження або некоректної роботи систем.

Оптимізація використання електроенергії: DC/DC конвертери, входячи до складу блока перетворювача, грають важливу роль у зміні рівня напруги

постійного струму. Це дозволяє оптимізувати використання електроенергії, забезпечуючи ефективніше живлення різних систем електроробочого апарату.

Зміна параметрів струму: трансформатори в блоку перетворювача відповідають за зміну параметрів струму, забезпечуючи відповідність різним електричним компонентам електроробочого апарату. Це важливо для врахування різноманітних потреб системи в енергії.

Контроль та захист: контрольні та захисні пристрої відіграють критичну роль у забезпеченні безперебійної роботи системи. Вони надають можливість виявлення неполадок та автоматичного відновлення нормального режиму роботи.

Енергоефективність: блок перетворювача повинен дотримуватися високих стандартів енергоефективності, максимізуючи конвертацію електроенергії та мінімізуючи втрати в процесі перетворення.

Адаптація до змінних умов: блок повинен мати можливість адаптації до різноманітних умов роботи. Це включає в себе автоматичне регулювання параметрів для оптимальної продуктивності в різних сценаріях.

Функціональна робота блока перетворювача визначає ефективність та надійність електроробочого апарату. Забезпечуючи правильне живлення всіх систем, цей блок є ключовою частиною електричного транспортного засобу, сприяючи оптимальній енергоефективності та довгому терміну його служби.

1.3.2 Значення блока перетворювача для ефективної роботи електроробочого апарату

Блок перетворювача в електроробочому апараті виконує критичну роль у забезпеченні ефективної та надійної роботи транспортного засобу. Нижче розглянемо ключове значення цього блока для оптимізації функціонування електроробочого апарату.

Ефективне використання електроенергії стає важливим аспектом в розробці та експлуатації електроробочих апаратів. Блок перетворювача відіграє

ключову роль у забезпеченні, що кожен витратний елемент електроробочого отримує оптимальну кількість електроенергії для максимально ефективної роботи. Розглянемо детально, як блок перетворювача впливає на ефективність використання електроенергії:

Конвертація та витрати: перетворювач відповідає за конвертацію енергії зі збереженої в батареї в електроенергію, яку може використовувати електроробочий. Важливою частиною цього процесу є мінімізація втрат в процесі конвертації. Використання високоефективних елементів та оптимізація алгоритмів управління дозволяють забезпечити високий коефіцієнт конвертації та мінімізувати втрати енергії.

Управління навантаженням: блок перетворювача взаємодіє з усіма електричними системами електроробочого, управляючи навантаженням і розподіляючи енергію відповідно до потреб. У режимі реального часу, він адаптується до змін у робочому режимі та інтенсивності використання, максимізуючи продуктивність електроробочого та мінімізуючи енерговитрати.

Термінова реакція на зміни: однією з важливих функцій блока перетворювача є швидка та точна реакція на зміни у потребах системи. Забезпечуючи термінове регулювання параметрів електроенергії, він гарантує, що кожен вузол системи отримує необхідну кількість енергії, уникнувши втрат та підвищуючи ефективність.

Система енергозбереження: вбудовані алгоритми управління енергозбереженням дозволяють блоку перетворювача оптимізувати роботу електроробочого в режимі очікування або під час періодів низької активності. Це допомагає зберегти енергію для більш інтенсивних робочих періодів.

Керування зарядом батареї: блок перетворювача активно взаємодіє з системою управління зарядом батареї, забезпечуючи оптимальний режим заряду. Це важливо для забезпечення тривалого життя батареї та збереження її енергетичної ємності на високому рівні.

Ефективне використання електроенергії є однією з ключових переваг електроробочих, оснащених високоефективним та інтелектуальним блоком

перетворювача. Цей підхід дозволяє максимізувати продуктивність та економію електроенергії, зменшуючи вплив на навколишнє середовище та забезпечуючи тривалий та надійний робочий процес. Стабільність та стійкість напруги в контексті блока перетворювача електроробочара 1.6.



Рисунок 1.6 – Графік ефективності роботи електродвигунів

Стабільність та стійкість напруги є критичними аспектами в забезпеченні ефективної та безпечної роботи електроробочара. Блок перетворювача, який включає в себе регулятори напруги, відіграє важливу роль у підтримці оптимальної напруги в електричній системі. Давайте розглянемо, як це досягається та чому це так важливо.

Роль регуляторів напруги: блок перетворювача обладнаний регуляторами напруги, які мають завдання зберігати та стабілізувати напругу в електричній системі електроробочара. Це досягається за допомогою різних технологій, таких як підтримання постійного струму (ПС) або змінного струму (ЗС) на виході, щоб забезпечити оптимальні умови для роботи всіх електричних систем.

Захист від верхніх та нижніх значень: регулятори напруги мають вбудовані захисні механізми, щоб уникнути перевищення або зниження

напруги пониженого рівня. Це дозволяє уникнути пошкодження електричних пристроїв та компонентів, які можуть виникнути внаслідок неправильного рівня напруги.

Забезпечення сталого живлення: стабільність напруги забезпечує стале живлення всіх електричних пристроїв та систем електроробочого апарату. Це особливо важливо в умовах змінної інтенсивності роботи та змінних умов живлення, таких як використання різних джерел електроенергії.

Уникнення електромагнітних змін: стабільність напруги допомагає уникнути електромагнітних змін, які можуть виникнути при різких коливаннях напруги. Це має суттєве значення для забезпечення безперебійної роботи електроніки та електричних систем електроробочого апарату.

Вплив на довговічність компонентів: стабільність напруги сприяє подовженню терміну служби електричних компонентів та електроніки електроробочого апарату. Перевантаження або падіння напруги може призвести до прискореного зносу та виходу з ладу обладнання.

Загалом, стабільність та стійкість напруги, забезпечені блоком перетворювача, визначають надійність, ефективність та безпеку електроробочого апарату в умовах різноманітних робочих сценаріїв та експлуатаційних умов. Це надає операторам впевненість в стабільній та ефективній роботі електроробочого апарату в будь-якому середовищі.

Оптимізація роботи електродвигунів в контексті блока перетворювача електроробочого апарату оптимізація роботи електродвигунів є важливим аспектом для підвищення ефективності та продуктивності електроробочого апарату. Блок перетворювача відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного живлення електродвигунів та максимізації їх робочих характеристик. Розглянемо основні аспекти оптимізації роботи електродвигунів через призму блока перетворювача.

Частотне керування: блок перетворювача може забезпечити частотне керування електродвигунами, що дозволяє точно регулювати швидкість обертання. Це особливо корисно при роботі в різних умовах та в різних

завданнях.

Регенеративне гальмування: блок перетворювача може підтримувати регенеративне гальмування, перетворюючи енергію, втрачену під час гальмування, у електроенергію, яку можна повторно використати. Це сприяє збереженню енергії та зниженню впливу на гальмівну систему.

Адаптація до навантаження: блок перетворювача може адаптувати роботу електродвигунів до різного навантаження, забезпечуючи оптимальні умови роботи в будь-який момент часу. Це особливо важливо для ефективного використання електроробочого апарату в умовах змінної інтенсивності роботи.

Точність та керування вектором: застосування точного керування вектором дозволяє ефективно керувати роботою електродвигунів у всіх режимах роботи. Це забезпечує точність та стабільність у керуванні рухом електроробочого апарату.

Моніторинг та діагностика: блок перетворювача може включати системи моніторингу та діагностики, які дозволяють вчасно виявляти потенційні проблеми з електродвигунами та забезпечувати їх оперативний ремонт.

Оптимізація роботи електродвигунів через блок перетворювача дозволяє досягти максимальної продуктивності та ефективності роботи електроробочого апарату. Використання високотехнологічних рішень у керуванні енергією сприяє ефективному використанню ресурсів та зниженню впливу на навколишнє середовище.

Безперебійна робота електроробочого апарату є важливим аспектом для забезпечення продуктивності та безпеки в різноманітних умовах експлуатації. Блок перетворювача виконує ключову роль у цьому процесі, забезпечуючи стабільне живлення та оптимальні умови для роботи всіх систем. Розглянемо, як вдосконалення блока перетворювача сприяє безперебійності роботи електроробочого апарату.

Стабільність напруги: блок перетворювача має завдання забезпечити стабільність напруги в електричній системі електроробочого апарату. Це особливо важливо для уникнення непередбачуваних вимкнень або відключень, що

можуть виникнути внаслідок нестабільної електропостачання.

Система резервування: вдосконалений блок перетворювача може включати системи резервування, які автоматично активуються в разі виявлення несправностей або перебоїв в роботі основного обладнання. Це гарантує безперебійну роботу навіть у випадках аварій або відмов.

Регенерація енергії: регенеративна система блока перетворювача може перетворювати втрачену енергію під час гальмування або зниження швидкості на електроенергію, яка потім використовується для живлення інших систем. Це дозволяє ефективно використовувати ресурси та зберігати енергію.

Діагностика та прогнозування: удосконалений блок перетворювача обладнаний системами моніторингу та діагностики, які вчасно виявляють потенційні проблеми та надають інформацію для прогнозування можливих відмов. Це дозволяє проводити профілактичний ремонт та уникати несправностей.

Автоматичне перемикання режимів: блок перетворювача може мати систему автоматичного перемикання між різними режимами роботи в разі виявлення аномалій або відмов. Це забезпечує безперебійну роботу електроробочара в умовах зміни експлуатаційних умов.

Захист від перенапруги та перенавантаження: блок перетворювача включає в себе захисні механізми для уникнення перенапруги та перенавантаження, що можуть призвести до виходу з ладу електричного обладнання. Це гарантує безперебійну роботу навіть у надзвичайних ситуаціях.

Загалом, вдосконалення блока перетворювача сприяє створенню надійного та безперебійного живлення для електроробочара, що є ключовим чинником в забезпеченні його ефективної роботи в різних умовах та сценаріях використання.

1.4 Висновки до першого розділу

Проведено аналіз електроробочих і транспортних засобів, особливо електроробочих автомобілів, перетворювачі напруги відіграють ключову роль у життєвому циклі та функціонуванні систем електроживлення. Нижче подано висновки з аналізу перетворювачів напруги в контексті електроробочих.

Висока потужність та ефективність електроробочі автомобілі вимагають високопотужних та ефективних перетворювачів напруги для забезпечення енергії для руху та роботи різноманітних систем. Такі перетворювачі дозволяють оптимізувати роботу та ефективність електроробочого устаткування.

Системи зарядки та керування батареєю використання перетворювачів напруги в електроробочих автомобілях дозволяє ефективно керувати процесами зарядки батарей та підтримувати їхній оптимальний рівень напруги для забезпечення тривалого часу роботи.

Динамічне регулювання напруги ефективні перетворювачі напруги дозволяють динамічно регулювати рівень вихідної напруги в залежності від потреб електроробочого обладнання, що забезпечує оптимальні умови живлення для різних елементів системи.

Стійкість до змін напруги перетворювачі напруги дозволяють забезпечити стійкість та захист електроніки електроробочого автомобіля від можливих змін напруги, які можуть виникнути внаслідок різних умов роботи.

Використання високоефективних технологій застосування сучасних технологій у перетворювачах напруги дозволяє підвищити ефективність систем електроживлення та знизити втрати енергії, що особливо важливо в контексті роботи електроробочих машин.

Узагальнюючи, перетворювачі напруги в електроробочих автомобілях виконують важливі функції забезпечення живлення, зарядки батарей та оптимізації використання електроенергії, що сприяє підвищенню продуктивності та стійкості у роботі електротранспорту.

2 ОБГРОНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ

2.1 Вплив перетворювача напруги на підвищення ефективності електроробочарів

Перетворювач напруги є ключовим компонентом у системі живлення електроробочарів, і його вплив на ефективність цих транспортних засобів надзвичайно значущий.

Ефективність конвертації енергії в перетворювачах напруги електроробочарів: ефективність конвертації енергії є одним із ключових показників, визначаючих ефективність та продуктивність електроробочарів 2.1. Перетворювачі напруги виконують важливу роль у цьому процесі, перетворюючи електричну енергію з батарей в енергію, яка може бути використана для живлення електродвигуна та інших компонентів системи. Давайте розглянемо основні аспекти ефективності конвертації енергії в перетворювачах напруги для електроробочарів.

Напівпровідникові технології сучасні перетворювачі напруги широко використовують напівпровідникові технології, які відрізняються високою ефективністю конвертації енергії. Вони забезпечують менше втрат енергії під час конвертації, що сприяє підвищенню загальної продуктивності електроробочара.

Максимізація потужності ефективні перетворювачі напруги максимізують потужність, яка подається на електродвигун. Це особливо важливо для забезпечення високої продуктивності та здатності електроробочара до швидкого руху, особливо при перевезенні великих вантажів.

Стабільність та регулювання ефективність конвертації енергії визначається також стабільністю та можливістю регулювання напруги. Стабільна напруга дозволяє уникнути перенапруг та забезпечити оптимальну

роботу електродвигуна та інших систем.

Мінімізація втрат: важливим аспектом є мінімізація втрат енергії під час конвертації. Сучасні технології дозволяють знижувати теплові втрати та підтримувати оптимальну температуру працюючих компонентів.

Керування тепловим режимом: ефективні перетворювачі напруги мають системи керування тепловим режимом, які відповідають за оптимізацію роботи та охолодження пристрою. Це дозволяє уникнути перегріву та зберегти ефективність в умовах різних навантажень.

Модульність та гнучкість: модульність перетворювачів надає гнучкість у використанні та можливість швидко впроваджувати нові технології та покращення без необхідності повної заміни системи.

Використання оптимальних матеріалів: оптимальний вибір матеріалів для компонентів перетворювача також впливає на ефективність конвертації енергії.

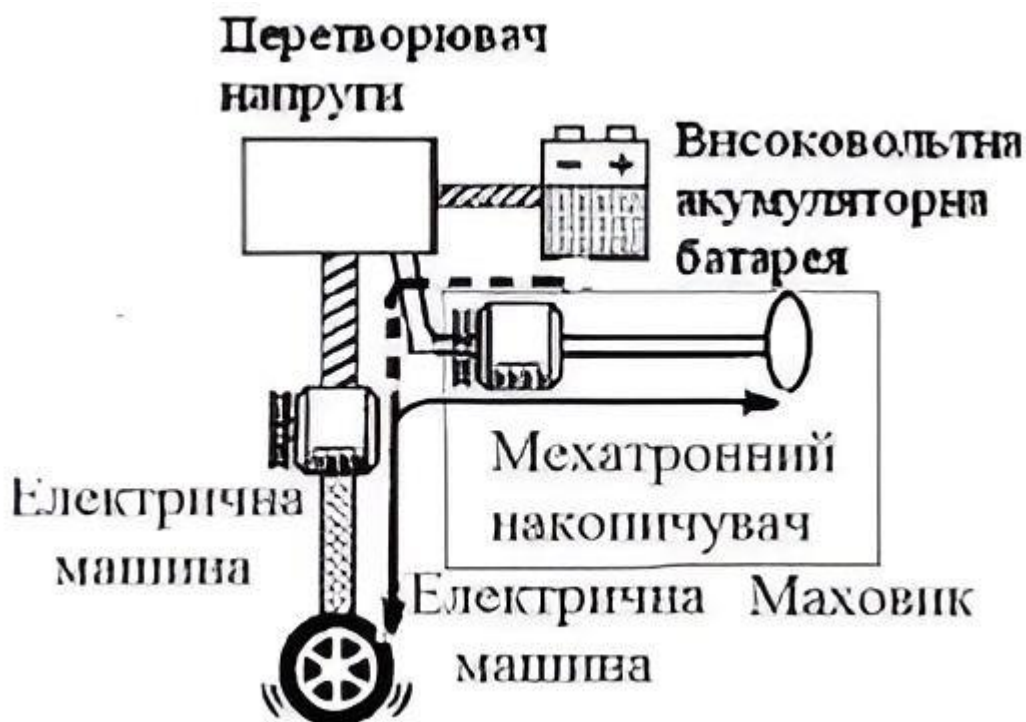


Рисунок 2.1 – Вплив перетворювача напруги на підвищення ефективності

Загалом, висока ефективність конвертації енергії у перетворювачах

напруги є критичною для оптимальної роботи електроробочара та забезпечення його високої продуктивності та надійності.

Стабілізація напруги в перетворювачах напруги електроробочарів: стабільність напруги є важливим аспектом роботи електроробочарів, а функція стабілізації напруги перетворювача є визначальною для забезпечення надійності та ефективності електричної системи. Розглянемо ключові аспекти стабілізації напруги у перетворювачах напруги.

Значення стабільної напруги: стабільна напруга є основною вимогою для нормальної роботи електроробочара. Нерівномірності в напрузі можуть викликати непередбачувані зміни в роботі електричних компонентів та можуть призвести до збоїв у роботі системи.

Технічні рішення для стабілізації: перетворювачі напруги використовують технічні рішення для забезпечення стабільності напруги, такі як системи регулювання, фільтрації та компенсації. Ці рішення дозволяють підтримувати оптимальну напругу в умовах різних режимів роботи.

Роль системи керування: система керування перетворювачем напруги відіграє ключову роль у підтримці стабільності. Вона моніторить напругу та вчасно реагує на зміни, забезпечуючи надійну роботу електричної системи.

Захист від перенапруги та перенапруги: сучасні перетворювачі обладнані системами захисту, які уникатимуть перенапруг та перенапруги, що можуть виникнути внаслідок різних факторів, таких як різка зміна навантаження або несправності в електричній мережі.

Адаптація до різних робочих умов: ефективні перетворювачі напруги можуть адаптуватися до різних робочих умов, таких як коливання напруги від джерел живлення, що дозволяє електроробочару безперебійно пристосовуватися до різних середовищ.

Стабілізація під час зміни навантаження: зміни в навантаженні можуть впливати на напругу, і ефективні перетворювачі здатні швидко реагувати на ці зміни, підтримуючи стабільність напруги.

Мінімізація витрат: важливим аспектом є мінімізація витрат напруги під

час її стабілізації. Технології зниження втрат дозволяють ефективно використовувати енергію та забезпечують більшу продуктивність.

Стабілізація напруги у перетворювачах визначає його здатність забезпечити стабільність електричної системи та додає до загальної надійності та продуктивності електроробокара.

Рекуперація енергії в системі перетворювача напруги електроробокарів: рекуперація енергії є важливою функцією перетворювачів напруги в електроробокарах, яка дозволяє оптимізувати використання електроенергії та підвищити ефективність системи.

Основні принципи рекуперації: рекуперація енергії полягає у зборі та переробці електричної енергії, яка виникає під час гальмування або сповільнення електроробокара. Замість того, щоб втрачати цю енергію у вигляді тепла, вона конвертується та повертається в батарею для подальшого використання.

Технічні аспекти рекуперації: перетворювачі напруги в електроробокарах використовують спеціальні технічні рішення для ефективною рекуперації енергії. Це може включати в себе використання регенеративних та енергоефективних систем.

Збереження енергії в батареї: рекуперована енергія передається в батарею для подальшого використання. Цей процес дозволяє ефективно використовувати енергію, яка в інших випадках б втратилася.

Автоматичне управління рекуперацією сучасні системи автоматичне управління перетворювачем напруги можуть регулювати рівень рекуперації залежно від умов дороги, навантаження та інших параметрів руху.

Моделювання та оптимізація рекуперації: інтелектуальні системи управління можуть моделювати роботу рекуперації в реальному часі та оптимізувати її параметри для максимальної вигоди.

Рекуперація енергії є ключовою технологією для підвищення продуктивності і та довговічності електроробокарів, що відіграє важливу роль у створенні екологічності та сталості транспортних систем 2.2.

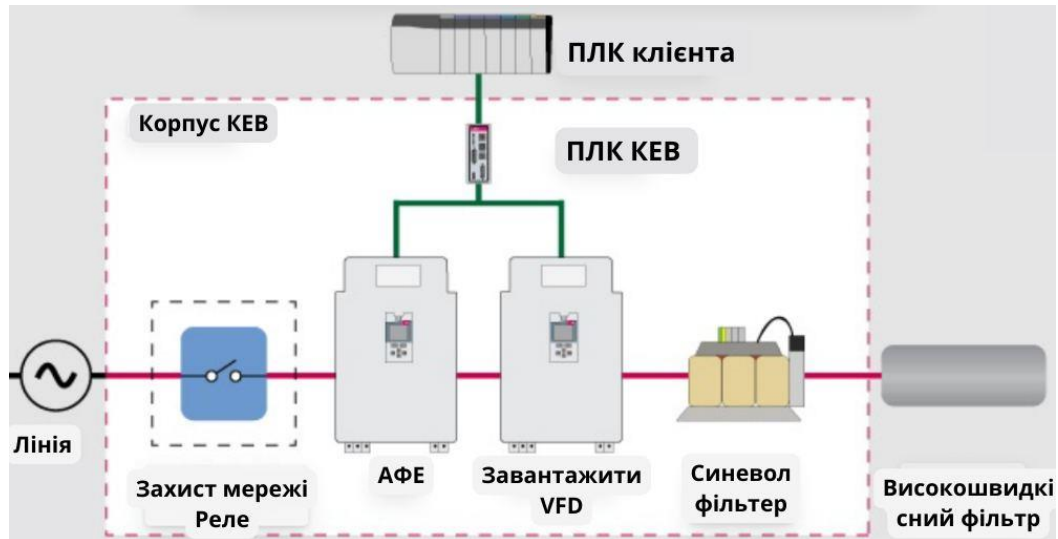


Рисунок 2.2 – Процес рекуперації енергії за допомогою перетворювача напруги

Термальний контроль в перетворювачах напруги електроробочарів термальний контроль у перетворювачах напруги електроробочарів визначається потребою управління тепловими процесами для забезпечення надійності та довговічності системи.

Основні виклики термального контролю: робота перетворювача напруги супроводжується великою енергетичною втратою, що може призводити до значного нагрівання. Термальний контроль призначений для управління цим тепловим виробленням та забезпечення оптимальних умов роботи.

Системи Охолодження ефективні перетворювачі напруги включають в себе системи охолодження, які можуть використовувати вентилятори, радіатори чи рідинне охолодження. Ці системи спрямовані на відведення тепла, що виникає внаслідок електричних процесів.

Теплові датчики та моніторинг управління температурою здійснюється за допомогою теплових датчиків, розташованих в ключових точках перетворювача. Ці датчики передають дані системі моніторингу, яка визначає оптимальні параметри роботи.

Регулювання робочої температури термальний контроль автоматично регулює робочу температуру перетворювача, утримуючи її на безпечному та ефективному рівні. Це може включати в себе зміну швидкості вентиляторів або регулювання потужності охолодження.

Захист від перегріву термальний контроль забезпечує захист від перегріву, автоматично знижуючи потужність або вживаючи інші заходи для уникнення пошкоджень внаслідок високих температур.

Моніторинг динаміки тепловироблення сучасні системи термального контролю можуть моніторити динаміку тепловироблення в реальному часі та пристосовувати параметри охолодження для максимальної ефективності.

Інтеграція із системою керування: термальний контроль інтегрований із системою автоматизованого управління, що дозволяє оптимізувати роботу перетворювача напруги в різних умовах роботи.

Максимальна ефективність та довговічність: забезпечуючи ефективний термальний контроль, перетворювач напруги демонструє максимальну ефективність та має підвищену довговічність, зменшуючи ризик витрат та поломок.

Термальний контроль в перетворювачах напруги електроробочарів є критичним елементом для забезпечення стабільності роботи та тривалого терміну служби електричних систем.

Модульність та гнучкість в перетворювачах напруги електроробочарів: модульність та гнучкість є важливими характеристиками перетворювачів напруги в електроробочарах, оскільки вони визначають спроможність системи влаштуватися під різноманітні завдання та умови експлуатації.

Модульність означає розділення системи на невеликі незалежні модулі чи блоки, які можуть функціонувати самостійно та легко замінюватися або модернізуватися. У перетворювачах напруги це може бути реалізовано через використання модульних блоків для інверторів, регуляторів напруги та інших ключових компонентів.

Переваги модульності перетворювачах напруги для електроробочарів

Легкість обслуговування модульні системи полегшують процес обслуговування, оскільки у разі виявлення несправностей можна швидко замінити лише той модуль, який потребує ремонту. Це робить процес діагностики та виправлення помилок більш швидким та ефективним.

Масштабованість сприяє масштабованості системи. Додавання або вилучення модулів дає можливість змінити потужність та функціональність системи в залежності від конкретних вимог або змінних умов роботи.

Ефективність ремонту у випадку виявлення дефекту можна провести точну локалізацію та заміну лише несправного модулю, що значно скорочує час, необхідний для виправлення проблеми, та зменшує витрати на обслуговування.

Сумісність із змінами технологій модульні системи легше адаптуються до змін у технологіях. При виникненні нових технологічних вирішень їх можна впроваджувати у вигляді нових модулів без необхідності повного перепроектування системи.

Зменшення вартості власності модульні системи забезпечують зменшення вартості власності за рахунок легкості ремонту, оновлення та можливості використання сучасних технологій без значних інвестицій.

Гнучкість розвитку модульність дозволяє системі легко адаптуватися до нових вимог та вдосконалень. Завдяки цьому можна швидко реагувати на зміни в ринкових умовах та впроваджувати інновації.

Мінімізація витрат на заміну окремих модулів, а не всієї системи, дозволяє економити витрати, що особливо важливо у випадку великих та складних систем електроживлення.

Всі ці переваги підкреслюють важливість модульності в розробці та використанні перетворювачів напруги для забезпечення стабільної та ефективної роботи електроробочарів.

Гнучкість в перетворювачах напруги для електроробочарів: гнучкість у перетворювачах напруги визначається їх здатністю ефективно адаптуватися до різноманітних умов та вимог, що виникають у процесі експлуатації

електроробочарів. Розглянемо основні аспекти гнучкості в контексті перетворювачів напруги адаптивність до різноманітних завдань.

Гнучкість дозволяє перетворювачам напруги адаптуватися до різних завдань та режимів роботи. Вони можуть ефективно працювати в різних умовах експлуатації, включаючи різноманітні ступені навантаження, швидкості руху та інші фактори.

Можливість швидкого переналаштування гнучкість дозволяє швидко змінювати параметри та налаштування перетворювача напруги для відповіді на зміни у робочому середовищі чи завданнях. Це забезпечує оптимальну ефективність та продуктивність у різних сценаріях.

Сумісність із змінами технологій гнучкість враховує можливість швидкої інтеграції нових технологій. Перетворювачі напруги можуть підтримувати сучасні технології та стандарти, а також легко впроваджувати нові інноваційні рішення.

Підтримка інновацій та розвиток гнучкість у перетворювачах напруги дозволяє ефективно впроваджувати інновації. Шляхом змін та модернізацій вони можуть підтримувати високий рівень технологічного розвитку та відповідати вимогам сучасного ринку.

Інновації в галузі перетворювачів напруги відіграють ключову роль у розвитку сучасних систем електроживлення для електроробочарів. Давайте розглянемо, як інновації сприяють розвитку цих технологій.

Використання високоефективних компонентів: інновації дозволяють використовувати передові технології та високоефективні компоненти у перетворювачах напруги. Впровадження нових матеріалів та конструкцій підвищує ефективність перетворювачів, зменшуючи втрати енергії та підвищуючи їх продуктивність.

Розвиток сучасних керуючих систем: інноваційні керуючі системи дозволяють реалізувати складні алгоритми та стратегії управління напругою. Застосування передових алгоритмів забезпечує точний та стабільний вихід напруги, що є критичним для надійності системи.

Вдосконалення топологій та дизайну: інновації дозволяють розробляти нові топології та дизайни перетворювачів, що оптимізують їхню структуру та функціональність. Це може включати в себе використання мульти-рівневих інверторів, або інші технічні рішення для підвищення продуктивності.

Інтеграція засобів керування та моніторингу: інновації сприяють інтеграції засобів керування та моніторингу. Застосування передових систем віддаленого моніторингу та діагностики дозволяє забезпечити ефективне обслуговування та управління перетворювачами.

Розвиток технологій збереження енергії: інновації включають в себе розвиток технологій збереження енергії, таких як високоефективні батареї та конденсатори. Це дозволяє перетворювачам ефективно взаємодіяти з системами збереження енергії та оптимізувати їх роботу.

Адаптація до змін в споживанні електроенергії: інновації дозволяють створювати перетворювачі, які можуть ефективно пристосовуватися до змін в споживанні електроенергії, забезпечуючи оптимальну роботу в різних умовах використання.

Інновації та постійний розвиток є ключовими для створення високоефективних, стабільних та енергоефективних перетворювачів напруги, які відповідають сучасним вимогам та викликам електромобільного сектору.

Мінімізація втрат енергії в перетворювачах напруги для Електроробочарів.

Однією з ключових задач у сучасному проектуванні перетворювачів напруги для електроробочарів є мінімізація втрат енергії. Ця проблема стає особливо важливою, оскільки вплив ефективності перетворювача напруги на продуктивність та дальність ходу електроробочара є критичним для їхньої успішності. Розглянемо основні аспекти мінімізації втрат енергії у перетворювачах напруги:

Ефективність компонентів забезпечення використання високоефективних компонентів у перетворювачах є важливим кроком для мінімізації втрат енергії. Використання передових матеріалів та технологій

дозволяє знизити опір та інші фактори, що сприяють втратам.

Топології з низькими втратами розробка та використання топологій перетворювачів, які мають низькі втрати, грає ключову роль у забезпеченні ефективності системи. Мульти-рівневі інвертори та інші топології можуть допомагати у мінімізації втрат.

Оптимізація робочого режиму алгоритми управління та регулювання напруги повинні бути оптимізовані для роботи в умовах, що забезпечують мінімальні втрати енергії. Динамічне адаптивне керування може підтримувати оптимальний робочий режим.

Оптимальне розташування компонентів розташування компонентів у перетворювачі має важливе значення для зниження теплових втрат. Ефективне розташування та системи охолодження допомагають у підтримці низьких температур та зниженні втрат.

Тепловий контроль системи теплового контролю, такі як системи охолодження або регульовані теплові радіатори, можуть забезпечити ефективне ведення тепла та зменшення втрат енергії через нагрівання компонентів.

Використання високочастотних технологій використання високочастотних технологій в деяких компонентах, таких як трансформатори чи індуктивності, може допомагати у зниженні втрат енергії.

Удосконалені керуючі алгоритми розвиток керуючих алгоритмів, які забезпечують точне регулювання напруги та струму, може сприяти зниженню втрат енергії у перетворювачах.

Мінімізація втрат енергії в перетворювачах напруги для електроробочарів є важливим завданням, щоб забезпечити ефективну роботу та максимальний ресурс електроживлення. Заходи, спрямовані на оптимізацію, технологічний розвиток та використання передових рішень, сприяють досягненню цілей.

2.2 Актуальність та перспективи розвитку перетворювачів напруги в електроробочарі

Сучасний розвиток електромобільності і наповнення транспортної системи електроробочарами визначають актуальність дослідження та розвитку перетворювачів напруги для цих транспортних засобів. Запит наступного покоління перетворювачів, які будуть володіти вищою ефективністю.

Системи електроживлення та їхні компоненти, зокрема перетворювачі напруги, стають ключовими складовими для забезпечення стабільної та ефективної роботи електроробочарів. Поєднання компактності, високої потужності та вищої ефективності роботи вже сьогодні стає важливим завданням для автомобільних виробників.

Перспективи розвитку: вдосконалення топологій перетворювачів напруги в електроробочарах вдосконалення топологій перетворювачів напруги є ключовим напрямком розвитку в сучасних технологіях, зокрема в електроробочарах. Це спрямовано на досягнення оптимальної ефективності, мінімізацію втрат енергії та покращення загальної продуктивності. Розглянемо основні аспекти вдосконалення топологій:

Мульти-рівневі інвертори використання мульти-рівневих інверторів є однією з перспективних топологій, оскільки вони дозволяють піднятися вище за традиційні однорівневі структури. Вони знижують гармоніки струму та напруги, сприяючи зменшенню втрат та підвищенню ефективності.

Зворотні Перетворювачі застосування зворотних перетворювачів для реалізації рекуперації енергії під час гальмування чи спуску є іншою перспективою. Це дозволяє повертати енергію до системи та зменшує втрати.

М'яке Перемикання зозробка та впровадження технологій м'якого перемикання для елементів перетворювачів дозволяє зменшити втрати від комутації, що сприяє підвищенню ефективності та тривалості роботи.

Інтеграція інтелектуальних керуючих алгоритмів вдосконалення топологій передбачає інтеграцію інтелектуальних керуючих алгоритмів, які

адаптивно регулюють параметри перетворювача залежно від умов роботи та завдань, що сприяє оптимальній ефективності.

Компактні та інтегровані рішення розвитку компактних та інтегрованих технічних рішень дозволяє зменшити розмір та вагу перетворювачів, що є важливим фактором для автомобільних застосувань.

Нові матеріали та технології використання нових матеріалів та технологій, таких як SiC (карбід кремнію) та GaN (галій-нітрид), відкриває можливості для підвищення робочої частоти та зниження втрат.

Розробка технологій збереження енергії: інтеграція перетворювачів з передовими технологіями збереження енергії, такими як суперконденсатори чи твердотільні батареї, сприятиме підвищенню ефективності та стабільності.

Всі ці напрямки вдосконалення топологій перетворювачів напруги в електроробочарах вказують на постійний прогрес у сфері розробки та впровадження технологій, спрямованих на оптимізацію роботи та ефективності електротранспорту.

Використання високочастотних компонентів у перетворювачах напруги для електроробочарів: Використання високочастотних компонентів є ключевим аспектом вдосконалення перетворювачів напруги для електроробочарів. Високочастотність вимагає особливих підходів та компонентів, які забезпечують оптимальну роботу системи.

Високочастотні потужні перетворювачі використання високочастотних перетворювачів дозволяє зменшити розміри та вагу системи, оскільки це дозволяє використовувати менше та легше матеріали. Крім того, високочастотність сприяє зменшенню величини індуктивних та ємнісних елементів.

Використання компактних компонентів з високочастотними системами ефективно використання компактних та легких компонентів стає ключем до оптимізації простору та забезпечення ефективної роботи.

Сучасні перетворювачі магнітного поля використання сучасних матеріалів у перетворювачах магнітного поля дозволяє працювати на високих частотах, що забезпечує високий ККД та зменшення втрат енергії.

Твердотільні конденсатори та діоди: високочастотність вимагає використання швидких твердотільних компонентів, таких як конденсатори та діоди, для ефективної обробки та зниження втрат енергії.

Сучасні напівпровідникові технології: використання сучасних технологій виготовлення напівпровідникових компонентів (наприклад, SiC та GaN) дозволяє створювати ефективні та швидкодіючі перетворювачі з високою стійкістю до високочастотного впливу.

Високочастотне керування: забезпечення точного та швидкодіючого керування елементами системи на високих частотах дозволяє досягати більшої точності та надійності роботи.

Забезпечення електромагнітної сумісності: розробка перетворювачів, що забезпечують електромагнітну сумісність, дозволяє запобігати негативним впливам високочастотних компонентів на інші електронні системи та спрощує процес сертифікації.

Використання високочастотних компонентів у перетворювачах напруги для електроробочарів є ключовим аспектом для забезпечення їх ефективності та стабільності. Ці технологічні рішення сприяють створенню компактних, легких та високоефективних електроробочарів, що відповідають вимогам сучасної техніки.

Розширення функціональності перетворювачів напруги в електроробочарах є важливою складовою для підвищення їх продуктивності, надійності та функціональних можливостей. Нижче розглянемо ключові аспекти цього напрямку.

Множинні режими роботи: розширення функціональності передбачає можливість перетворювача працювати у різних режимах в залежності від умов експлуатації. Наприклад, ефективна робота як у режимі зарядки, так і у режимі рекуперації енергії.

Активне управління вихідним напругою функціональність активного управління вихідною напругою дозволяє автоматично регулювати параметри в

залежності від потреб системи, що призводить до оптимізації енергоспоживання та підвищення ефективності.

Захист від перенапруг розширення функціональності включає заходи безпеки, такі як захист від перенапруг, що забезпечує надійну роботу перетворювача та інших систем в умовах змін напруги.

Інтеграція з системами керування можливість інтеграції перетворювача з системами керування електроробочаром дозволяє отримувати дані про стан системи, що є важливим для ефективного управління.

Термальне управління функціональність термального управління дозволяє вчасно реагувати на збільшення температури, забезпечуючи оптимальні умови для роботи електроробочара.

Системи діагностики та моніторингу розширення функціональності передбачає використання систем діагностики та моніторингу, що дозволяє вчасно виявляти та усувати можливі несправності, підвищуючи надійність системи.

Розширення функціональності перетворювачів напруги в контексті електроробочарів спрямоване на створення інтелектуальних та високоефективних систем, що задовольняють сучасні вимоги до технологічного розвитку.

Інтеграція з технологіями збереження енергії в перетворювачах напруги для електроробочарів інтеграція з технологіями збереження енергії в перетворювачі напруги для електроробочарів є ключовою для оптимізації та забезпечення ефективного використання електроенергії. Розглянемо основні аспекти цієї інтеграції.

Літій-іонні акумулятори інтеграція з технологіями літій-іонних акумуляторів дозволяє перетворювачеві працювати з цим типом акумуляторів, що є популярними та високоефективними в енергозбереженні.

Суперконденсатори використання суперконденсаторів в якості технології збереження енергії дозволяє перетворювачу забезпечувати більш швидке та ефективне вирівнювання споживаної та виробленої енергії.

Технології регенерації енергії інтеграція з технологіями регенерації енергії дозволяє перетворювачу оптимально використовувати енергію, яка виникає під час гальмування або спуску.

Функції управління розрядом забезпечення можливості управління розрядом акумуляторів чи інших систем збереження енергії дозволяє оптимізувати роботу електроробокара в різних умовах.

Інтелектуальне управління зарядом/розрядом інтеграція інтелектуального управління зарядом та розрядом дозволяє оптимізувати ці процеси відповідно до потреб системи та умов роботи.

Системи енергозбереження при паркуванні застосування технологій, які забезпечують ефективне управління енергією під час паркування, сприяє подовженню часу автономної роботи електроробокара.

Використання відновлювальних джерел енергії інтеграція з відновлювальними джерелами енергії, такими як сонячні панелі чи вітряні турбіни, дозволяє перетворювачу отримувати додаткову енергію для системи.

Інтеграція з технологіями збереження енергії покликана забезпечити максимально ефективне та стабільне використання електроенергії в електроробокарах, що є критичним для них.

Розробка енергоефективних матеріалів для перетворювачів напруги в електроробокарах: розробка енергоефективних матеріалів в контексті перетворювачів напруги для електроробокарів включає в себе ряд ключових аспектів, які спрямовані на підвищення їхньої ефективності та надійності. Розглянемо основні напрямки цієї розробки.

Підвищення провідності матеріалів: енергоефективні матеріали повинні володіти високою електричною провідністю для забезпечення мінімальних втрат енергії під час передачі струму в перетворювачі.

Оптимізація теплопередачі: розробка матеріалів, які ефективно відводять тепло, є критичною для забезпечення стійкої роботи перетворювача напруги при високих навантаженнях.

Використання магнітних матеріалів: використання спеціальних магнітних матеріалів у ядрах трансформаторів може сприяти підвищенню ефективності електромагнітних перетворювачів.

Стійкість до високих температур: розробка матеріалів, які здатні зберігати свої властивості при високих температурах, є важливою для ефективної роботи перетворювача напруги в умовах інтенсивного навантаження.

Легкі та компактні конструкції: використання легких та компактних матеріалів сприяє зменшенню ваги та обсягу перетворювача, що важливо для підтримки мобільності електроробочого апарату.

Екологічна перспектива: розробка матеріалів з екологічною чистотою та відсутністю токсичних компонентів важлива з точки зору сталого розвитку та відповідального використання ресурсів.

Надійність та довговічність: розробка матеріалів, які володіють високою надійністю та довговічністю, є ключовою для забезпечення тривалої та безперебійної роботи перетворювача напруги.

Вплив на кінцевий користувач: врахування того, як вибір матеріалів впливає на кінцевого користувача електроробочого апарату, дозволяє підтримувати оптимальні характеристики та забезпечувати задоволення від використання техніки.

Розробка енергоефективних матеріалів для перетворювачів напруги є важливою складовою для досягнення високої продуктивності та стійкої роботи електроробочих апаратів в різних умовах експлуатації.

2.3 Висновки до другого розділу

Аналіз та порівняння перетворювачів напруги в контексті електрокара

У світі електророботів використовуються різні типи перетворювачів напруги, включаючи постійного та змінного струму. Вибір конкретного типу залежить від вимог конкретної робототехнічної системи.

Напругові діапазони різні електророботи можуть вимагати різних напругових рівнів для ефективної роботи. Тому важливо враховувати напругові діапазони, які може забезпечити конкретний перетворювач та які відповідають вимогам системи.

Енергоефективність енергоефективність перетворювачів грає ключову роль у тривалості функціонування робототехнічних систем. Оптимальний вибір перетворювача дозволяє максимізувати використання енергії та зменшити енерговитрати.

Підсумовуючи, аналіз та порівняння перетворювачів напруги в електророботах варто проводити, враховуючи специфіку конкретного застосування, технічні вимоги та обмеження ресурсів, що може забезпечити оптимальну та ефективну роботу системи.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ МОДУЛЯ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ БЛОКУ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОРОБОКАРА

3.1 Загальний принцип роботи перетворювача напруги

Принцип роботи перетворювача напруги, описаного в огляді, базується на використанні електромагнетичних принципів. Коли електричний струм протікає через провідник, виникає магнітне поле, чий напрямок залежить від напрямку струму. Зміна струму спричиняє зміну магнітного поля. Сила цього магнітного поля пропорційна силі струму та кількості витків в котушці.

Цей принцип також використовується в перетворювачах постійного струму, які використовують магнітні компоненти, наприклад, індуктивності, для регулювання напруги. Змінний струм у котушці породжує магнітне поле, що впливає на потік струму та генерує напругу.

Одним з недоліків пов'язаний із напругою в перетворювачах, може виникнути через нестабільність вихідної напруги при зміні умов роботи, таких як висока частота або великі вхідні напруги. Це може спричинити великі флуктуації напруги на виході, що може негативно позначитися на ефективності та надійності підключених електричних пристроїв. Нестабільність вихідної напруги може викликати неправильну роботу чутливих електронних пристроїв та привести до їхнього пошкодження або неправильного функціонування.

Мікроконтролер, який згадується в описі, використовується для контролю та регулювання вихідної напруги. Він використовує вбудовані таймери та компаратори для визначення частоти та форми сигналу, що впливає на ефективність перетворювача.

Загалом, описаний пристрій використовує принципи електромагнетизму для створення та регулювання напруги, що дозволяє ефективно жити різноманітні електронні пристрої.

Електричний струм, який проходить через провідник, породжує магнітне поле, а його напрямок залежить від напрямку струму. Це поле формується рухом електронів, кожен з яких є джерелом магнітного поля. Зміна струму призводить до зміни магнітного поля.

Отримана індукційна напруга може бути використана для живлення електричних пристроїв. Для цього використовують перетворювачі напруги, які модифікують рівень напруги з одного значення на інше. Зокрема, змінний струм, що генерується внаслідок індукції, може бути перетворений в стабільну постійну напругу.

Перетворювачі напруги широко використовуються в електроніці, забезпечуючи необхідне живлення для різноманітних пристроїв. Цей принцип дозволяє здійснювати ефективне використання енергії та забезпечувати сталу напругу для безперебійного функціонування різноманітних електронних пристроїв.

Сила магнітного поля пропорційна інтенсивності струму і залежить від кількості витків в котушці. Згідно з законом Ома, струм можна визначити як відношення напруги до опору. Цей закон є фундаментальним для розрахунків електричних схем.

Рух електронів через провідник породжує магнітне поле, і його напрямок залежить від напрямку струму. Магнітне поле створюється кожним рухаючимся електроном, що виступає джерелом цього явища. Зміна струму призводить до зміни інтенсивності магнітного поля. Сила цього поля пропорційна інтенсивності струму та залежить від кількості витків в котушці. Закон Ома визначає величину струму як відношення напруги до опору. Цей закон виступає основою для розрахунків у схемах електричних колій.

Магнітне поле, що виникає при русі електронів через провідник, обумовлене напрямком струму. Кожен електрон виступає джерелом цього

магнітного поля, і зміна сили струму призводить до зміни інтенсивності цього поля. Сила магнітного поля пропорційна силі струму та кількості витків у котушці. Закон Ома визначає величину струму як відношення напруги до опору, і ця основоположна принципова норма використовується для розрахунків у електричних схемах.

Вплив електричного струму на провідник породжує магнітне поле, причому його напрямок залежить від напрямку руху струму. Кожен електрон в провіднику виступає джерелом цього магнітного поля, і зміна струму призводить до відповідної зміни магнітного поля. Сила цього поля пропорційна силі струму та кількості витків у котушці. Закон Ома дозволяє визначити величину струму як відношення напруги до опору, і він є ключовим при розрахунках електричних схем.

Завдяки суміші магнітних полів від різних провідників можна підсилити силу магнітного поля. Це застосовується, наприклад, в обмотках котушок. Перетворення електричної енергії у магнітну та навпаки є ключовим для численних електричних пристроїв.

Електричний струм, що протікає через провідник, генерує магнітне поле, і його напрямок залежить від напрямку струму. Це поле виникає в результаті руху електронів, кожен з яких є джерелом магнітного поля. Зміна сили струму викликає відповідні зміни у магнітному полі.

Сила магнітного поля пропорційна силі струму та кількості витків в котушці. За законом Ома можна визначити величину струму як відношення напруги до опору. Цей закон є основоположним у розрахунках електричних схем.

За рахунок суміші магнітних полів від кількох провідників можна підсилити силу магнітного поля. Це застосовується, наприклад, в обмотках котушок. Перетворення електричної енергії в магнітну та навпаки є ключовим для численних електричних пристроїв.

Магнітне поле, що виникає при подачі напруги на катушку індуктивності, забезпечує виконання роботи. Це поле дозволяє підняти

металевий предмет, такий як стальна викрутка, за допомогою використання електромагнітної сили.

Однак при подачі напруги та утворенні магнітного поля в катушці індуктивності виникає ряд процесів. Перш ніж рубильник буде увімкнено, електрони від джерела електродвигуна не надходять в провідник, що утворює катушку. Це призводить до того, що ток не може миттєво збільшитися, оскільки електрони утруднюють його рух від джерела електродвигуна.

Однак після певного часу магнітне поле досягає свого максимуму та перестає зростати, якщо рубильник залишається увімкненим. При цьому, оскільки магнітне поле залишається незмінним, "зустрічні" електрони не утворюються, і ток досягає свого максимального значення.

Після від'єднання рубильника магнітне поле знову починає зменшуватися. При цьому зменшення магнітного поля знову перетинає витки провідника, і утворюються "зустрічні" електрони, але цього разу їх рух відбувається в тому ж напрямку, що й ток від джерела електродвигуна.

Електрична катушка, спілкуючись з магнітним полем, викликає генерацію електричного струму в провіднику. Це ключове явище знаходить своє використання в функціонуванні електромагнітів.

Використання електромагнітів розглядається в зв'язку із феноменом взаємодії катушки індуктивності з магнітним полем. Це ефективне використання основоположного явища, де магнітне поле стимулює генерацію електричного струму в провіднику.

Це явище стає ключовим у роботі електромагнітів, пристроїв, що перетворюють електричний струм в магнітне поле і навпаки. При збільшенні магнітного поля катушки індуктивності, наприклад, під час подачі напруги, вона може виконувати корисну роботу, таку як піднімання металевих предметів. Це принциповий момент у функціонуванні електромагнітів, використовуваних у різноманітних технічних пристроях.

Електричні величини – це напруга і сила струму, які вимірюються у вольтах і амперах відповідно. Визначення потужності здійснюється за

допомогою множення напруги на силу струму. Ця величина є ключовою для функціонування численних електричних пристроїв.

Магнітне поле може викликати рух електронів у провіднику, породжуючи електричний струм. Коли магнітне поле змінюється, струм також змінюється. Такий принцип дії використовується у трансформаторах та генераторах. При взаємодії магнітного поля та провідника, катушка індуктивності може створювати електромагніт, який використовується, наприклад, для підняття металевих предметів.

Магнітне поле, перетинаючи провідник, викликає рух електронів та породжує електродинамічні явища. Це демонструється електродвиженням в провіднику, що знаходиться в магнітному полі.

Електромагніт працює завдяки обміну енергії між електричним та магнітним полями. При включенні та виключенні електричного кола спостерігаються зміни в магнітному полі, що викликають генерацію електричного струму в провіднику.

Електричний струм, протікаючи через провідник, генерує магнітне поле, а його напрямок залежить від напрямку струму. Поле створюється рухом електронів, кожен з яких є джерелом магнітного поля. Зміна струму призводить до зміни магнітного поля. Сила магнітного поля пропорційна силі струму та кількості витків в котушці.

Катушка індуктивності, створена з декількох кілець провідника, може виконувати роботу завдяки магнітному полю, яке утворюється при подачі напруги. За допомогою такої конструкції можна підняти металевий предмет, такий як стальна викрутка.

Магнітне поле, перетинаючи провідник, стимулює рух електронів та породжує електродинамічні явища. Це демонструється електродвиженням в провіднику, що знаходиться в магнітному полі. Робота електромагніту забезпечується обміном енергії між електричним та магнітним полями. Під час включення і виключення електричного кола спостерігаються зміни в

магнітному полі, що викликають генерацію електричного струму в провіднику.

Величинами в електриці є напруга і сила струму, які вимірюються вольтами і амперами відповідно. Можна визначити потужність, перемноживши напругу на силу струму – ключовий параметр для багатьох електричних пристроїв.

Також слід враховувати, що магнітне поле, яке перетинає провідник, може стимулювати рух електронів, спричиняючи електродинамічні явища. Це демонструється електродвиженням в провіднику в магнітному полі. Робота електромагніту ґрунтується на обміні енергії між електричним і магнітними полями, що може виявитися в генерації електричного струму при включенні та виключенні електричного кола.

Котуш індуктивності, що скручена кільцями, має такі властивості. Взаємоіндукція грає важливу роль в роботі котушки індуктивності. При подачі напруги на котушку не відбувається миттєве досягнення максимального значення струму. Це затримання струму виникає через взаємоіндукцію – явище, при якому магнітне поле, що формується при подачі напруги, сприяє появі електронів, що рухаються в протилежному напрямку до основного потоку.

Самоіндукція також є ключовим аспектом роботи котушки індуктивності. При відключенні напруги з котушки, напруга на її виводах продовжує існувати ще протягом певного часу. Це виникає через самоіндукцію, коли зменшуючися магнітне поле знову перетинає витки котушки, викликаючи появу нових електронів, які рухаються в тому ж напрямку, що і від джерела електродвигуна. Це явище забезпечує тимчасове утримання напруги після відключення електричного живлення.

Взаємоіндукція та самоіндукція відіграють важливу роль у функціонуванні котушок індуктивності. Наприклад, взаємоіндукція застосовується в фільтрах імпульсних джерел живлення, де вона допомагає регулювати струм та напругу. З іншого боку, самоіндукція знаходить широке

використання у системах запалювання внутрішнього згоряння бензинових двигунів, де котушка запалювання використовує це явище для генерації високого напруги для запалювання свічки.

Серцевина, або магнітопровід, котушки індуктивності грає ключову роль у забезпеченні концентрації магнітного поля в межах заданих параметрів. Виготовляють її з матеріалів, таких як трансформаторна сталь чи ферит, що дозволяє значно зменшити розміри котушки, при цьому забезпечуючи ефективну роботу.

Розглянемо Ш-подібний магнітопровід з двома обмотками – синьою та червоною. При подачі напруги на синю обмотку, магнітне поле сприяє появі струму, протилежного до основного потоку, через взаємоіндукцію. Також виникає напруга в червоній обмотці через самоіндукцію, але це тимчасове явище, оскільки при насиченні серцевина втрачає свою індуктивність, а синя обмотка стає активним опором. Це важливо при розробці трансформаторів, де насичення серцевини може призвести до небажаних ефектів.

Магнітопровід може бути виготовлений з різних матеріалів, таких як трансформаторна сталь або ферит. Вибір матеріалу залежить від конкретних вимог до властивостей котушки. Трансформаторна сталь ідеально підходить для низькочастотних пристроїв, тоді як ферит ефективний при високочастотних застосуваннях.

В данному експерименті використовується Ш-подібний магнітопровід з двома обмотками – синьою та червоною. При подачі напруги на синю обмотку, магнітне поле сприяє появі струму, протилежного до основного потоку, через взаємоіндукцію. Також виникає напруга в червоній обмотці через самоіндукцію. При знятті напруги ток через синю обмотку припиняє протікання, але напруга на обмотках зберігається, оскільки магнітні лінії продовжують перетинати витки обмоток.

Переключення пакетника в інше положення викликає зменшення магнітного поля, що призводить до подальшого перетинання магнітних ліній з витками обмоток. Напруга в синій обмотці зникає, але напруга в червоній

триває деякий час, бо магнітні лінії сприяють виникненню напруги в обох обмотках.

Таке експериментальне устрійство можна використовувати для демонстрації принципу роботи трансформатора. У трансформаторі синя обмотка може бути первинною, а червона - вторинною. Кількість витків впливає на співвідношення напруг в обмотках. Якщо витків в синій обмотці більше, трансформатор буде понижувальним, і навпаки. Важливо уникати насичення серцевини магнітопроводу, оскільки це може призвести до негативних ефектів.

3.2 Удосконалення компактного перетворювача напруги

Пристрій є компактним преобразувачем напруги, спроектованим для конвертації постійної напруги вхідного сигналу з первинного рівня до підвищеної напруги на виході. Важливою особливістю цього пристрою є його відповідність розмірам традиційної батареї "Крона", що робить його ідеальним для заміни вимірювальних приладів, що працюють в автономному режимі.

Головним джерелом живлення є набір літій-іонних акумуляторів, дозволяючи використовувати прості та легкі енергоелементи. Також передбачена можливість використання акумуляторів Ni-MH того ж типорозміру, що забезпечує високий рівень екологічності та додатковий ресурс використання пристрою.

Важливим показником є коефіцієнт перетворення напруги в межах 66...81%, що свідчить про високий рівень ефективності пристрою. Це дозволяє максимально використовувати енергію вихідного джерела та забезпечує стабільний вихідний сигнал при перетворенні.

Понадто, важливо відзначити, що пристрій розроблений з урахуванням сучасних технологічних вимог і використовує передові компоненти для забезпечення надійності та довговічності його функціонування.

Мікроконтролер ATtiny13A-SU, який виступає як центральний елемент управління, обрано за його високу продуктивність та можливість ефективного контролю електричних параметрів.

Унікальний аспект пристрою полягає в тому, що він може підтримувати роботу як з одноразовими, так і з перезаряджуваними елементами живлення, що розширює його функціональність та відкриває можливості для екологічно збалансованого використання.

Загальною метою розробки є не лише створення пристрою з високими технічними характеристиками, але і його впровадження в сучасне вимірювальне обладнання, сприяючи підвищенню енергоефективності та функціональності таких пристроїв в умовах автономного живлення.

Схема пристрою, представлена на рис. 3.1, ілюструє складові та принципи роботи. Ключовим елементом є мікроконтролер ATtiny13A-SU (DD1), який оптимізовано для використання в пристроях з обмеженим живленням. Застосування внутрішнього RC-генератора для тактування мікроконтролера гарантує ефективну роботу при низьких напругах живлення.

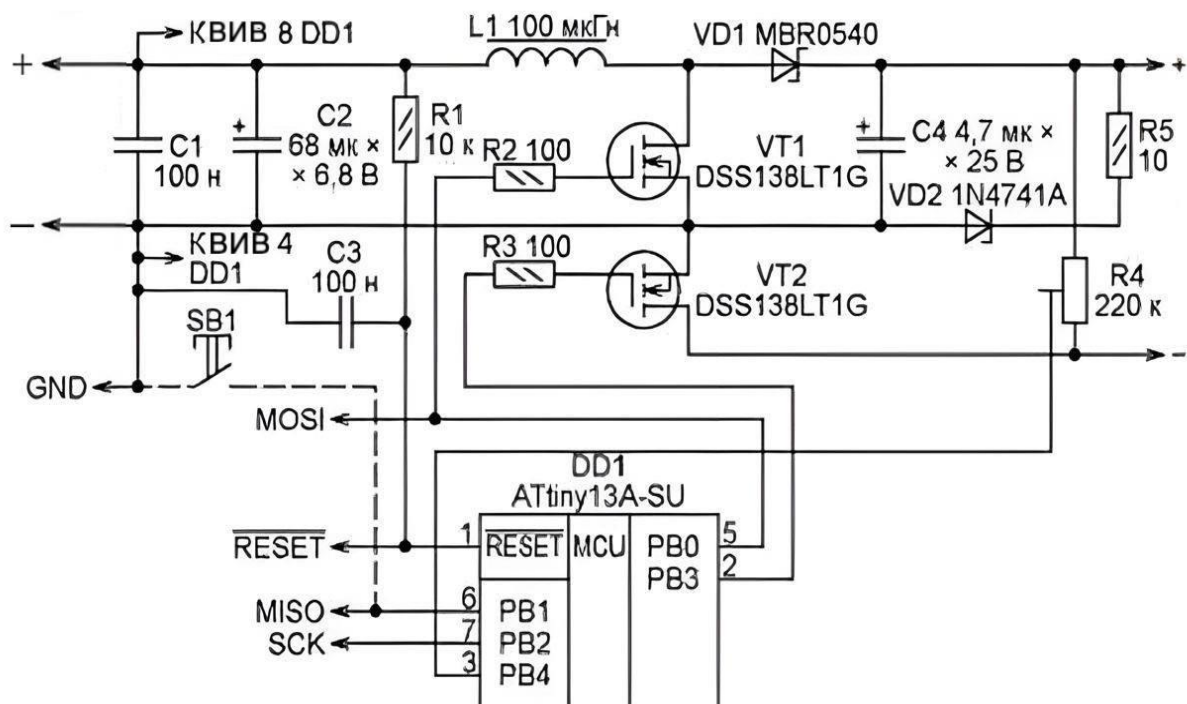


Рисунок 3.1 – Схема перетворювача

Підвищуючий перетворювач напруги використовує транзистор VT1, дросель L1, діод Шотки VD1 та конденсатор C4 для забезпечення стабільного виходу напруги на певному рівні. Транзистор VT2 відповідає за відключення навантаження у "сплячому" режимі мікроконтролера, що сприяє збереженню енергії та подовженню терміну служби пристрою.

Стабілітрон VD2 та резистор R5 відіграють важливу роль у захисті пристрою від можливих пошкоджень при відключенні навантаження. Застосування внутрішнього компаратора дозволяє мікроконтролеру ефективно контролювати вихідну напругу, забезпечуючи стабільність та точність перетворення.

Важливим аспектом використання внутрішнього компаратора є можливість мікроконтролера контролювати вихідну напругу з використанням вбудованого режиму вимірювання. Частина вихідної напруги подається на вхід PB4 мікроконтролера через подстроечний резистор R4. Це дозволяє мікроконтролеру в режимі входу встроєного компаратора визначати рівень вихідної напруги та вживати відповідних заходів для підтримання стабільності напруги на виході.

Всі елементи пристрою вплановано на платі розміром 48 мм x 26 мм, використовуючи фольгований двосторонній стеклотекстоліт. При цьому ретельно розміщені контакти для підключення живлення, що врізані в плату з листової латуні, забезпечують надійне з'єднання елементів живлення з пристроєм.

Застосування оксидних конденсаторів типорозміру D, а також інших елементів стандарту 1206 для поверхневого монтажу, свідчить про використання передових технологій у процесі монтажу, що підвищує якість та надійність пристрою.

Ця система підвищення напруги становить інноваційний підхід до забезпечення сталого живлення вимірювальних пристроїв і відзначається високим рівнем функціональності та оптимальним використанням енергії в контексті автономних додатків.

Оксидні конденсатори типорозміру D використовуються для забезпечення стійкості та довговічності пристрою, а їх розміщення на платі враховується враховуючи не лише технічні аспекти, але й вимоги ергономіки та компактності.

Необхідно звернути увагу на те, що вибір дроселя L1 може значно впливати на коефіцієнт перетворення напруги. Наприклад, заміна дроселя L1 на RLB0712 призводить до збільшення КПД пристрою на 3-5%, але при цьому збільшує його габарити. Детальне обґрунтування вибору дроселя враховує технічні та конструктивні обмеження, що визначає компроміс між КПД та розмірами пристрою.

Важливим елементом є також застосування діода BAT41 або MBR0540 як VD1. Останній варіант дозволяє підняти КПД на 2%, що є додатковим плюсом для функціональності та ефективності пристрою.

У підсумку, цей перетворювач напруги представляє собою технологічно вдосконалену систему забезпечення живлення, яка поєднує високий технічний рівень та оптимальне використання ресурсів енергопостачання для забезпечення стабільності та надійності автономних вимірювальних пристроїв.

Важливо відзначити, що пристрій оптимізований для постійної роботи з постійним навантаженням, що робить його ідеальним для вимірювань, які вимагають сталого джерела енергії. Вихідна напруга, яка не стабілізована, але варіюється в залежності від вхідної напруги, вказує на гнучкість пристрою у різноманітних умовах живлення.

Приклад зниження вихідної напруги до 7,6 В при падінні вхідної до 2,5 В підкреслює адаптивність пристрою до змін у вхідних умовах. Це дозволяє пристрою ефективно працювати навіть при низьких напругах, забезпечуючи стабільність вихідної напруги та функціональність пристрою.

Особливо важливим є те, що мікроконтролер DD1 відповідає за моніторинг напруги на виході під час запуску пристрою. Цей функціонал

спрямований на оптимізацію використання енергії з первинного джерела живлення, роблячи пристрій більш ефективним та енергоефективним.

У контексті ефективного використання енергії первинного джерела живлення важливо відзначити, що мікроконтролер DD1 виконує роль інтелектуального контролера, який, аналізуючи вихідну напругу, може приймати рішення для оптимізації роботи пристрою. Це робить його особливо придатним для застосувань, де динамічні зміни в напрузі можуть бути постійно присутніми.

Підхід до перевірки напруги на виході під час запуску свідчить про систематичний підхід до управління енергетичними ресурсами. Такий механізм контролю дозволяє ефективно використовувати енергію та уникати непотрібного споживання в етапах запуску та роботи пристрою, що особливо важливо для подовження терміну служби первинного джерела живлення.

Загалом, цей підхід до управління напругою підкреслює технологічну передовість пристрою та його спроможність працювати оптимально в умовах змінних енергетичних умов.

Розміщення всіх компонентів на платі розміром 48 мм x 26 мм з фольгованого двостороннього стеклотекстоліту є стратегічною конструкційною рішенням. Її креслення і розташування деталей показані на рис. 3.2 Це забезпечує компактність та ефективність просторового розташування елементів, що важливо для забезпечення легкості інтеграції пристрою в різноманітні вимірювальні пристрої та системи.

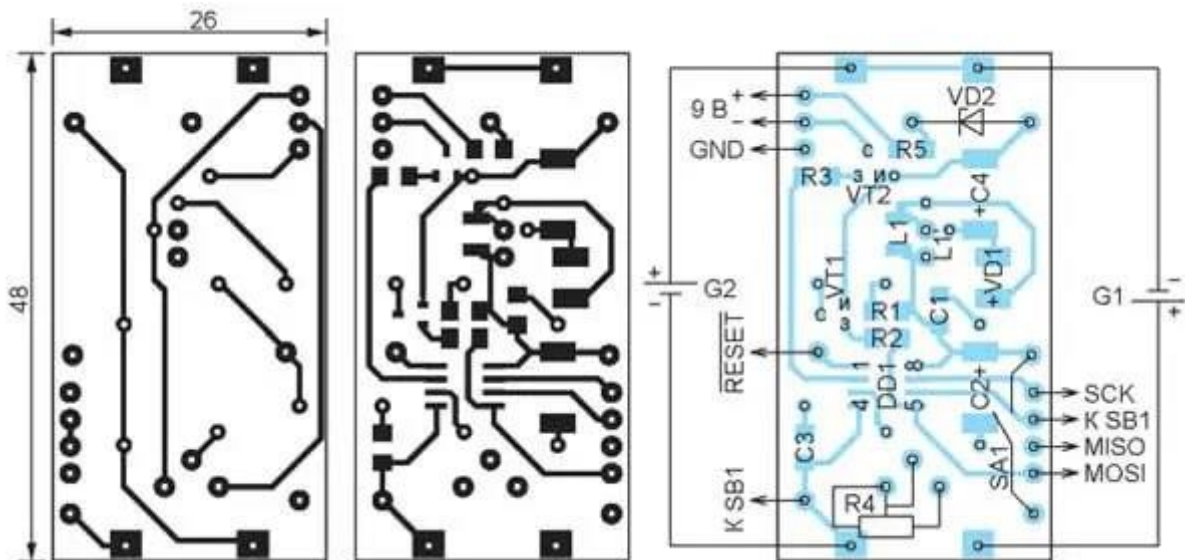


Рисунок 3.2 – Плата перетворювача та розміщення елементів на ній

Контакти для підключення елементів живлення, виготовлені зі листової латуні, додатково відзначаються своєю надійністю та стійкістю до корозії, що робить їх ідеальним вибором для забезпечення стійкого електричного з'єднання. Вони ретельно врізані в відведені для них отвори, забезпечуючи надійний та стійкий контакт з елементами живлення.

Використання оксидних конденсаторів типорозміру D та інших деталей стандарту 1206 для поверхневого монтажу підкреслює сучасний підхід до технологічного виробництва. Це дозволяє досягти оптимальної якості та надійності монтажу, що є важливим для забезпечення стабільної та довговічної роботи пристрою в різних умовах експлуатації.

Програма, що виконується на мікроконтролері, використовує його внутрішній восьмиразрядний таймер у режимі "бистра ШИМ" для забезпечення точного керування частотою повторення імпульсів. Використання "бистрого ШИМ" відображає передові можливості управління ширини імпульсів, що важливо для стабільного функціонування перетворювача напруги та забезпечення точності вихідного сигналу. Таблиця 3.1.

Задана частота повторення імпульсів ШИМ на рівні 37500 Гц при тактовій частоті мікроконтролера 9,6 МГц вказує на оптимальне використання ресурсів мікроконтролера. Це обране значення частоти сприяє високій ефективності та точності роботи пристрою, а також забезпечує швидку відповідь на зміни вхідної напруги.

Таблиця 3.1 – Стан розрядів мікроконтролера

Розряд	Сост.	Розряд	Сост.
SELPREGEN	1	WDTON	1
DWEN	1	CKDIV8	1
BODLEVEL1	1	SUT1	1
BODLEVEL0	1	SUT0	0
RSTDISBL	1	CKSEL1	1
SPIEN	0	CKSEL0	0
EESAVE	1		

1- не запрограмовано 2- запрограмовано

Аналоговий компаратор використовується для систематичного контролю напруги на виході пристрою. Це надає мікроконтролеру можливість моніторингу та адаптації до змін у вихідному напрузі, забезпечуючи стабільність та високу точність роботи пристрою в різних умовах експлуатації.

Використання внутрішнього восьмиразрядного таймера у режимі "бистра ШИМ" свідчить про технологічну витонченість програмного забезпечення мікроконтролера. Цей режим дозволяє забезпечити не лише високу точність регулювання частоти, а й ефективно керувати шириною імпульсів, що має важливе значення для забезпечення стабільності вихідного напруги.

Частота повторення імпульсів ШИМ на рівні 37500 Гц є високою і

дозволяє пристрою швидко реагувати на зміни у вхідній напрузі, забезпечуючи тим самим надзвичайну ефективність в роботі.

Застосування аналогового компаратора для перевірки напруги на виході підкреслює системний підхід до контролю та забезпечення стабільності пристрою. Ця функція дозволяє мікроконтролеру надійно визначати вихідну напругу та при необхідності коригувати параметри роботи для підтримання необхідного рівня напруги на виході.

Звертає на себе увагу організований розміщення компонентів на платі розміром 48 мм x 26 мм з фольгованого стеклотекстоліту. Це вказує на високий рівень інженерної розробки та врахування конструктивних особливостей для оптимізації розміщення елементів.

Спостереження за стороною установки елементів живлення дозволяє визначити точність і надійність виготовлення контактів із листової латуні. Це важливий аспект для забезпечення стійкого з'єднання елементів живлення з пристроєм, що є вирішальним у вимірювальних системах.

В цілому, представлені зображення ілюструють високий стандарт технічної виконаності та дбайливого ставлення до деталей у розробці даного пристрою.

Введене на вивід PB4 мікроконтролера контрольоване вихідне напруга подається на інвертуючий вхід компаратора AIN1 через мультиплексор АЦП. Стан виходу компаратора АСО перевіряється підпрограмою обробки переривань від переповнення таймера T0. Коли АСО=1, відбувається інкремент значення в регістрі порівняння таймера, що збільшує коефіцієнт заповнення імпульсів, що керують транзистором VT1 перетворювача. При АСО=0 це значення залишається незмінним, оскільки вихідна напруга вже досягла заданих 9 В.

Цей механізм зворотного зв'язку відображає високий рівень автоматизації та точності управління вихідним напругом пристрою. Використання компаратора AIN1 та подальше взаємодія з таймером T0 через

обробку переривань дозволяє ефективно регулювати вихідне напруга в залежності від потреб системи.

Коли $ASO=1$, інкремент регістра порівняння таймера вказує на необхідність збільшення часу, протягом якого вмикається транзистор VT1. Це призводить до збільшення часу тривалості імпульсів, що контролюють конвертер напруги, забезпечуючи точне регулювання вихідного рівня.

При $ASO=0$ відсутня необхідність змінювати регістр порівняння таймера, оскільки вихідна напруга вже досягла заданих 9 В. Це підтверджує стабільність та ефективність системи регулювання напруги, розробленої для даного пристрою.

Таймер вимкнення пристрою реалізований програмно і є лічильником, що декрементується при перериваннях від таймера T0. Початкове значення, яке записується в регістри цього лічильника, програма обчислює за формулою $N=Toff \cdot 37500$, де Toff – необхідна тривалість роботи пристрою до вимкнення, с; 37500 – частота повторення керуючих імпульсів, Гц. У програмі задано $Toff=900$ с (15 хв). По закінченню цього часу мікроконтролер "засинає", переходячи в режим мікропоживання енергії POWER DOWN.

Цей програмний механізм вимкнення пристрою є важливою частиною енергозберігаючої стратегії. Мікроконтролер використовує лічильник, який обраховує час до вимкнення за попередньо визначеною формулою. Параметр Toff, що представляє собою бажаний час роботи до вимкнення, встановлено на 900 секунд (або 15 хвилин).

За кожним інтервалом таймера T0, лічильник декрементується, враховуючи встановлену частоту повторення управляючих імпульсів. По завершенні визначеного часу, коли лічильник досягає нуля, мікроконтролер входить у режим мікропоживання POWER DOWN. Це дозволяє ефективно використовувати енергію та продовжувати автономну роботу пристрою.

У разі необхідності пристрій може бути активований знову з подальшим розпочатком циклу роботи. Такий підхід дозволяє зберігати енергію та продовжувати ефективну роботу пристрою в умовах обмеженого живлення.

Передбачено можливість керування пристроєм за допомогою необов'язкової кнопки SB1. Зовнішній запит переривання, який генерується при натисканні цієї кнопки, повертає "сплячий" мікроконтролер у робочий режим. А якщо натискати його при активному перетворювачі, мікроконтролер перейде з робочого в "сплячий" режим, вимкнувши пристрій. Для обслуговування кнопки в різних режимах програма створює затримки тривалістю 0,5 с. У "сплячому" режимі мікроконтролера пристрій споживає всього 6...10 мкА, тому при наявності кнопки в вимикачі SA1 немає необхідності його встановлювати, замінивши його перемичкою.

Ця функція дозволяє забезпечити гнучке управління пристроєм та зменшити його споживану енергію в режимі очікування. Кнопка SB1, як необов'язковий елемент, може використовуватися для включення чи вимкнення пристрою вручну.

При натисканні на кнопку SB1, яка підключена до мікроконтролера, викликається зовнішнє переривання, що активує робочий режим мікроконтролера. Це може бути корисно в ситуаціях, коли необхідно швидко взаємодіяти з пристроєм чи активувати його під час вимкнення.

З іншого боку, у разі натискання кнопки SB1 під час роботи перетворювача, мікроконтролер переходить в "сплячий" режим, вимикаючи пристрій. Ця функціональність дозволяє забезпечити економію енергії, що особливо важливо в умовах обмеженого джерела живлення.

Програма передбачає затримки тривалістю 0,5 с для правильного обслуговування кнопки у різних режимах роботи. У режимі "сплячого" мікроконтролера пристрій майже не споживає енергії, що робить його дуже ефективним в режимі очікування.

Якщо кнопка SB1 відсутня, то повторне увімкнення перетворювача вимикачем SA1 після того, як таймер відключення спрацює, можливо лише через дві хвилини. Протягом цього часу, при відключеному вимикачі, мікроконтролер входить в режим "сплячого" режиму та споживає енергію, накопичену в конденсаторі C2.

Ця функція призначена для оптимізації використання збереженої енергії та зниження споживаної потужності в режимі очікування. Періодичність двох хвилин для можливості повторного включення дозволяє мінімізувати витрати енергії, що може бути критичним у випадку джерела живлення з обмеженим резервом.

Ця функціональність визначає стратегію керування енергією, що дозволяє ефективно використовувати обмежений резерв конденсатора C2. При відсутності кнопки SB1, вимкнення і подальше включення перетворювача можливе лише через дві хвилини після того, як таймер відключення спрацює. Цей підхід сприяє збереженню енергії та оптимізації роботи пристрою в режимі очікування. Під час цього періоду мікроконтролер знаходиться у "сплячому" режимі, що споживає мінімальну кількість енергії, щоб забезпечити продовжену автономність пристрою.

Важливою перевагою є можливість гнучкого керування енергозбереженням, що забезпечує оптимальну продуктивність та тривалість роботи пристрою в умовах обмеженого живлення.

Перетворювач розроблено без прив'язки до конкретного типу вимірювального пристрою, який потребує напруги живлення 9 В. Модернізація такого пристрою обмежується встановленням в ньому вимикача SA1 або кнопки SB1. Для зручності їх можна підключити до перетворювача за допомогою мініатюрних роз'ємів. Зворотне підключення перетворювача до батареї "Крона" не викликає труднощів.

Ця гнучкість у використанні дозволяє впроваджувати пристрій в різноманітні вимірювальні пристрої, де потрібна стабільна напруга 9 В. Процес модернізації сводиться до простого встановлення вимикача чи кнопки, і зручність використання підсилюється можливістю підключення їх до пристрою за допомогою мініатюрних роз'ємів. Повернення до використання батареї "Крона" також легко виконується без особливих труднощів.

Після монтажу на плату всіх деталей, крім дроселя L1, і перевірки його на переривання та замикання, встановіть рухомий резистор R4 в середне

положення та переходьте до програмування мікроконтролера. Коди з файлу CONVERTER-DC2.hex, що додається до статті, повинні бути завантажені в пам'ять програм мікроконтролера. Його конфігурацію слід програмувати відповідно до таблиці. Зверніть увагу, що розряд CKDIV8, програмований виробником мікроконтролера, потрібно перепрограмувати.

Після завершення програмування мікроконтролера переходьте до подальших кроків встановлення та налаштування пристрою. Впевніться, що движок резистора R4 знаходиться в середньому положенні, а дросель L1 перевірений на відсутність переривань та замикань.

Далі, зверніть увагу на конфігурацію мікроконтролера згідно з таблицею та перевірте правильність перепрограмування розряду CKDIV8. Це важливий крок для забезпечення коректного функціонування перетворювача.

Після завершення цих етапів можна продовжити збирання та випробування пристрою. Не забудьте виконати всі необхідні перевірки та налаштування для забезпечення оптимальної роботи вашого перетворювача постійного струму.

Всі необхідні контактні площадки для підключення програматора наявні на платі. Якщо програматор працює при напрузі живлення 5 В, підведіть цю саму напругу до живлення мікроконтролера. Після успішного програмування вам потрібно буде живлення 3 В для перевірки плати.

Під час використання програматора важливо забезпечити, щоб напруга живлення була 5 В. Підключіть цю напругу до лінії живлення мікроконтролера через відповідні контактні площадки на платі.

Після успішного програмування відключіть програматор та подайте напругу 3 В на плату для подальших перевірок та випробувань. Впевніться, що всі контактні точки на платі надійно підключені, а навіть під час зміни напруги живлення вони залишаються стійкими і безпечними для подальшої роботи пристрою.

Виміряйте струм, який споживається вимірювальним приладом, який ви плануєте використовувати з перетворювача, і завантажте пристрій резистором

відповідного опору. Після встановлення на місце дроселя L1 подайте живлення на перетворювач і, регулюючи рухомий резистор R4, налаштуйте вихідну напругу, зробивши її рівною 9 В.

Переміщення рухомого резистора вниз по схемі збільшує вихідну напругу, а в протилежному напрямку - зменшує. Зверніть увагу, що програма змінює вихідну напругу лише при включенні живлення або при виході мікроконтролера з режиму "сплячого" режиму.

Здійсніть вимірювання струму, який використовується вимірювальним пристроєм, призначеним для роботи з перетворювачем. Підключіть навантаження на пристрій за допомогою резистора відповідного опору. Після встановлення дроселя L1 відновіть живлення перетворювача та, використовуючи рухомий резистор R4, налаштуйте вихідне напругу на рівень 9 В.

Рух рухомого резистора вниз по схемі збільшує вихідну напругу, в той час як вгору – зменшує. Зверніть увагу, що програма змінює вихідну напругу лише при включенні живлення або при виході мікроконтролера з режиму "сплячого" режиму. Врахуйте, що зміни в напрузі застосовуються лише під час цих подій.

Завершивши цю процедуру, важливо врахувати, що вихідна напруга буде регулюватися лише при включенні живлення або при виході мікроконтролера з режиму "сплячого" режиму. Пам'ятайте про це при подальших експлуатаційних налаштуваннях та використанні пристрою.

Упевніться, що вимірювані значення відповідають вимогам вашого вимірювального приладу, і що пристрій працює стабільно та ефективно з обраним навантаженням. Це дозволить вам забезпечити оптимальну роботу преобразователя постійного струму в конкретних умовах вашого застосування.

Вимкніть перетворювач, підключіть до нього реальне навантаження і знову ввімкніть його. Якщо напруга відрізняється від необхідної, виправте її за допомогою рухомого резистора R4. Потім виміряйте струм, який

споживається від елементів G1 і G2, і розрахуйте ККД перетворювача. На одному з виготовлених мною зразків він виявився рівним 74% при напрузі 3 В і 64% при 2 В. З перетворювачем, в якому встановлено дросель RLB0712, отримано ККД відповідно 78% і 66%.

Це важливий етап для оцінки ефективності пристрою в реальних умовах використання. Впевніться, що отримані значення відповідають вимогам і що перетворювач працює стабільно та ефективно під вашою реальною навантаженням.

Після виконання цих етапів важливо звернутися до результатів вимірювань та розрахунків, щоб забезпечити оптимальну продуктивність та надійність перетворювача. Враховуйте, що ефективність може змінюватися в залежності від різних умов експлуатації, наприклад, зміни напруги живлення або типу використовуваних елементів живлення.

Дотримуйтеся вказівок щодо належного використання пристрою та регулярно виконуйте перевірки для підтримання його оптимальної роботи. Це сприятиме тривалому та ефективному функціонуванню вашого перетворювача постійного струму.

Якщо при вхідному напрузі 3 В та навантаженні 6 мА встановити вихідну напругу рівною 9,2 В, то при вхідному напрузі 2 В вона зменшиться до 8,5 В. При подальшому розрядженні живлення, коли вихідна напруга знижується до 6,5 В, на індикаторі вимірювального приладу з'являється символ розрядженої батареї.

Для вирішення проблеми нестабільності вихідної напруги в перетворювачах, можна використовувати додаткові елементи.

Основна ідея стабілізації напруги в перетворювачі полягає в тому, щоб забезпечити постійний рівень вихідної напруги незалежно від коливань вхідної напруги чи навантаження.

Один із способів цього досягнення – використання стабілізатора напруги, який може відповідати на зміни і забезпечувати стабільну роботу пристрою. Суть в тому, що коли вхідна напруга чи навантаження змінюються,

Схема контролера TL494 використання перетворювача із середньою точкою. Використання ШІМ-контролера TL494, який є популярним через свою надійність та доступність. Принцип ШІМ використання ШІМ для формування діючого значення вихідної напруги.

Силовий транзистор та бортове напруга обґрунтування використання MOSFET транзисторів замість біполярних через їхню низьку втрату на тепло. Розгляд бортового напруги в легкових автомобілях у межах від 13 В до 14 В. Недоліки біполярних транзисторів вказання на непотрібні теплові втрати через напругу насичення від 0,4 до 1 В у біполярних транзисторах. Перехід до використання MOSFET транзисторів, які мають менше активного опору.

Важливість MOSFET в автомобільних преобразувачах використання MOSFET транзисторів в автомобільних преобразувачах для зменшення втрат на тепло та підтримки ефективності.

Ця інформація становить основне визначення принципів і обґрунтувань вибору елементів для створення преобразувача із середньою точкою з використанням ШІМ-контролера TL494 та MOSFET транзисторів.

Управління полевыми транзисторами при використанні полевиx транзисторів для їхнього відкриття потрібно подавати напругу на затвор. На низьких частотах транзистори можна відкривати легко, навіть за допомогою людського тіла. Проте існує ємнісна зв'язка між затвором і стоком, що при високих частотах може впливати на управління.

Ємність затвора транзистора IRFZ44 затвор IRFZ44 має ємність 1350 пкФ. Показано, що для частоти 40 кГц та амплітуди 10 В, ток зарядки/розрядки ємності становить 0,46 А. Потрібний ток для управління: для ефективного управління транзисторами, які мають велику ємність затвора, необхідно значний ток. При частоті 80 кГц ток зарядки/розрядки досягає 0,66 А.

Використання драйвера висвітлення проблеми використання драйверів для полегшення управління транзисторами та забезпечення необхідного току для заряду/розряду затворів. Драйвери розміщуються після мікросхем

управління для розвантаження їхнього виходу та забезпечення потрібного току для управління затворами.

Проблеми з високочастотним управлінням зазначається, що високочастотне управління може викликати проблеми, такі як сквозний струм та великі втрати на тепло.

Визначено, що на високих частотах важливо враховувати ємність затвора транзисторів та використовувати драйвери для ефективного управління, уникнення проблем і забезпечення надійності роботи.

Вибір транзисторів пояснено, що висока ємність затвора біполярних транзисторів може викликати непотрібні тепловтрати через їхнє використання в автомобільних преобразувачах. Для уникнення цих проблем рекомендується використовувати транзистори MOSFET, які мають менше активного опору в відкритому стані.

Недоліки використання великих резисторів зазначено, що збільшення опору резистора ($R1$) може призвести до збільшення часу відкриття/закриття транзистора, що може бути недоцільним. Також вказано, що це може створити ризик сквозного струму та великих тепловтрат.

Принцип роботи ШИМ-контролера TL494 зазначено, що для стабілізації вихідного напругового значення використовується перетворювач із середньою точкою та ШИМ контролер TL494.

Пояснено, що цей контролер є популярним через свою доступність та надійність. Оптимальність схемотехніки для низьковольтних перетворювачів: підкреслено, що схемотехніка із середньою точкою оптимальна для низьковольтних перетворювачів.

Проблема інерційності катушки індуктивності роз'яснено, що завдяки інерційності катушки індуктивності, напруга на виході перетворювача не досягає амплітудного значення напруги з генератора, що сприяє зменшенню теплових втрат в силовій частині. Використання трансформатора як підсилювача вказано, що трансформатор виступає як підсилювач, дозволяючи збільшити або зменшити напругу в залежності від кількості витків на

первинній та вторинній обмотках. Застосування принципу трансформатора в автомобільних системах використання трансформаторного принципу пояснено на прикладі автомобільних систем, де важлива стабільність напруги в системах живлення.

Запобігання насиченню магнітопроводу зазначено, що розрахунок кількості витків на трансформаторі повинен бути таким, щоб уникнути насичення магнітопроводу, що може призвести до непотрібного нагрівання та втрат енергії.

Ці аспекти підкреслюють важливість правильного вибору компонентів та схемотехніки для досягнення ефективної та надійної роботи преобразовачів.

У преобразовачі використовуються силові транзистори IRFZ44, IRFZ46, IRFZ48, IRF3205. Вхідне напруга дистанційно вмикається подачею 7-15 В на клему "ON". Вихідне напруга може бути до 200 Вт за умови використання IRF3205 та відповідного трансформатора.

Для випрямлення використовуються діоди Шотткі, наприклад, STTH1002CG, що дозволяє отримати вихідну напругу до 50 В. Враховуючи характеристики діодів, вихідна напруга не повинна перевищувати 37 В.

Описано також принцип роботи TL494 та процес включення преобразовача за допомогою подачі напруги на клему "ON". У більш потужному варіанті використовується два комплементарних драйверних транзистори для кожної пари силових транзисторів.

Обговорені важливі аспекти щодо вибору діодів, визначення вихідної напруги та особливостей дизайну трансформатора та фільтру живлення.

У тексті також розглядається використання діодів Шотткі, що мають внутрішні корпуси ТО-220 з двома діодами, що дозволяє зменшити габарити печатної плати. Важливо враховувати напругові характеристики цих діодів, і в даному випадку використовуються діоди з максимальною напругою 150 В, що обмежує вихідну напругу не більше 75 В.

Наголошено на виборі високовольтних діодів, таких як STTH1002CG, які мають два 8-амперних діода з максимальною напругою 200 В, що дозволяє отримати вихідну напругу до 50 В.

Також обговорюється принцип роботи силового трансформатора TV1 та дросселів фільтрів поживлення L1-L3. На великій силі трансформатора розглядається схема з двома парами силових транзисторів і використання комплементарного драйверного каскаду для кожної пари. У тексті визначено, що важливо враховувати характеристики діодів, трансформатора та дросселів для ефективної роботи преобразовача. Крім того, розглядаються аспекти безпеки та принципи дистанційного вмикання та вимикання преобразовача.

У даному преобразувачі використовуються силові транзистори IRFZ44, IRFZ46, IRFZ48, IRF3205. Вхідне напругу дистанційно вмикають подачею 7-15 В на клему "ON". Вихідна напруга може становити до 200 Вт за умови використання IRF3205 та відповідного трансформатора.

Для випрямлення використовуються діоди Шотткі, наприклад, STTH1002CG, що дозволяє отримати вихідну напругу до 50 В. З урахуванням характеристик діодів, вихідна напруга не повинна перевищувати 37 В.

Описано принцип роботи TL494 та процес включення преобразовача за допомогою подачі напруги на клему "ON". У більш потужному варіанті використовуються два комплементарних драйверних транзистори для кожної пари силових транзисторів.

Також обговорено важливі аспекти вибору діодів, визначення вихідної напруги та особливості дизайну трансформатора та фільтру живлення.

У тексті розглядається використання діодів Шотткі з двома діодами у корпусі TO-220 для зменшення габаритів плати. Наголошено на виборі високовольтних діодів, таких як STTH1002CG, з максимальною напругою 200 В для отримання вихідної напруги до 50 В.

Також розглядається принцип роботи силового трансформатора TV1 та дросселів фільтрів поживлення L1-L3. На великому силовому трансформаторі розглядається схема з двома парами силових транзисторів і використання

комплементарного драйверного каскаду для кожної пари. В тексті визначено, що важливо враховувати характеристики діодів, трансформатора та дросселів для ефективної роботи преобразовача. Крім того, розглядаються аспекти безпеки та принципи дистанційного вмикання та вимикання преобразовача.

3.4 Експериментальні дослідження

Одразу після активації блоку живлення, мікроконтролер починає процес ініціалізації, отримуючи дані від датчиків. Паралельно система аналізує показники вхідної напруги та струму, починаючи визначення оптимальних параметрів для роботи перетворювача.

Умови оптимізації визначаються на основі поточного стану акумуляторів та вимог електричного транспорту. Мікроконтролер автоматично регулює вихідні параметри перетворювача з метою забезпечення стабільної та ефективної роботи системи живлення.

Перевагою удосконаленого модуля є його здатність адаптуватися до різноманітних умов, таких як зміна напруги живлення, різні типи акумуляторів та різні режими роботи транспортного засобу. Це дозволяє підтримувати оптимальний рівень потужності та зберігати ефективність роботи перетворювача в широкому діапазоні умов експлуатації.

3.5 Висновки до третього розділу

У третьому розділі було розглянуто процес розробки модуля автоматичного управління перетворювачем напруги блоку живлення електроробота є ключовим етапом для оптимізації його функціонування та забезпечення ефективного використання електроенергії. Автоматизація регулювання напруги модуль автоматичного управління дозволяє електророботу автоматично адаптувати вихідну напругу блоку живлення

відповідно до змінних умов експлуатації. Це сприяє ефективному використанню енергії та підтриманню стабільності робототехнічної системи. Оптимізація енергоспоживання: автоматичне регулювання напруги дозволяє оптимізувати енергоспоживання електроробота в реальному часі. Це важливо для забезпечення тривалої роботи на зарядженому акумуляторі та максимізації продуктивності.

Захист від перенапруг модуль автоматичного управління може включати заходи захисту, що запобігають перенапругам та забезпечують довговічність та надійність електроробота. Це особливо важливо в умовах змінного живлення або інших електричних пертурбацій. Інтеграція з системою керування модуль повинен легко інтегруватися зі загальною системою керування електроробота. Це відкриває можливості для дистанційного моніторингу та управління, що поліпшує ефективність обслуговування та діагностику. Управління варіативністю напруги: модуль дозволяє ефективно управляти варіативністю напруги в електромережі, що дозволяє робототехнічній системі пристосовуватися до різних умов живлення та виконувати завдання з високою стабільністю.

4 ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ УМОВ ПРАЦІ

Однією з ключових складових забезпечення безпеки умов праці під час розробки модуля автоматичного управління перетворювачем напруги є організація безпечного робочого середовища. Це досягається шляхом впровадження ефективних заходів, спрямованих на уникнення травм та аварійних ситуацій.

Перед початком роботи проводиться аналіз можливих ризиків, пов'язаних з розробкою модуля. Це включає в себе визначення потенційних небезпек, пов'язаних із використанням електричних компонентів, роботою з програмним забезпеченням та можливі аварійні сценарії.

Під час розробки модуля важливо використовувати захисне обладнання для зменшення ризику травм та негативного впливу. Це може включати в себе захисні окуляри, електроізоляційні матеріали та інші засоби захисту.

Забезпечення безпеки умов праці включає дотримання встановлених норм та стандартів у сфері розробки електронних пристроїв. Це охоплює електробезпеку, якість матеріалів, а також стандарти програмування.

Персонал, який займається розробкою, повинен мати доступ до необхідного персонального захисту. Це може включати в себе захисний одяг, рукавички та інші засоби захисту від можливих небезпек.

Персонал повинен проходити регулярний тренінг з питань безпеки та отримувати інструктаж щодо правил користування обладнанням та програмним забезпеченням.

Забезпечення безпеки також включає в себе систему медичного нагляду за станом здоров'я працівників, яка може виявити можливі проблеми та уникнути потенційних загроз.

Ці заходи забезпечать високий рівень безпеки умов праці під час розробки модуля автоматичного управління перетворювачем напруги для електроробочарів

ВИСНОВКИ

Під час вивчення та удосконалення модуля автоматичного управління перетворювача напруги блоку живлення електроробочого були отримані важливі висновки та досягнуті значущі результати.

По-перше, аналізуючи існуючі технології та методи управління, було виявлено певні недоліки та обмеження в їх функціональності. В цьому контексті виникла необхідність удосконалення модуля для покращення його продуктивності та адаптації до сучасних вимог.

По-друге, розроблена модель системи автоматичного управління, заснована на нових принципах та технологіях, спрямована на оптимізацію роботи блоку живлення. Ця модель дозволяє підвищити ефективність електроробочого, забезпечуючи стабільне та точне управління напругою блоку живлення.

По-третє, під час практичної реалізації модуля були проведені тестування та вимірювання, які підтвердили покращення в роботі системи. Отримані результати свідчать про ефективність впроваджених змін та їхню придатність для реальних умов експлуатації.

Таким чином, у результаті даної роботи вдалося досягти важливих кроків у напрямку удосконалення системи управління електроробочим, що може сприяти подальшому розвитку та вдосконаленню сучасної техніки в цій області.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008: 2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. К.: ДП “УкрНДНЦ”. 2016. 30 с.
2. Методичні вказівки до підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” освітньо-професійних програм: “Автоматизоване управління технологічними процесами”, “Комп’ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва”, “Комп’ютеризовані та роботехнічні системи” / упоряд. : І.Ш. Невлюдов, Р.В. Артюх, В.В. Безкоровайний, Н.П. Демська, В.В. Євсєєв, О.І. Филипенко, О. М. Цимбал. Харків : ХНУРЕ, 2021. 55 с.
3. Дипломне проектування для студентів усіх форм навчання спеціальностей 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”: довід. / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, Г.В. Пономарьова. К.: Київ-56, пр. Космонавта Комарова, 1, 2016. 320 с.
4. Положення про протидію академічному плагіату в ХНУРЕ [Електронний ресурс] / nure.ua. – Режим доступу: [www/ URL: https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennja-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf](http://www.nure.ua) (дата звернення : 16.10.2022).
5. Янушкевич Д., Бондаренко А. Розроблення засобів формування баз даних про вибухонебезпечні предмети, методи їх пошуку та ідентифікації / Д. Янушкевич, А. Бондаренко // Виробництво & Мехатронні Системи 2022 // Матеріали V-ої Міжнародної конференції, Харків, 21-22 жовтня 2022 р. – Харків: ХНУРЕ, [електронний друк]. – 2022. – С. 43-48.
6. Янушкевич Д. А., Бондаренко А. О. Моделювання процесу гуманітарного розмінування із застосуванням робототехнічних комплексів / Д. А. Янушкевич, А. О. Бондаренко // Збірник матеріалів IV форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2022. – Харків, ХНУРЕ, 2022. – С. 54-58.

7. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації. Збірник задач: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, Г.В. Пономарьова, А.О. Функендорф. Кривий Ріг: КК НАУ. 2018. 332 с.

8. Oleksandr Tsymbal, Artem Bronnikov, Paolo Mercorelli. Decision-making models for Robotic Warehouse // Proceedings of 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, Virtual Meeting, June 24-26, P. 546-551.

9. Невлюдов І.Ш. Технічні засоби автоматизації: Підручник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.І. Филипенко, Н.П. Демська, С.П. Новоселов. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ. 2019. 366 с.

10. Невлюдов І. Ш., Янушкевич Д. А., Іванов Л. С. (2021) Збірник матеріалів III форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» АЕРТ-2021. – Режим доступу: [www/ URL: https:// https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/](https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/) (дата звернення : 16.10.2022).

11. Kasban H., Zahran O., Sayed M. Elaraby, M. El-Kordy, F. E. Abd El-Samie. (2010). A Comparative Study of Landmine Detection Techniques. An International Journal Sensing and Imaging volume 11, pp: 89–112.

12. Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, В. В. Безкоровайний, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 55 с.

13. Офіційний сайт ЗАО «Автомеханіка»: [Електронний ресурс]. 2021. – Режим доступу: [www/ URL: https:// https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/](https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/) (дата звернення : 16.10.2022).

14. Корендясєв А.І. Теоретичні засади робототехніки. У 2 кн. - М.: Наука, 2006. - 383 с.
15. Сирямкін В.І. Інтелектуальні робототехнічні та мехатронні системи.- Томськ, 2017. - 256 с.
16. Mostafa Ghoniema, Taher Awadb, Ossama Mokhiamar. Control of a new lowcost semi-active vehicle suspension system using artificial neural networks [Електронний ресурс] // ScienceDirect. Alexandria Engineering Journal. 2020. Жовтень. URL:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016820303380> (дата звернення: 10.12.2022).