

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

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ В.Ф.Шинкаренко

“ ___ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

на тему:

**«ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОР ДЛЯ СИСТЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ
МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ»**

Виконав (-ла):
студент (-ка) VI курсу, групи ЕМ-61м
Кошикар Іван Юрійович _____

Керівник:
професор, д.т.н., Васьковський Ю. М. _____

Рецензент:
проф., д.т.н., Толочко О. І. _____

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка має обсяг в 111 сторінок, містить 72 рисунка, 26 таблиць та 25 бібліографічних найменувань.

Метою даної дисертації є розробка принципів побудови, конструктивних та технічних рішень для електрогенератора, який входить до складу електромеханічної системи, що перетворює механічну енергію коливань рухомої частини транспортних засобів в електричну енергію, з подальшим її накопичуванням та використанням на борту ТЗ.

Об'єктом дослідження є електрогенератор, який входить до складу електромеханічної системи, що перетворює механічну енергію коливань рухомої частини транспортних засобів в електричну енергію.

Запропоновано методологію побудови системи, яка передбачає послідовність використання взаємопов'язаних методик вибору складових комплексу (перетворювач зворотно-поступального руху в односпрямований обертовий, електрогенератор, випрямляч, акумуляторна батарея).

Обґрунтовано вибір оптимального електромеханічного перетворювача енергії у вигляді синхронного генератора з постійними магнітами, який характеризується часом заряду різних за потужністю акумуляторних батарей, при змінному характері вхідної швидкості.

Результати моделювання та розрахунків даного електрогенератора для СПЕМК можуть бути використані для подальших розробок і впровадження конкурентоспроможних зразків комплексу для широкого кола споживачів.

Розроблені методики, алгоритми проектування та відповідні технічні рішення мають універсальний характер і можуть бути використані при розробці електрогенераторів для СПЕМК.

СИНХРОННИЙ ГЕНЕРАТОР З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ, СИСТЕМА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВІД МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ПОЛЬОВА МОДЕЛЬ, КОЛОВА МОДЕЛЬ, ЧАС ЗАРЯДУ, АКУМУЛЯТОРНА БАТАРЕЯ.

ABSTRACT

The explanatory note has a volume of 111 pages, containing 72 figures, 26 tables and 25 bibliographic titles.

The purpose of this dissertation was to develop the principles of construction, design and technical solutions for the electric generator, which is part of the electromechanical system, which converts the mechanical energy of the vibration of the moving part of the vehicles into electric energy, with its subsequent accumulation and use on vehicle board.

The object of the study was an electric generator, which is part of the electromechanical system, which converts the mechanical energy of the vibration of the moving part of vehicles into electric energy.

The method of construction of MOECS is proposed, which provides for a certain sequence of the use of interconnected methods for selecting the main components of the complex (converter of reciprocating motion into unidirectional rotary, electric generator, rectifier, battery).

The choice of the optimal electromechanical energy converter in the form of a synchronous generator with permanent magnets, which is characterized by the time of charge different on the capacity of storage batteries, with the variable character of the input speed is substantiated.

The results of modeling and calculations of this electric generator for MOECS can be used for further development and introduction of competitive models of the complex for a wide range of consumers.

The developed techniques, design algorithms and corresponding technical solutions are of a universal nature and can be used in the development of power generators for MOECS.

SYNCHRONOUS GENERATOR WITH PERMANENT MAGNETS, SYSTEM FOR CONVERTING ELECTRICITY FROM MECHANICAL VIBRATIONS, VEHICLE, REVIEW OF EXISTING SOLUTIONS, FIELD MODEL, WHEEL MODEL, CHARGE TIME, RECHARGEABLE BATTERY.

Зміст

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....

ВСТУП..... 6

РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМА РОЗРОБКИ СИСТЕМ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ АКУМУЛЯТОРИХ БАТАРЕЙ.....

1.1. Огляд існуючих розробок систем перетворення енергії механічних
коливань транспортних засобів

1.1.1. Електромагнітна підвіска фірми Bose **Ошибка!** Закладка не
определена.

1.1.2. Амортизатор фірми Levant Power Corp **Ошибка!** Закладка не
определена.

1.1.3. Ротаційний амортизатор eRot **Ошибка!** Закладка не
определена.

1.2. Механізми перетворення зворотно-поступального руху в
обертальний односпрямований рух **Ошибка!** Закладка не
определена.

1.3. Структурна схема системи рекуперації **Ошибка!** Закладка не
определена.

РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА І СИСТЕМИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ **Ошибка!** Закладка не определена.

АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ..... **Ошибка!** Закладка не определена.

2.1. Польова математична модель електрогенератора **Ошибка!**
Закладка не определена.

2.2. Ланцюгова математична модель системи перетворення енергії
механічних коливань в середовищі Matlab Simulink **Ошибка!**
Закладка не определена.

2.2.1. Основні елементи математичної моделі **Ошибка!** Закладка не
определена.

2.2.2. Математична модель системи **Ошибка!** Закладка не
определена.

2.2.3. Вибір вирішувача системи звичайних диференційних
рівнянь

РОДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА ТА СИСТЕМИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ

3.1. Математичне моделювання і оптимізація параметрів електрогенератора

3.1.1. Постановка задачі щодо вибору і оптимізації параметрів електрогенератора

3.1.2. Розрахунок статора СГПМ

3.1.3. Побудова геометричної моделі СГПМ в системі автоматизованого проектування AutoCAD

3.1.4. Вибір і обґрунтування параметрів постійних магнітів

3.1.5. Розрахунок і оптимізація параметрів СГПМ в режимі неробочого ходу

3.1.6. Аналіз характеристик СГПМ в режимі навантаження

3.2. Математичне моделювання і оптимізація параметрів системи перетворення енергії механічних коливань

3.2.1. Структура споживання електроенергії на борту ТЗ

3.2.2. Приклади автономних споживачів які працюють від АБ

3.2.3. Математичне моделювання та дослідження процесів заряду АБ від СГПМ

3.2.4. Дослідження параметрів АБ на величину і час заряду

РОЗДІЛ 4. СТАРТАП ПРОЕКТ (ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗРОБЛЕНОГО СПЕМ З ІСНУЮЧИМИ АНАЛОГАМИ)

4.1 Аналіз входу на ринок

4.2 Опис ідеї проекту

4.3 Технологічний аудит ідеї проекту

4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

4.5 Висновки

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

Додаток А

ВСТУП

Актуальність теми. Вимоги щодо розширення функціональних можливостей сучасних транспортних засобів (ТЗ) загального і спеціального призначення обумовлюють використання на борту ТЗ нових пристроїв і систем, для функціонування яких необхідні додаткові потужності джерел електроживлення. Джерелами електроенергії на борту ТЗ є електрогенератор, що приводиться в рух первинним двигуном ТЗ (зазвичай двигун внутрішнього згорання) та заряджена акумуляторна батарея (АБ) (при відключеному двигуні ТЗ). Необхідність підвищення термінів роботи пристроїв ТЗ з розширеними функціональними можливостями, вимагає економного використання запасів первинного енергоносія. Це, в свою чергу, вимагає пошуку додаткових джерел електроживлення систем ТЗ шляхом виявлення зайвих втрат енергії при русі ТЗ і розробки систем перетворення частини цих втрат в корисні запаси електроенергії АБ. Однією з таких систем є система електромеханічного перетворення енергії механічних коливань шасі ТЗ при його русі в електроенергію АБ.

Електрогенератор, що входить до складу зазначеної системи створює гальмуючий електромагнітний момент, який протидіє вимушеним коливанням шасі ТЗ. Таким чином, система здійснює дві корисні функції: а) перетворює частину енергії механічних коливань ТЗ в корисну електричну енергію АБ; б) сприяє гасінню коливань шасі, тобто частково виконує функції амортизатора. Слід зазначити, що друга функція не є основною, оскільки така система в

важких ТЗ не може замінити традиційні амортизатори, а може лише в деякій мірі доповнювати їх.

Автомобільна підвіска – один з головних компонентів будь-якого транспортного засобу. Вона виконує дуже багато завдань, серед яких контроль за ТЗ при пересуваннях, забезпечення комфортних умов для водія і його пасажирів. Підвіски бувають різними: механічними, гідравлічними, пневматичними і т. д.. Одним із сучасних видів автомобільних підвісок є, так звана, електромагнітна підвіска. Але поки що подібні підвіски не дуже поширені. Ще з часів Фарадея і Максвелла – основоположників теорії електромагнетизму, конструктори та інженери постійно намагаються розширити межі використання електромагнітних явищ для практичних цілей. Серед цих задач існує і задача створення електромагнітної підвіски, яка здатна використовувати коливання, що виникають під час руху ТЗ, для вироблення корисної електричної енергії. В існуючих ТЗ енергія коливань рухомої частини ТЗ втрачається на нагрів елементів підвіски і подальшого розсіювання тепла. Наразі постає актуальна задача корисного використання цієї енергії для електрозабезпечення самого транспортного засобу.

Мета роботи. Розробка принципів побудови, конструктивних та технічних рішень для електрогенератора, який входить до складу електромеханічної системи, що перетворює механічну енергію коливань рухомої частини транспортних засобів в електричну енергію, з подальшим її накопичуванням та використанням на борту ТЗ.

Об'єкт дослідження. Електрогенератор, який входить до складу електромеханічної системи, що перетворює механічну енергію коливань рухомої частини транспортних засобів в електричну енергію.

Предмет дослідження. Конструктивні параметри і робочі характеристики електрогенератора та процеси зарядження акумуляторної батареї.

Методи досліджень. Методи розрахунку та проектування електромеханічних перетворювачів з постійними магнітами, методи коло-

польового математичного моделювання електричних машин, метод скінченних елементів для аналізу електромагнітного поля.

Наукова новизна. Розроблено принципи побудови і структуру нової електромеханічної системи, що призначена для перетворення механічної енергії коливань рухомої частини транспортних засобів в електричну енергію, з подальшим її накопичуванням та використанням на борту ТЗ

Обґрунтовано оптимальні конструктивні рішення та технічні параметри електрогенератора – трифазного синхронного генератора з постійними магнітами, що входить до складу електромеханічної системи перетворення механічної енергії коливань рухомої частини транспортних засобів в електричну енергію, який на відміну від існуючих генераторів традиційного виконання має ряд суттєвих відмінностей, пов'язаних з особливостями функціонування генератора в складі зазначеної системи. Критерієм оптимального вибору параметрів генератора є отримання максимальної величини діючого значення ЕРС обмотки статора з урахуванням усіх інших рівних умов.

Досліджено процеси та встановлено час зарядження акумуляторної батареї від електрогенератора при постійній та змінній у часі швидкості руху ротора.

Практичне значення. Розроблено узагальнені рекомендації щодо вибору оптимальних параметрів синхронного електрогенератора з постійними магнітами, що входить до складу електромеханічної системи, яка перетворює механічну енергію коливань рухомої частини транспортних засобів в електричну енергію. Зокрема – вибір оптимальних обмоткових даних статора, оптимальної геометрії активної зони у тому числі оптимальних параметрів розташованих на роторі постійних магнітів.

Результати проведених розрахунків генератора з заданими технічними даними можуть бути використані при проектуванні.