

**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: «Динамічні режими роботи асинхронного двигуна приводу
транспортного засобу при використанні в системі живлення
суперконденсаторів»**

Виконав:
студент IV курсу, групи ЕМ-61м
Белкін Сергій Володимирович _____

Керівник:
доц., ктн.
Реуцький М. О. _____

Консультант з перехідних процесів суперконденсатора:
чл.-кор., Інститут електродинаміки НАН України
Щерба А. А. _____

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

Робота складається з вступу, шести розділів, стартап проекту, заключення, списку використаної літератури та трьох додатків, та має об'єм 162 сторінки.

В магістерській дисертації розглянуті питання можливості збільшення ресурсу акумуляторної батареї живлення автономної транспортної установки та покращення динамічних режимів роботи транспортного засобу «TaiLG Trike-14» в складі тягового елемента якого використаний асинхронний двигун фірми АВВ серії M2AA080C2 IM1001 потужністю 1,1 кВт., за рахунок використання в системі живлення додаткового елемента – суперконденсатора.

У створеній комп'ютерній моделі змодельований повний режим роботи транспортного засобу «TaiLG Trike-14» по навантажувальній характеристиці міського їздового циклу The UN/ECE Elementary Urban Cycle.

Використання комбінованого джерела живлення, зважаючи на те, що сумарна енергія джерела живлення зросла на 4,8%, показали явні переваги системи електроприводу з використанням суперконденсатора: динамічні характеристики електроприводу покращено на 24%, менший час розгону до усталеної швидкості, менший струм, що проходить через акумулятор під час перехідних процесів, більший шлях пробігу, кількість пусків збільшилась з 3-х до 200-ти, а з використанням рекуперації для заряду суперконденсатора до 320-ти.

Асинхронний двигун, Суперконденсатор, Рекуперація, Акумулятор, Електротранспорт, Комп'ютерне моделювання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ПРИВОДУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

1.1 Сучасні автомобілі з електричними двигунами.....

1.2 Асинхронний двигун змінного струму

1.3 Характеристики навантажень транспортних засобів

1.4 Джерела живлення транспортних засобів

РОЗДІЛ 2. ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ В СКЛАДІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

2.1 Вантажопасажирський електричний візок «TaiLG TRIKE – 14».....

2.2 Асинхронний двигун змінного струму з КЗ ротором

2.3 Акумуляторна батарея.....

2.4 Батарея суперконденсаторів.....

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

3.1 Вибір основних розмірів.....

3.2 Визначення Z_1 , W_1 , і перерізу провідника обмотки

3.3 Розрахунок розмірів зубцевої зони статора і розміщення провідників обмотки в пазу

3.4 Розрахунок ротора.....

3.5 Розрахунок намагнічуючого струму

3.6 Параметри робочого режиму

3.7 Розрахунок втрат

3.8 Розрахунок робочих характеристик

3.9 Тепловий розрахунок.....

3.10. Розрахунок пускових характеристик при $S = 1$

РОЗДІЛ 4. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

4.1 Комп'ютерні моделі в програмному пакеті Matlab Simulink

4.2 Комп'ютерна модель при живленні від акумулятора.....

4.3 Комп'ютерна модель при комбінованому живленні

4.4 Комп'ютерна модель заряду суперконденсатора при рекуперації

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ РОЗГОНІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ «TAILG TRIKE – 14».....

5.1 Перехідні процеси при живленні від Акумуляторної батареї (АБ)

5.2 Комбіноване живлення АД від АБ з паралельно підключеним до нього суперконденсатором (іоністором)

5.3 Комбіноване живлення АД від АБ з паралельно підключеним до нього суперконденсатором (іоністором) з використанням рекуперації для заряду СК

РОЗДІЛ 6. СТАРТАП ПРОЕКТ

ВИСНОВОК

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....

ДОДАТОК А (ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ ПРИ ПУСКУ).....138

ДОДАТОК Б (ПУБЛІКАЦІЇ).....

ДОДАТОК В (ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ ЯКИЙ ВІНОСИТЬСЯ НА ЗАХИСТ).....

Вступ

Розвиток технологій в галузі акумулювання електроенергії дав новий поштовх для розвитку електромобілів. Нові моделі електромобілів вже не поступаються в динаміці автомобілям з двигунами внутрішнього згорання, а в деяких випадках і показують кращі результати, ніж їхні бензинові родичі.

Однією з головних переваг електричних двигунів у порівнянні з двигунами внутрішнього згорання є можливість рекуперативного гальмування, яке скорочує витрати електроенергії і збільшує дальність проїзду (кількість пусків) на одному заряді в міських умовах руху, викликані частими розгонами і гальмування, але повернення енергії в акумулятор при частих гальмуваннях електромобіля викликає їх знос і старіння. У зв'язку з вищесказаним ведуться розробки по створенню комбінованих джерел живлення на базі акумуляторів (АБ) і суперконденсаторів (СК), що володіє великим ресурсом і питомою потужністю, в порівнянні з акумуляторною батареєю [1-6].

Використання паралельно з акумуляторною батареєю суперконденсаторів дозволяє отримати ряд суттєвих переваг в системах живлення електромобілів: можливість отримання великих імпульсних струмів через електродвигун в момент початку руху при одночасному забезпеченні більш сприятливих умов експлуатації акумуляторів за рахунок зменшення струмів через акумулятор а також зростання ККД енергетичної установки, що дозволяє збільшити пробіг електромобіля на одній заправці. Крім цього повернення енергії в акумулятор при частих гальмуваннях електромобіля в умовах міського циклу викликає їх швидке старіння. Використання суперконденсатора в якості накопичувача енергії в режимах рекуперації дозволяє збільшити до $1 \cdot 10^6$ циклів заряд-розряд.

Під час підготовки дипломної роботи були проаналізовані статті, в яких використання в системах живлення суперконденсатора має ряд суттєвих переваг: зростає швидкість розгону двигуна до номінальної частоти

обертання, суттєво падають ударні струми через акумулятор, а головне – значно покращуються динамічні характеристики електромобіля. В роботі було виконано моделювання експлуатаційних режимів електроприводу з реальним двигуном, та використання режиму рекуперації для заряду суперконденсатора в момент гальмування, в чому і полягає новизна роботи. Головним недоліком проведених теоретичних досліджень, була відсутність експериментального підтвердження.

Метою роботи є аналіз ефективності використання суперконденсатора, включеного паралельно з акумуляторною батареєю в системі живлення асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором у складі приводу універсального транспортного засобу «TaiLG Trike-14» для збільшення дальності проїзду (кількість пусків) на одному заряді в усталених та перехідних режимах роботи згідно з вимогами стандартів міського циклу The UN/ECE Elementary Urban Cycle. Для досягнення поставленої цілі були вирішені наступні **задачі**:

- проаналізовані основні елементи електроприводу транспортних установок;
- обрані об'єкти дослідження електромеханічних процесів в приводі транспортного засобу «TaiLG Trike-14»;
- проведений розрахунок асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, який використовується в електроприводі;
- проведено комп'ютерне моделювання роботи електроприводу в заданому міському їздовому циклі за нормативами стандартів.

Об'єктом дослідження є електропривод транспортного засобу на базі асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором серії M2AA080C2 IM1001 АВВ потужністю 1,1 кВт класу енергоефективності IE2 із використанням суперконденсатора та без нього в системі живлення.

Предметом дослідження є аналіз перехідних процесів в електроприводі на базі машини змінного струму при живленні від

акумулятора при наявності суперконденсатора та без нього, з використанням рекуперації для заряду суперконденсатора.

Актуальність теми обумовлена широким впровадженням в системи транспортних засобів електричної тяги та покращення її експлуатаційних характеристик.

Дана робота має суттєве практичне значення у галузі електротранспорту, оскільки можливе покращення динамічних характеристик машин з автономним електричним живленням даватиме додаткові переваги порівняно з транспортом на нафтовому паливі та може збільшити їхню конкурентоспроможність на автомобільному ринку.

