

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Костенка Івана Олександровича

**«Підвищення енергоефективності тролейбусів в режимі ослаблення
поля тягових двигунів»**

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт

Актуальність теми

Підвищення показників енергоефективності та експлуатаційних властивостей електричного транспорту є одним з ключових завдань при експлуатації рухомого складу України. Той факт, що частка рухомих одиниць з двигунами постійного струму послідовного та змішаного збудження, що експлуатується в Україні станом на 2020 рік, складає понад 85 %, свідчить про те, що шляхи підвищення ресурсозбереження треба шукати та вдосконалювати саме в приводі постійного струму.

В роботі більшість уваги автором приділяється одному з основних режимів руху електротранспорту – режим ослаблення магнітного поля електродвигуна. Аргументується це тим, що майже половину всього часу роботи електропривод постійного струму працює саме в цьому режимі.

В дисертаційній роботі дослідження базується навколо системи перерозподілу енергій між двома обмотками збудження електродвигуна не виходячи за рамки цієї замкнутої системи. Такий підхід виключає необхідність врахування рекуперативних систем, накопичувальних складових елементів та інших сторонніх чинників.

Отже, удосконалення системи ослаблення магнітного поля тягових двигунів постійного струму змішаного збудження з використанням сучасних перетворювачів є актуальною науково-практичною задачею для електричного транспорту, що і визначило напрямок подальшого дослідження.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі

Обґрунтованість наукових положень, встановлених закономірностей, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Костенко І. О. є достатньо високою і базується на глибокому аналізі літературних джерел за даною проблемою, чіткій постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, порівнянні отриманих результатів з результатами провідних вчених і чіткому формулюванню отриманих висновків. Теоретичною базою проведення досліджень є фундаментальні положення теорій проектування та управління електрорухомим складом. Метод кінцевих елементів та узагальнені положення теорії електричних машин для розрахунку магнітного поля та характеристик двигунів постійного, методи наближення функцій для апроксимації дискретних експериментальних даних цифрового моделювання.

Достовірність результатів дослідження

Достовірність результатів дослідження забезпечується близьким збігом результатів чисельних і натурних експериментів на прикладі конкретного двигуна постійного струму змішаного збудження, а також результатів отриманих на випробувальному стенді для дослідження режимів ослаблення поля за допомогою напівпровідникових перетворювачів.

До основних результатів дисертації слід віднести наступне:

1. Вперше запропоновано метод розрахунку магнітно-рушійної сили тягового двигуна комбінованого збудження, який відрізняється сумісною роботою DC-DC перетворювача з електродвигуном в режимі ослаблення поля з урахуванням ККД перетворювача, що дозволило провести ідентифікацію

характеристик тягового приводу постійного струму з включенням DC-DC перетворювача.

2. Удосконалено метод визначення магнітного потоку двигуна постійного струму відповідно значень струму незалежної обмотки збудження та послідовної обмотки збудження, який відрізняється використанням універсальної залежності коефіцієнту зниження поля від магнітно-рухомої сили обмоток збудження і струму якоря, що забезпечує ідентифікацію поля двигуна постійного струму.

3. Здобула подальшого розвитку теорія імітаційного моделювання тягових приводів транспортних засобів, що відрізняється створенням імітаційної моделі тягового приводу транспортних засобів з ослабленням поля за допомогою імпульсного перетворювача з урахуванням насичення елементів магнітопроводу тягового двигуна на базі проведених заздалегідь розрахунків магнітного поля методом кінцевих елементів, що дозволило використовувати її для електродвигунів з різними магнітними системами.

4. Здобула подальшого розвитку програмно-орієнтована математична модель тягового приводу у операторній формі, що відрізняється врахуванням нелінійних характеристик тягового електродвигуна.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання

Створено універсальну методику визначення магнітних та механічних характеристик тягового двигуна комбінованого збудження.

Розроблено функціональну та електричну принципову схему випробувального стенду тягового приводу з системою ослаблення поля на основі DC-DC перетворювача. Складено програму досліджень макету тягового приводу.

Здобувачем особисто розроблено та виготовлено в фізичному вигляді випробувальний стенд для дослідження режимів ослаблення поля.

Запропоновані наукові положення є ефективним інструментом модернізації і створення нових тягових приводів для тролейбусів.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в КП «Тролейбусне депо № 2» (м. Харків). Основні результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі в Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова та Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» при підготовці бакалаврів за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні положення і наукові результати дисертаційної роботи опубліковано в 14 наукових працях, з них: 10 статей в збірниках і виданнях, рекомендованих Міністерством освіти і науки України, в тому числі 3 статті – у виданні, яке включено до Міжнародних наукометричних баз (Scopus, Web of Science); 3 роботи апробаційного характеру, які опубліковані у матеріалах науково-технічних конференцій; 1 патент України на корисну модель.

В цілому, рівень і кількість публікацій та апробацій матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні наукові результати, отримані здобувачем.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертація складається із анотацій, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі здобувачем обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету, задачі дослідження, представлено об'єкт і предмет дослідження, наукову гіпотезу, новизну і практичне значення отриманих

результатів. Наведено відомості про апробацію основних результатів дисертації, кількість публікацій, структуру та обсяг роботи;

У першому розділі автором проаналізовано відомі способів регулювання частоти обертання двигунів змішаного збудження електроприводів постійного струму та розглянуто технологічних особливостей їх роботи. Проведено співставлення сучасних способів підвищення енергоефективності електроприводу постійного струму, наведено їх недоліки і переваги. На підставі виконаного аналізу сформульовано задачі дисертаційної роботи, мету та завдання дослідження.

У другому розділі здобувачем розраховано електромагнітні залежності тягового двигуна з використанням DC-DC перетворювача. Виведено залежність зміни магніторушійної сили від струму якоря двигуна постійного струму при різних вхідних параметрах DC-DC перетворювача. Отримано рівняння для знаходження магніторушійної сили електродвигуна через різні параметри перетворювача в статичному режимі роботи. Також розглянуто методику, що заснована на розрахунку магнітного поля електродвигуна методом кінцевих елементів.

У третьому розділі автором розглянуті основні принципи побудови математичних моделей електричних машин постійного струму. Розроблено математичну модель тягового приводу транспортного засобу з ослабленням поля за допомогою DC-DC перетворювача. Побудовано схеми заміщення пристрою, описано контури схеми заміщення та їх диференціальні рівняння.

У четвертому розділі здобувачем представлено дані, які отримано на випробувальному стенді для дослідження роботи схеми ослаблення поля з використанням DC-DC перетворювача. Приведено функціональну та принципову схеми стенду. Розроблено вимоги до конструкції випробувальної установки, а також алгоритм виконання дослідів щодо ослаблення магнітного поля за допомогою імпульсного перетворювача.

П'ятий розділ присвячено практичним аспектам ослаблення поля тягових двигунів, результати моделювання роботи системи ослаблення поля з DC-DC

перетворювачем у режимі розгону та зменшення частоти обертання для аналізу працездатності запропонованих технічних рішень і ефективності системи ослаблення поля.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані зрозуміло та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список джерел інформації повний та має 92 найменування вітчизняних та закордонних публікацій.

Зміст автореферату відображає основний зміст дисертації та повно розкриває внесок здобувача в науку та підтверджує практичну цінність роботи.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. В першому розділі дисертаційної роботи та автореферату потрібно було б більш широко розглянути питання щодо застосування спеціальних перетворювачів для реалізації режиму ослаблення поля.

2. В другому розділі дисертаційної роботи проведений розрахунок електромагнітних залежностей тягового двигуна. Для визначення електромагнітних характеристик двигуна з комбінованим збудженням застосовано метод кінцевих елементів. Отримані результати характеристик магнітного поля доводять досить значне і нерівномірне насичення елементів магнітопроводу. На цій основі побудовано математичну модель магнітних та механічних характеристик двигуна та регресійну модель. Обидві є нелінійними. Виходячи з цього, в роботі доцільно було б розглянути можливість лінеаризації отриманих характеристик, що дозволило б розширити застосування результатів дослідження та підвищило наукове і практичне значення роботи.

3. В третьому розділі на стор. 99 детально розглянуто фізичне і математичне тлумачення диференційних рівнянь. Однак, така увага до цього матеріалу не є достатньо обґрунтованою, оскільки надалі приведений математичний апарат не використовується. Окрім того, розглянуто спрощену

схему без урахування DC-DC перетворювача. Доцільніше було б в роботі після переліку типів моделей в класичному аспекті одразу переходити до математичного моделювання.

4. В четвертому розділі автором описаний стенд, створений для перевірки математичної моделі ослаблення поля електричних двигунів змішаного збудження за допомогою DC-DC перетворювача. Розбіжність отриманих характеристик експериментальної кривої та розрахункової (математичної моделі) автор пояснює як відхилення реальних параметрів двигуна стенду від розрахункових. Однак, більш вірогідним є друге припущення автора щодо недосконалості математичної моделі, оскільки вона має багато припущень і неврахованих процесів, про які було автором заявлено заздалегідь.

5. В п'ятому розділі для проведення порівняльного аналізу роботи системи ослаблення поля з штатною системою регулювання частоти обертання проведено моделювання роботи приводу при пуску з аналогічним навантаженням. За результатами проведення моделювань режиму пуску тягового приводу з ослабленням поля за допомогою DC-DC перетворювача встановлено працездатність запропонованої схеми ослаблення поля тягових двигунів, зазначено зменшення споживання енергії. Однак, отримані дані не можна вважати однозначно доведеними, оскільки автор не надав для цього достатньо статистичного матеріалу.

6. Деякі висновки до дисертаційної роботи та автореферату мають лише констатацію виконаного, а не сам результат.

7. В тексті дисертаційної роботи зустрічаються стилістичні і орфографічні помилки.

В цілому необхідно зазначити, що наведені недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної здобувачем роботи.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Костенка Івана Олександровича «Підвищення енергоефективності тролейбусів в режимі ослаблення поля тягових двигунів» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.22.09 – електротранспорт. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу наукову задачу, суть якої полягає в підвищенні енергоефективності приводу тролейбусу в режимі ослаблення магнітного поля електродвигуна. Дисертація повністю відповідає п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567, а здобувач Костенко Іван Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт.

Офіційний опонент

Український державний університет
залізничного транспорту, МОН України,
доцент кафедри електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки,
кандидат технічних наук

Юрій СЕМЕНЕНКО



Особистий підпис
засвідчую 10.12.2010 р.
Завідуючий канцелярією
УкрДУЗТ

Юрій Семененко