

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Лисенко Олександри Геннадіївни
**«Рациональні режими роботи тягової мережі транспорту
з індукційною передачею енергії»,**

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.09.03 – «Електротехнічні комплекси та системи»

Актуальність теми дисертаційної роботи

В теперішній час для енергетики України існує ситуація дефіциту енергетичних ресурсів, особливо у зимовий період. Вимушені обставини змушують імпортувати кам'яне вугілля для теплових станцій з-за кордону. При такому положенні для подолання наслідків енергетичної кризи забезпечення ефективної роботи вітчизняних вугільних шахт – першочергове завдання. Важливою складовою процесу видобутку вугілля є процес його транспортування. Технології транспортування вугілля та породи у підземних виробках шахт спрямовані на застосування електровозного та конвеєрного транспорту. Певні переваги перед контактними та акумуляторними електровозами має транспорт з індукційною передачею енергії, котрий може бути застосований у шахтах небезпечних за газом та пилом. Між тим, електричні тягові мережі підвищеної частоти відносяться до особливого класу електричних мереж з розподіленими параметрами, що потребує додаткових досліджень їх поведінки згідно умов та режимів експлуатації.

Головне ж при цьому досягти реальних шляхів зниження питомих витрат енергії, що дозволить зменшити вартість видобуваного вугілля, і тим самим підвищити конкурентну спроможність вітчизняних вугільних підприємств.

Важливим ланцюгом системи безконтактного транспорту є тягова мережа. Її енергетичні показники залежать від режимів роботи системи в цілому і можуть бути підвищені завдяки вибору раціональних режимів.

Вдосконалення розрахунку електричних режимів тягових мереж транспорту призводить до підвищення ефективності експлуатації комплексу, зменшує споживання електроенергії та забезпечує електробезпеку обслуговуючого персоналу.

Ефективна робота шахтного транспорту неможлива без забезпечення високої надійності функціонування всього комплексу тягового устаткування. Виходячи із специфіки протікання електромагнітних процесів, особливе місце приділяють моментам пуску транспортної одиниці. Незважаючи на ряд відомих рішень, задача підвищення стійкості складових електромеханічних комплексів при пуску системи з індукційною передачею енергії, як і раніше, залишається актуальною науковою задачею, котру необхідно вирішувати.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

В дисертаційній роботі знайшла своє подальше рішення важлива наукова задача щодо встановлення закономірностей змін параметрів режиму в тяговій мережі шахтного безконтактного транспорту та обґрунтуванні вибору необхідних параметрів режимів електроспоживання з урахуванням стану мережі живлення і тягового перетворювача.

Здобувачем на основі аналізу розроблено математичну модель визначення параметрів пускового та сталого режиму тягової мережі безконтактного з урахуванням активної провідності її кабельної лінії. При цьому обґрунтовано застосування чисельного методу прогонки для ефективного розрахунку параметрів пускового режиму.

В результаті чисельного рішення диференціальних рівнянь, що покладені в основу розробленої моделі, відпрацьовані граничні значення режиму напруги тягової мережі при обліку довжини лінії, числа пунктів компенсації та початкового часу. При цьому отримані нові результати, які дозволяють оцінити і контролювати режим тягової мережі при будь-яких співвідношеннях початкових параметрів (раніше це було неможливо).

Доведено, що найбільш схильні до перенапруг конденсатори першого компенсаційного пункту.

Автором вирішена наукова задача з підбору оптимального поєднання пускового струму тягового перетворювача частоти та часу його наростання за умови виконання режиму напруги в тяговій мережі при мінімальних втратах потужності.

Крім того автором розглянуті питання електромагнітної сумісності тягових перетворювачів частоти та питання іскробезпеки сторонніх провідників у перехідних режимах тягової мережі. Зазначенні дослідження доповнюють рішення поставленої наукової задачі.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Достовірність наукових положень і отриманих результатів дисертаційної роботи підтверджується коректністю теоретичних положень розв'язуваних задач, використанням вихідних даних, підтверджених у реальних умовах, коректністю розроблених математичних моделей процесів відповідних реальним, коректним використанням методів теоретичної електротехніки й математичного аналізу відповідно до завдань досліджень.

Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій

Автором вперше обґрунтовано та розроблено математичну модель визначення параметрів режимів тягової мережі транспорту з індукційною передачею енергії, яка враховує, на відміну від існуючих моделей, вплив параметру активної провідності кабелів. Це дозволяє визначити залежності струму та напруги в тяговій мережі в перехідних та усталених режимах.

В результаті аналізу перехідних процесів теоретично обґрунтовано раціональні режими тягової мережі за рахунок визначення вихідних параметрів режиму тягового перетворювача частоти в пусковому режимі, які призводять до зниження втрат активної потужності і виключають перенапруги.

Використовуючи результати математичного моделювання режимів роботи тягової мережі встановлена залежність між швидкістю наростання вихідного струму ТПЧ і довжиною тягової мережі, яка дозволяє визначати гранично допустимі значення цього параметра для забезпечення необхідних рівнів напруги при пуску ТПЧ.

Автором розроблено метод визначення допустимої відстані між пунктами компенсації, що на відміну від відомих враховує ЕРС, яка наводиться при русі електровоза, що дозволяє підвищити надійність компенсаційних пунктів.

Вперше запропоновано оцінювати рівні електромагнітної сумісності за допомогою коефіцієнта передачі перешкоди, особливістю якого є врахування перешкоди ТПЧ у встановленні залежності загасання нелінійних викривлень кривої напруги в системі електропостачання шахти.

Практичне значення отриманих результатів

Представлені в дисертаційній роботі теоретичні розробки дозволили:

- розробити алгоритм визначення раціональних параметрів пускового режиму тягових частотних перетворювачів з урахуванням характеру протікання електромагнітних процесів в лініях з розподіленими параметрами;
- обґрунтувати методику розрахунку допустимої відстані між компенсаційними пунктами з урахуванням внесеного електровозом опору;
- встановити зони гранично допустимих значень швидкості наростання вихідного струму ТПЧ при різних довжинах тягової мережі, що виключають перенапруги;
- розробити методику оцінки електромагнітної сумісності тягових перетворювачів частоти і шахтної системи електропостачання з урахуванням віддаленості точки підключення перетворювача до мережі;

– виконати розрахунок економічної ефективності застосування раціональних режимів пуску перетворювача при мінімізації втрат потужності й кількості пусків ТПЧ.

Аналіз змісту дисертаційної роботи

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновку, списку літератури, додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 168 сторінок, з них 32 ілюстрацій по тексту, 4 додатки на 13 сторінках, 81 найменувань використаних літературних джерел на 9 сторінках.

Вступ містить загальні положення дисертаційної роботи, мету та задачі досліджень, наукову новизну отриманих результатів, їх практичне значення, відомості про апробацію результатів дисертаційної роботи.

У першому розділі розглянуті особливості режимів системи транспорту з індукційною передачею енергії для вугільних шахт. Проаналізовані наукові здобутки стосовно розробки тягових перетворювачів підвищеної частоти, тягових електричних мереж та систем керування приводом тягових електровозів. Аналіз робіт, присвячених дослідженню режимів передачі та перетворення енергії в системі ТПЧ – тягова мережа – електровоз, дозволив визначити, що недостатньо досліджені засоби формування раціональних, з точки зору забезпечення допустимих рівнів напруги, режимів для нормального функціонування комплексу.

У другому розділі виконано аналіз особливостей протікання електромагнітних процесів в тягових мережах підвищеної частоти. Враховуючи специфіку даного класу електротехнічних задач виконано підбір необхідного математичного апарату для моделювання перехідних процесів в тяговій мережі безконтактного транспорту. Критичний аналіз методів розрахунку перехідних процесів в лініях з розподіленими параметрами, що мають зосереджені неоднорідності, показує, що операторні рішення і методика набігаючих хвиль не дозволяє врахувати всі

компенсаційні пункти вздовж тягової мережі. Це пояснюється технічними особливостями даного класу мереж, унікальними режимами роботи на розподілене навантаження при передачі енергії. Систему «телеграфних рівнянь», яка описує перехідні процеси, запропоновано рішення числовим методом прогонки.

В результаті перетворення та дискретизації системи диференціальних рівнянь в часткових похідних отримано лінійні рівняння в кінцево-різницевій формі, які дозволяють розраховувати нові співвідношення режимних параметрів при різних комбінаціях вихідних даних.

Третій розділ присвячений моделюванню пускових та ненавантажених режимів роботи тягової мережі, враховуючи усі можливі комбінації параметрів лінії та перетворювача.

Адекватність результатів моделювання оцінювалось при порівнянні отриманих моделей з експериментальними даними. Значення відносної похибки для розглянутих моментів часу коливається в межах 1,14 - 9,8%. В якості контрольних приймаються перетини, в яких встановлені компенсаційні пункти, і перший перетин лінії. Розрахунок відносних похибок показав, що найменше значення похибки спостерігається для значення напруги в першому перетині лінії.

У **четвертому розділі** поставлена та вирішена задача визначення раціональних режимних параметрів тягової мережі в пусковому режимі. При цьому використовувався відомий алгоритм пуску ТПЧ, при якому струм плавно наростає від нульового значення до деякого проміжного (початкового) значення, а потім до усталеного. Для отримання функціональних залежностей струму і напруги тягової мережі, необхідних для вирішення задачі, застосовані методи регресійного аналізу.

При розробці раціональних режимів тягової мережі враховувалися різні поєднання початкових умов і визначено, що із зміною довжини лінії швидкість наростання первинного струму змінюється. В рамках вирішення наукової задачі проведено дослідження рівнів втрат активної потужності в

тяговій мережі при пуску.

У п'ятому розділі розглянуті питання електромагнітної сумісності тягових перетворювачів частоти та іскробезпека сторонніх провідників у перехідних режимах тягової мережі. Дані дослідження доповнюють рішення поставленої наукової задачі та працюють на єдиний науковий результат забезпечення енергоефективних режимів функціонування шахтного транспорту з індуктивною передачею енергії.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях безпосередньо ґрунтується на результатах, що відображені в опублікованих 14 друкованих працях, з них 11 – статті у фахових виданнях (з яких 2 – статті у виданнях з високим індексом цитування, 3 – статті у закордонних виданнях), 3 – матеріали наукових конференцій.

Отримані результати пройшли достатню апробацію на 3 науково-практичних конференціях і семінарах.

Автореферат відповідає змісту дисертації та висвітлює її основні положення.

Рекомендації щодо використання результатів дослідження

Висновки, що містяться у дисертації, розроблені здобувачем математичні моделі перехідних процесів тягових мереж можуть бути рекомендовані і рекомендуються для подальшого розвитку безконтактних видів транспорту та використання при проектуванні новітніх транспортних систем.

Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації

1. В розділі 1 дисертаційної роботи при постановці задачі дослідження недостатньо розкриті особливості системи живлення тягової мережі та тягових електродвигунів. Слід було б більш детально вказати технічні параметри та умови забезпечення передачі електричної енергії в системі ТПЧ-тягова мережа-електровоз.

2. В розділі 1.1 на думку опонента варто було згадати про альтернативний варіант шахтного електровозного транспорту з використанням контактних-акумуляторних електровозів, що мають на вугільних шахтах схожу область використання.

3. В дисертаційній роботі (стор. 75, рис. 3.8 б) зазначено, що втрати реактивної потужності ΔQ можуть досягати $2 \cdot 10^6$ Вар, що нереально, так як це на порядок вище потужності перетворювача. Активні втрати, власно визначаючі енергоефективність – не розглянуті (с. 77).

4. На стор. 98 – 99 наведені результати оптимізації початкових струмів та часу за різними критеріями та методами, але висновки дещо нечіткі. Не розглянуто питання обмеження перенапруг за допомогою варисторів.

5. На стор. 107 – 109 втрати потужності під час пуску (рис. 4.4 – 4.5) мають незначну тривалість (менше 0,2 с) и не можуть відігравати істотну роль. Втрати за решту часу значно більші, а вони в роботі не розглядаються або не наведені.

6. На стор. 132 розглянуті втрати від несинусоїдальності, пов'язані з частотним приводом, що не мають прямого відношення до роботи. Значення збитку, пов'язаного з втратами на рис. 5.8 наведено в грн., що створює невизначеність – варто було б привести в кВт·ч.

7. З матеріалів розділу 3 незрозуміла тактика вибору інтегрування для рішення системи диференціальних рівнянь у часткових похідних, враховуючи особливості протікання перехідних процесів у мережах підвищеної частоти та велику кількість неоднорідностей.

8. Недостатньо обґрунтовано вплив якості напруги у шахтній розподільчій мережі на процеси у тяговій мережі транспорту. Необхідно більш критично вказати які показники якості необхідно враховувати та контролювати для забезпечення нормального режиму мережі.

9. Згідно розділу 4.1 відмова від апроксимації поліномами обґрунтована її недостатньою точністю при часі, що виходить за межі 2 мс. Разом з тим експоненційна апроксимація виконана для часу меншим за 2 мс, тому вибір виду апроксимації для обґрунтування вихідних параметрів ТПЧ необхідно було б цей факт уточнити.

10. У четвертому розділі йдеться про зниження втрат активної потужності в тяговій мережі в пусковому режимі. Однак незрозуміло, з яких причин це може відбуватися.

11. Результати розділу 4.3 потребують більш детального пояснення, тому що незрозуміло, як за допомогою отриманих кривих (рис. 4.6 і 4.7) можливо визначити вихідні параметри ТПЧ, що виключають перенапруги в тяговій мережі.

12. Зауваження по тексту автореферату:

–В формулах (1), (2), (3) відсутнє пояснення ряду величин;

–На стор. 8 присутня фраза «...розроблена у середовищі MathCad». На наш погляд таке посилання не зовсім коректно.

Однак, вказані зауваження в цілому не знижують теоретичної та практичної цінності досліджень, та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Лисенко О.Г.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Лисенко О.Г. є закінченою науковою працею, в результаті виконання якої запропоновано нове вирішення актуальної наукової задачі щодо встановлення закономірностей зміни режимів тягової мережі безконтактного транспорту та обґрунтуванні вибору необхідних параметрів режимів електроспоживання з урахуванням стану мережі

живлення і тягового перетворювача, що забезпечує підвищення ефективності роботи транспорту з індукційною передачею енергії за рахунок зниження рівня електроенерговтрат і виключення моментів перенапруг в тяговій мережі та елементах електромеханічної системи.

За структурою, характером викладення матеріалу, автореферату, апробацією результатів дисертаційна робота «Рациональні режими роботи тягової мережі транспорту з індукційною передачею енергії» відповідає вимогам п.п. 9, 11 та 13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а її автор – Лисенко Олександра Геннадіївна – заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – «Електротехнічні комплекси та системи».

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматизованих
електромеханічних систем
в промисловості та транспорті
Державного вищого навчального
закладу «Криворізький
національний університет»

I. O. Сінчук

I. O. Сінчук



Підпис: *I. O. Сінчук*
ЗАСВІДЧУЮ
Учасник секретар ДВНЗ
Ташуєва М. І.

Від гурту
03.12.15
В. Г. Ш. С. секретар

єдиний нашій



Осета муні О.В.