

ВІДГУК

офіційного опонента

Папаїки Юрія Анатолійовича

на дисертаційну роботу Безверхньої Юлії Сергіївни

«Вдосконалення підходів визначення параметрів тролейних шинопроводів систем цехового електропостачання з нелінійними навантаженнями»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

1. Актуальність теми

Виробництво металургійної енергоємної продукції, забезпечення технологічних операцій за допомогою застосування підйомно-транспортних механізмів, в тому числі кранових електроприводів в цехах підприємств, є вельми енерговитратним. Тому, для модернізації власних енергосистем підприємств металургійної промисловості України потрібне застосування сучасних рішень в області енергоресурсозбереження. Широке застосування силових напівпровідникових перетворювачів у всіх галузях промисловості спричиняє генерацію вищих гармонік струму в тролейних шинопроводах, що призводить до негативного впливу на ефективність і надійність елементів системи електропостачання (збільшення активного та індуктивного опорів, втрат напруги, активних втрат в струмопровідниках), зокрема цехових тролейних шинопроводів. Існуючі інженерні методики розрахунку не забезпечують достовірність і точність розрахунку зазначених параметрів. Використання польового моделювання електромагнітних процесів в активних елементах тролейного шинопровода дозволяє забезпечити високу точність та достовірність визначення активного та індуктивного опорів і електромагнітних параметрів шинопровода, однак це ускладнює математичні формулювання опису нелінійних властивостей активних елементів тролейного шинопровода, польових рівнянь у частинних похідних для кожної складової гармоніки струму, що потребує збільшення витрат часу на чисельну реалізацію. Це обумовлює актуальність та важливість науково-

прикладного завдання, що спрямовано на вдосконалення підходів моделювання електромагнітних процесів та розробки нових підходів підвищення точності визначення активного та реактивного опорів і електромагнітних параметрів тролейного шинопровода з врахуванням гармонійних складових струму навантаження для інженерного застосування.

Актуальність теми дисертації підтверджується тим, що вона виконувалась в межах наукових досліджень Національного університету "Запорізька політехніка" за держбюджетними темами ДБ 03415 «Розробка та дослідження напівпровідникових перетворювачів для електроприводу за схемою струмопараметричного асинхронно-вентильного каскаду», (номер держреєстрації 0115U002566); та ДБ 03517 «Підвищення ефективності та надійності електротехнічних систем трансформування змінного струму» (номер держреєстрації 0117U003921), в яких авторка була виконавцем окремих етапів.

Мета сформульована в роботі, відповідає обраному напрямку дослідження, отримані результати мають наукову новизну та сприяють досягненню мети.

2. Обґрунтованість і ступінь достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Безверхньої Ю. С. в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного зору. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується коректністю основних задач дослідження та відповідністю основних результатів дисертаційної роботи до поставленої мети, використанням фізико-обґрунтованої математичної моделі з коректністю зроблених припущень щодо врахування електромагнітних процесів в активних елементах тролейного шинопровода, а також проведеними експериментальними дослідженнями в лабораторних умовах НУ "Запорізька політехніка". Похибка розрахункових даних падіння напруги за запропонованою методикою та експериментальними даними в залежності від коефіцієнту потужності складає $3,03 \div 8,57\%$. Результати експериментальних і теоретичних досліджень

доповідались та обговорювались на міжнародних науково-технічних конференціях, а також опубліковані в наукових фахових виданнях.

3. До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- отримали подальший розвиток методи польових розрахунків, які відрізняються від існуючих виконанням декомпозиції електромагнітних процесів в активних елементах шинопровода, що дозволило підвищити ефективність чисельної реалізації та вдосконалити підходи визначення параметрів тролейного шинопровода з врахуванням впливу гармонійних складових струму навантаження;

- запропоновано математичну двовимірну польову модель у частотній постановці задачі, яка відрізняється від існуючих тим, що дозволяє для кожної відповідної амплітуди і частоти i -ї гармоніки струму визначити електромагнітні параметри тролей шинопровода з врахуванням нелінійності магнітних та електрофізичних властивостей матеріалів, скін-ефекту, ефекту близькості, поверхневих та інших крайових ефектів;

- вдосконалено математичну модель щодо визначення втрат напруги в тролєях шинопровода в залежності від коефіцієнту потужності мережі, яка відрізняється від відомої тим, що дозволяє для кожного спектру частоти вищих гармонік струму врахувати кут зсуву за фазою падіння напруги, викликаного дією зовнішнього магнітного поля від струмів в сусідніх тролєях шинопровода, який дорівнює;

- запропоновано імітаційну модель взаємопов'язаних електромагнітних процесів між електроприводом механізму переміщення та струмопровідними елементами мостового крана, яка відрізняється від існуючих тим, що дозволяє за даними розрахунку польової моделі використовувати інтегровані значення активного та реактивного опорів тролей шинопровода та визначити їх електромагнітні параметри в залежності від відстані розташування мостового крана до точки живлення тролей шинопровода.

4. Практичне значення роботи:

- запропоновано алгоритм, який на основі даних польового моделювання, з врахуванням особливості конструкції та конфігурації тролейного шинопровода, дозволяє встановити функціональну залежність падіння напруги від частоти та амплітуди вищих гармонік струму, яка представлена у вигляді бікубічного полінома, та дозволяє для діючих спектрів і амплітуд вищих гармонік струму, підібрати необхідні значення коефіцієнтів полінома без витрат часу на польове моделювання;

- запропоновано нову методику, яка з високою точністю ($3,03\% \div 8,57\%$ в залежності від) без витрат часу на польове моделювання, для кожної n -ї гармоніки струму дозволяє визначити значення активного та реактивного опорів і падіння напруги з врахуванням і без врахування дії зовнішнього магнітного поля, незалежно від форми і розташування тролей, відстані між ними і кількості фаз шинопровода;

- на основі теоретичного дослідження, для підвищення ефективності роботи електроприводів мостового крану, розроблені рекомендації щодо зменшення втрат напруги та активних втрат в тролєях шинопровода від дії вищих гармонік струму навантаження до рівня втрат напруги та активних втрат при основній гармоніці струму;

- результати дисертаційної роботи впроваджені та використані на ТОВ "Запорізький ливарно-механічний завод" м. Запоріжжя (гірничо-металургійної групи ТОВ «Метінвест Холдинг»), що забезпечило збереження проектних показників втрат напруги та активних втрат в тролєях шинопровода живлення мостового крану після модернізації на частотно-регульований електропривод.

5. Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень:

1) на ТОВ "Запорізький ливарно-механічний завод" м. Запоріжжя (гірничо-металургійної групи ТОВ «Метінвест Холдинг»);

2) у навчальний процес кафедри електричних машин Національного університету "Запорізька політехніка" для розробки нових дисциплін та лабораторних робіт для студентів першого та другого рівнів вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», що навчаються за освітньою програмою «Електричні машини та апарати».

6. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Результати досліджень опубліковані у 12 наукових працях, зокрема, 2 статті у закордонному виданні, що входить до міжнародних наукометричних баз (індексується в Scopus та Web of Science); 1 стаття у виданні, що входить до категорії А переліку фахових видань України (індексується в Scopus); 3 статті у виданні, що входить до категорії Б переліку фахових видань України (індексується у міжнародних наукометричних базах Ulrich's Periodicals Directory, ReserchBib, DOAJ, Google Scholar та ін.); 4 статті у матеріалах міжнародних конференцій (індексується у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science); 2 тези доповідей в збірниках конференцій. Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають змісту дисертації та відповідають вимогам пункту 11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, Затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167 зі змінами (постанова КМУ №979 від 21.10.2020р. та №608 від 09.06.2021р.).

7. Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Безверхньої Ю. С. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку джерел посилання, чотирьох додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова і практична цінність, сформульовані мета і задачі дослідження, які необхідно

вирішити для її досягнення, описано зв'язок дисертації з науковими планами та темами, приведена апробація дисертаційної роботи і публікації.

В першому розділі описано об'єкт дослідження, приведено аналіз особливостей тролейних шинопроводів у системах цехового електропостачання, обрано напрям теоретичних і експериментальних досліджень, здійснено постановку задач дисертаційної роботи.

У другому розділі удосконалено метод польового розрахунку, на основі якого запропоновано математичну двовимірну польову модель електромагнітних процесів в елементах конструкції тролейного шинопровода, встановлено співвідношення падіння напруги та активних втрат для різних форм тролей шинопровода від спектрів частот і амплітуд k -х гармонік струму і коефіцієнту гармонійних спотворень. Запропоновано алгоритм, який дозволяє встановити функціональну залежність падіння напруги від частоти та амплітуди вищих гармонік струму.

В третьому розділі удосконалено підхід, на основі якого розроблено методику щодо визначення активного та реактивного опорів й електромагнітних параметрів тролейного шинопровода. Вдосконалено математичну модель щодо визначення втрат напруги в тролєях шинопровода в залежності від коефіцієнту потужності мережі. Проведено експериментальне дослідження, що підтверджує високу точність та ефективність запропонованої методики.

В четвертому розділі запропонована імітаційна модель взаємопов'язаних електромагнітних процесів між електроприводом механізму переміщення та струмопровідними елементами мостового крана. На прикладі роботи механізму переміщення існуючого мостового крана 32т механічного цеху ТОВ «ЗЛМЗ» м. Запоріжжя проведено дослідження взаємопов'язаних електромагнітних процесів між електроприводами механізму переміщення мостового крану та тролєями шинопровода.

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

Список використаних джерел із 195 найменувань досить повний і включає

вітчизняні та зарубіжні публікації.

Анотація відображає основному змісту дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. При розгляді конструктивних особливостей та режимів роботи тролейних шинопроводів не наведено аналітичний матеріал щодо складу нелінійного навантаження 0,4 кВ, бо саме несинусоїдальність та несиметрія напруги визначає шкідливий вплив на електрообладнання.

2. Аналіз засобів компенсації реактивної потужності та нормалізації якості напруги в промислових системах електропостачання виконано у загальному вигляді. Слід було в конкретно вказати найбільш ефективні способи та розкрити особливі режими засобів компенсації при живленні кранового електропривода.

3. Припущення щодо симетричності цехового навантаження необхідно обґрунтувати, наскільки технологічна несиметрія може змінити результати моделювання режимів цехової розподільчої мережі польовими методами.

4. Запропонована математична двовимірна польова модель електромагнітних процесів у частотній постановці задачі враховує лише канонічні гармоніки 5, 7, 11, 13. Можливо, автору слід було б навести результати у загальному вигляді, що дозволило б врахувати довільний склад вищих гармонік та інтергармонік.

5. З практичної точки зору дослідження Розділу 2 щодо знаходження раціональної міжфазної відстані тролейних ліній не обґрунтовано, оскільки як об'єкт дослідження вказано стандартні комплектні шинопроводи ШТМ, ШТА з фіксованою відстанню між сусідніми фазами.

6. В роботі присутні незначні орфографічні помилки та неточності (формула 3.39), що не погіршують розуміння тексту та вивід основних наукових результатів.

Вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичне значення.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Безверхньої Юлії Сергіївни «Вдосконалення підходів визначення параметрів тролейних шинопроводів систем цехового електропостачання з нелінійними навантаженнями» за своїм змістом відповідає спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв’язує важливу науково-прокладне завдання, яке спрямовано на подальший розвиток методів польового розрахунку електромагнітних процесів в елементах конструкції тролейного шинопровода та удосконалення підходів визначення їх активного та реактивного опорів й електромагнітних параметрів з врахуванням впливу гармонійних складових струму навантаження. Дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 10, 11, 12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, Затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167 зі змінами (постанова КМУ №979 від 21.10.2020р. та №608 від 09.06.2021р.), а здобувач Безверхня Юлія Сергіївна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Офіційний опонент
Доктор технічних наук, доцент,
завідувач кафедри електроенергетики
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»

05.01.2022 р.

Підпис Ю.А. Папаїки засвідчую


Юрій ПАПАЙКА

Підпис засвідчую:
вчений секретар
Вченої ради

