

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Семенюга Олександра Миколайовича «Методи та моделі покращення електромагнітної сумісності в кабельних лініях електроприводів із частотним управлінням», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи

Актуальність теми

Електроприводи із асинхронними двигунами є найбільш розповсюдженими у світі. В даний час широкого поширення в різних галузях промисловості набув частотно-регульований асинхронний привод, у якому оптимальне управління швидкістю обертання асинхронного двигуна досягається плавною зміною частоти та амплітуди напруги живлення. Сучасні перетворювачі частоти виконуються за принципом широтно-імпульсної модуляції та дозволяють легко змінювати частоту на виході перетворювача, але форма напруги живлення, що подається на асинхронний двигун, при цьому значно відрізняється від синусоїдальної. На малих відстанях передача такої напруги відбувається без ускладнень. Але в умовах існуючих підприємств довжина кабелів між перетворювачем частоти і асинхронним двигуном може досягати декількох сотень метрів, що викликає «проблему довгого кабелю». При наявності кабелів значної довжини, вони є потужними джерелами електромагнітних завад та спотворень форми напруги, яка прикладена до двигунів. Негативними наслідками у даному випадку є: негативний вплив на ізоляцію обмоток двигуна і самого кабелю, що призводить до її передчасного зносу; наявність високочастотних складових в спектрі напруги живлення призводить до виникнення додаткових втрат в сталі двигуна та підвищеного нагрівання і зниження його корисної потужності. Існуючим шляхом розв'язання питання електромагнітної сумісності в теперішній час є застосування різноманітних фільтрів, але обґрунтована методика розрахунку таких фільтрів відсутня.

Таким чином, покращення електромагнітної сумісності кабельних ліній в електроприводах із частотним управлінням є важливою науково-технічною задачею. Тема дисертаційної роботи Семенюга О. М., що присвячена її вирішенню, є актуальною.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна

У представленій до захисту дисертаційній роботі основними результатами досліджень автора є метод покращення електромагнітної сумісності в кабельних лініях електроприводів із частотним управлінням асинхронних двигунів, створення математичних моделей розповсюдження електричної енергії в кабельних лініях електроприводів із частотним управлінням та роботи кабельних ліній в режимі без спотворень. Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечується коректними постановками завдань, системним підходом при проведенні досліджень.

Достовірність результатів досліджень

Достовірність основних результатів досліджень підтверджується коректністю використання апарату математичного моделювання та наукових положень. Для розв'язання поставлених задач використовувались положення теорії ліній з розподіленими параметрами та теорії перехідних процесів, теорії диференціальних рівнянь та динамічних систем, методи теорії електромагнітного поля та методи обчислювальної математики. Для перевірки результатів застосовано методи експериментальних досліджень та математичної статистики. Достовірність основних результатів досліджень підтверджена, отриманими результатами комп'ютерного моделювання, які повністю підтверджуються теоретичними засадами електротехніки та результатами верифікації.

В дисертації Семенюга О. М. отримано такі результати, які мають суттєву наукову новизну:

- отримано подальший розвиток теорії математичного моделювання розповсюдження електричної енергії в кабельних лініях електроприводів із частотним управлінням, яка відрізняється від існуючих моделей використанням аналітичних виразів;
- дістав подальшого розвитку метод експериментального визначення первинних параметрів кабелів, який відрізняється від існуючих простотою експерименту і не потребує спеціального обладнання;
- вперше створено математичні моделі роботи кабельних ліній без спотворень, які представлені в аналітичній формі, що дозволило зробити висновок про неможливість досягнення електромагнітної сумісності при використанні багатожильних кабелів як ліній зв'язку між перетворювачем частоти та асинхронним двигуном;

– вперше запропоновано метод покращення електромагнітної сумісності частотних перетворювачів та асинхронних двигунів, який полягає у використанні системи окремих екранованих одножильних кабельних ліній в режимі без спотворень.

Значимість отриманих результатів для теорії

На основі проведених у дисертаційній роботі досліджень здобувачем отримано подальший розвиток теорії математичного моделювання розповсюдження електричної енергії в кабельних лініях електроприводів із частотним управлінням та представлення моделей в аналітичній формі.

Практична цінність отриманих результатів

Практична цінність отриманих результатів полягає у розробці способу покращення електромагнітної сумісності частотних перетворювачів та асинхронних двигунів шляхом досягнення режиму роботи кабельних ліній без спотворень завдяки використанню одножильних кабелів і встановленню додаткових котушок індуктивності в розрив екрану (броні) кабелю та визначення критичної довжини лінії електропередачі, при якій забезпечується заданий рівень спотворень вихідної напруги. Результати досліджень впроваджено в навчальному процесі Одеського національного політехнічного університету та на маслоекстракційному заводі S.A. "Floarea Soarelui", м. Бельці, р. Молдова. Підтвердженням впровадження результатів дисертаційної роботи є наявність відповідних актів.

Короткий аналіз змісту дисертації і відповідність його поставленим задачам

У вступі викладено актуальність роботи, мету та задачі дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, відомості про публікації автора за темою дисертації та апробацію результатів на наукових конференціях. Обсяг і форма вступу відповідають загальноприйнятим вимогам до кандидатської дисертації та є цілком достатніми для ознайомлення зі змістом положень, що виносяться автором на захист.

У першому розділі виконано аналіз причин виникнення спотворень форми напруг та струмів в лініях електропередач та наслідків їх впливів на роботу частотно-регульованих електроприводів та здійснено аналіз публікацій, які стосуються теми досліджень.

Другий розділ присвячено теоретичним засадам побудови та аналізу математичних моделей для розрахунку напруг та струмів в лініях електропередач частотно-регульованих електроприводів в різних режимах

роботи, а також розроблено метод аналітичного розрахунку коефіцієнту корисної дії лінії, для визначення умов передачі електричної енергії між частотними перетворювачами та двигунами з мінімальними втратами. Показано, що для коректного використання запропонованих моделей необхідно знати первинні параметри кабелю.

В третьому розділі розроблено метод визначення первинних параметрів ліній електропередач. Розглянуто варіанти ліній з двома та трьома провідниками. Показано, що для визначення первинних параметрів трифазної лінії достатньо провести експеримент таким же чином, як і для двопровідної лінії, використавши будь-які два проводи трифазної лінії. Для визначення первинних параметрів кабелів застосовано доступне обладнання: генератор сигналів синусоїдальної форми, вольтметри, амперметри, фазометри. Адекватність методу підтверджується співпадінням експериментальних та розрахункових даних з похибкою не більше 5%.

У четвертому розділі показано, що основною причиною виникнення проблеми електромагнітної сумісності в довгих лініях зв'язку частотного перетворювача з асинхронним електродвигуном є спотворення форми напруги на виході кабельної лінії. Запропоновано метод покращення електромагнітної сумісності частотних перетворювачів та електродвигунів в частотно-регульованих електроприводах шляхом застосування окремих екранованих одна від одної одножилевих кабельних ліній, кожна з яких працює в режимі без спотворень. Для забезпечення роботи кабельних ліній в режимі без спотворень рекомендовано штучно збільшити питому індуктивність кабелю шляхом включення додаткових котушок в розрив екрану (броні) кабелю.

Загальні висновки по дисертації є коректними, відображають наукові й практичні результати, які отримано автором.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності

Структура дисертації, послідовність викладення матеріалу та його обсяг відповідають встановленим вимогам. Назва теми дисертації відповідає її змісту. Дисертація написана в зрозумілій, доступній формі. Стиль викладення матеріалу логічний, основні положення достатньо аргументовані, в тому числі посиланнями на літературні джерела. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені у 10 наукових працях, в тому числі 6 статей у наукових фахових виданнях України, в тому числі 1 стаття – у виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, також 3 статті в інших наукових періодичних виданнях України, 1 доповідь на міжнародній науковій конференції та патент України на корисну модель.

Аналіз робіт дозволяє зробити висновок, що в них в повному об'ємі опубліковано матеріали дисертації. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Список використаних джерел із 113 найменувань охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації. У авторефераті розкрито внесок дисертанта в даний науковий напрям, розкриті новизна розробок, теоретичні і практичні значення результатів проведених досліджень. Автореферат відповідає змісту дисертаційної роботи.

До змісту та оформлення дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. В першому пункті наукової новизни автор підкреслює підвищену точність удосконаленої математичної моделі розповсюдження електричної енергії в кабельних лініях електроприводів із частотним управлінням за рахунок використання аналітичних виразів у порівнянні з існуючими моделями, які використовують числові методи, однак, по тексту роботи не простежується порівняння цих моделей і нічого не сказано про те, з якою точністю отримано рішення.

2. В четвертому пункті наукової новизни спочатку говориться про покращення електромагнітної сумісності, а потім про її досягнення. Вважаю, що мова може йти тільки про її покращення, як це впливає з теми роботи.

3. Перший розділ дисертації, а саме, параграфи 1.2 та 1.3 можна було викласти більш лаконічно без шкоди для основного змісту роботи, оскільки викладені в даних параграфах положення добре відомі та безпосередньо не відносяться до розв'язання поставленого науково-технічного завдання.

4. В параграфі 1.1 при розгляданні понять та показників якості електричної енергії та електромагнітної сумісності автор посилається тільки на міждержавний стандарт ГОСТ 13109-97 та серію стандартів IEC 61000. Проте з огляду на тему роботи доцільно було б розглянути також стандарт ДСТУ EN 61800-3:2015, який ідентичний стандарту IEC 61800-3:2004.

5. Висновки на с. 125 вступають в деяке протиріччя з проміжними висновками на с. 117-118 стосовно досягнення режиму роботи кабельної лінії без спотворень, адже окремі провідники, які з'єднують перетворювач частоти та електродвигун, в будь-якому випадку будуть гальванічно зв'язані.

6. С. 120-121. Не зрозуміло, яке значення параметру N використовувалося при розрахунках коефіцієнту спотворень форми напруги k_F , які наведені в таблиці 4.1. Також доцільність використання параметру N в знаменнику виразу для визначення коефіцієнту k_F сумнівна, оскільки кількість гармонік в розкладанні в ряд Фур'є теоретично може бути нескінченною, отже значення k_F буде прямувати до 0.

7. Розроблений автором метод покращення електромагнітної сумісності частотних перетворювачів та електродвигунів бажано було б опрацювати більш детально, а саме, розглянути економічні аспекти такого технічного рішення. Адже світовими виробниками силових напівпровідникових перетворювачів (Eaton, Schneider Electric, Danfoss та ін.) для подолання проблеми електромагнітної сумісності обладнання широко застосовуються RFI-фільтри, фільтри dU/dt , синусні фільтри тощо.

8. По тексту роботи є декілька неточностей та несуттєвих помилок. Наприклад: с. 21 «Роль автора ... полягає у розробці моделей, методів та алгоритмів створення електромагнітної сумісності кабельних ліній в електроприводах із частотним управлінням» – скоріше за все мова йде про забезпечення або покращення електромагнітної сумісності; с. 23 другий пункт практичних результатів – з огляду на висновки роботи замість слова «покращення» доцільно було б використовувати «створення»; с. 33 посилання на IEC/TR 61000-2-1 не відповідає списку використаних джерел; с. 109 «Вимірювалися діючі значення струму та напруги на вході кожного провідника, а також зсуви за фазою між струмом та напругою» проте в таблиці 3.1 також наведені результати вимірювань на виході кабелю; с. 110 в таблиці 3.2 відсутній первинний параметр C_{12} ; в списку використаних джерел пункти 17 та 88 фактично повторюють один одного, в пункті 88 в прізвищі автора помилка.

Зазначені зауваження не мають принципового характеру, не ставлять під сумнів наукову новизну та достовірність одержаних в дисертації результатів. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Семенюга О. М., її наукову та практичну цінність.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Семенюга Олександра Миколайовича «Методи та моделі покращення електромагнітної сумісності в кабельних лініях електроприводів із частотним управлінням» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішено актуальне науково-технічне завдання покращення електромагнітної сумісності в кабельних лініях електроприводів із частотним управлінням

Виходячи з актуальності теми, достатніх рівнів достовірності та наукової новизни результатів, теоретичного та практичного значень, повноти викладу в опублікованих працях, апробації основних положень, вважаю, що дисертаційна робота цілком відповідає вимогам п.п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567, а її автор, Семенюг Олександр Миколайович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

Офіційний опонент,
зав. кафедри електротехніки та систем
ракетно-артилерійського озброєння
Військової академії (м. Одеса),
к.т.н.

А. Ю. Букарос

Підпис засвідчує
Начальник відділу
персоналу та
строю
майор МІКРЮКОВ
* Код 24083020 *