

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента,
доцента кафедри суднових електроенергетичних систем,
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
Новоград-Волинського Сергія Миколайовича
на дисертаційну роботу

Іванова Антона Віталійовича

**«Енергоефективні електромагнітні приводи вібраційних
транспортуючих пристроїв»,**

яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»

Актуальність теми дослідження

Вібраційні приводи використовуються в багатьох технологічних процесах, одним з яких є транспортування. З іншого боку, підвищення енергоефективності промислового устаткування та зменшення витрат енергії при належному підтвердженні економічної доцільності прийнятих технічних рішень в наш час є задачею важливою. З огляду на зазначене, тему дисертаційної роботи вважаю актуальною та такою, що відбиває сучасні потреби промисловості.

Новизна отриманих результатів

В дисертаційній роботі зазначено три пункти наукової новизни.

Перший пункт акцентує увагу на обґрунтуванні живлення обмотки вібратора напругою прямокутної форми із двома імпульсами протилежної полярності певної тривалості та зсунутих у часі на певний час, що дозволяє максимально знизити втрати енергії і, як результат, отримати максимум ККД. Однак, дію електромагніту визначає форма струму обмотки, що передбачає більш складну форму напруги для досягнення максимуму ККД. Тому вважаю, що базисом в першому пункті є прямокутна форма напруги, а отриманою новизною є визначення часових проміжків дії напруги, що дозволяють отримати при такій формі максимум ККД.

В другому пункті в якості новизни здобувач зазначив отримані енергетичні характеристики електромагнітного вібраційного привода за допомогою колопольового методу. Для запропонованого методу керування напругою вібраційного транспортуючого пристрою це дозволяє передбачити найбільш ефективні часові проміжки дії певного рівня напруги для отримання максимального ККД. Таким чином другий пункт новизни має суміжний із першим пунктом отриманий науковий результат. Можливо, доцільним було б поєднання обох пунктів.

За третім пунктом новизни вказано розвиток структурної схеми системи керування електромагнітним приводом, що дозволяє реалізувати живлення обмотки

електромагніту напругою прямокутної форми зі зміною часових інтервалів дії певних рівнів напруги в залежності від помилки керування для забезпечення мінімальних втрат енергії. За цим пунктом зауважень не має.

Загалом можна констатувати, що робота Іванова Антона Віталійовича має ознаки наукової новизни в достатньому об'ємі для присудження здобувачу наукового ступеня доктора філософії.

Відповідність теми дисертації та рівня наукової обґрунтованості результатам досліджень

В дисертаційній роботі достатньо послідовно викладені результати досліджень. Зокрема, розглянуті конструктивні особливості вібраційних приводів та їх систем керування, в результаті порівняння систем живлення із синусоїдальною та прямокутною формами напруги доведена енергоефективність останньої, шляхом математичного моделювання доведено енергоефективність введення між двома прямокутними імпульсами напруги протилежної полярності часового проміжку із нульовою напругою, запропоновані зміни у структурній схемі системи керування, що дозволяють реалізувати новий закон керування напругою живлення, проведені натурні дослідження експериментальної установки, які доводять правильність отриманих теоретичних наукових результатів.

Треба зазначити, що всі аналітичні розрахунки та математичне моделювання виконувалось із застосуванням вже апробованих методів та з використанням відомих математичних програмних середовищ.

Таким чином, тема дисертації відповідає проведенню в роботі дослідженням, а результати досліджень мають високий рівень наукової обґрунтованості.

Рівень виконання поставленого наукового завдання

Наукове завдання в дисертаційній роботі зазначено у вигляді 4 пунктів.

1. Дослідження енергетичних характеристик електромагнітних вібраційних приводів при різних формах напруги живлення, визначення оптимальної частоти і форми напруги, що відповідає максимуму коефіцієнта корисної дії привода.

За першим пунктом виконано порівняння синусоїдальної та прямокутної форм напруги, причому синусоїдальна форма напруги формувалась ШІМ регулюванням силових транзисторів. Енергетичні характеристики визначались для конкретного вібраційного приводу та аналізувались в різних режимах роботи. Останнє дозволяє отримані чисельні показники підвищення енергоефективності узагальнити для окремих частин вібраційного пристрою даного типу. В залежності від потужності та конструкції вібраційного пристрою певного типу співвідношення втрат окремих його частин може значно відрізнятись, а отже отримаємо різний вплив на сумарний ККД привода. Тому вважаю цей пункт виконаним частково.

2. Формування структури системи автоматичного керування електромагнітного вібраційного привода при несинусоїдальній формі напруги живлення, що забезпечує найбільшу енергетичну ефективність.

Другий пункт вважаю виконаним повністю, так як представлена структурна схема дозволяє реалізувати запропонований алгоритм керування вібраційним пристроєм, що доведено натурними дослідженнями в експериментальній частині дисертаційної роботи.

3. Дослідження перехідних процесів керування амплітудою та частотою привода.

Третій пункт має недолік у вигляді неконкретності методики дослідження та очікуваного результату. Не зрозуміло, чи ставилась задача дослідження перехідних процесів шляхом аналізу математичної моделі в загальному вигляді або шляхом чисельного моделювання, чи аналізу експериментальних досліджень. Здобувач досліджує енергетичну ефективність в усталених режимах вібраційного пристрою, тому виникає питання необхідності дослідження перехідних процесів. Загалом в роботі наведені результати математичного моделювання та експериментальні результати пуску вібраційного привода та зміни режиму роботи для конкретної установки. Тому в принципі можна вважати третій пункт виконаним.

4. Проведення експериментальних досліджень для підтвердження отриманих теоретичних результатів.

Четвертий пункт вважаю виконаним повністю. Розділ дисертаційної роботи, присвячений експериментальному дослідженню, структурований та змістовний, повністю підтверджує отримані теоретичні результати.

Таким чином, можна вважати, що поставлені у дисертаційній роботі завдання досягнуті.

Рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності

В дисертаційній роботі здобувач послідовно та ґрунтовно підходить до отримання наукових результатів. В першому розділі наведений аналіз існуючих конструкцій та видів вібраційних приводів, розглянуті принципи побудови систем керування. В другому розділі запропонований принцип регулювання напруги живлення, який дозволяє значно зменшити діюче значення струму обмотки електромагніту та зменшити втрати енергії у порівнянні із синусоїдальною напругою, що було підтверджено результатами математичного моделювання процесів у вібраційному приводі. В третьому розділі запропонована технічна реалізація енергоефективного імпульсного способу регулювання напруги у вигляді функціональної та структурної схем системи керування. В цьому ж розділі проведене імітаційне моделювання динаміки системи керування. В четвертому розділі представлена технічна реалізація керованого вібраційного привода із пропонуваним способом керування напругою живлення, наведені результати експериментальних досліджень, що підтверджують отримані теоретичні наукові результати.

Таким чином, можна констатувати логічний та ґрунтовний підхід до наукового дослідження обраної теми дисертаційної роботи, а також достатній рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Повнота викладення положень дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертації висвітлені у 3 публікаціях: у двох періодичних журналах, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України (один з них індексується у базі Scopus, квартиль Q3) та у матеріалах всеукраїнської науково-технічної конференції.

Кількість публікацій відповідає пункту 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Відсутність порушення академічної доброчесності

В процесі ознайомлення із дисертаційною роботою та із звітом щодо перевірки тексту рукопису електронним сервісом UNICHECK від 30.05.2024 р., порушень академічної доброчесності не встановлено.

Всі наукові положення та результати інших науковців, використанні здобувачем у дисертаційній роботі, мають коректні посилання на відповідні джерела.

Зауваження щодо змісту дисертаційної роботи

Незважаючи на достатньо високий рівень представленої дисертаційної роботи, присутні питання до змісту та форми викладеного матеріалу, які можна розглядати як у форматі подальшого розвитку наукових досліджень, так і у форматі дискусії щодо викладених в роботі результатів:

1. Дисертаційне дослідження у відповідності до обраної теми присвячене вібраційним транспортуючим пристроям, тому висвітлення в першому розділі інших типів вібраційних пристроїв є надлишковим. Натомість було б доцільно провести порівняння вібраційних із іншими видами транспортуючих систем за рівнем енергетичних та економічних показників.

2. В роботі при математичному моделюванні розглядається вібраційний привід із конкретними характеристиками, але отримані результати узагальнюються на всі вібраційні пристрої, що є дискусійним, так як співвідношення втрат енергії в окремих блоках вібраційного приводу може відрізнятися в залежності від конструктивних особливостей та потужності приводу. Тому правильніше було б при узагальненні говорити про відсоткове зниження в окремих частинах приводу (наприклад, інверторі, обмотці електромагніту, магнітопроводі електромагніту тощо).

3. При розрахунку ККД приводу найбільші втрати спостерігаються в обмотці електромагніту та в інверторі. Як можна бачити зі співставлення чисельних даних, наведених в таблицях 1.1. та 2.2., перехід з синусоїдальної напруги живлення на імпульсну при номінальному навантаженні зменшує: втрати в обмотці електромагніту з 61,6 Вт до 40,26 Вт; втрати в інверторі з 23,16 Вт до 14,18 Вт; втрати в сталі електромагніту з 3 Вт до 2 Вт (інші втрати знаходяться на рівні втрат в сталі). Якщо втрати в інверторі напряму залежать від закону регулювання вихідної напруги, то

втрати в електромагніті можна змінити за рахунок зміни кількості та площі поперечного перерізу провідників в обмотці, площі поперечного перерізу осердя. Тому кількісні оцінки ККД вібраційного приводу без чітких критеріїв оптимізації електромагнітної системи не можуть розглядатись як узагальнюючий фактор. Тут можлива лише якісна оцінка впливу запропонованого способу регулювання напруги на загальний ККД приводу.

4. Основна увага приділена регулюванню напруги, але в формуванні механічного імпульсу в електромагніті ключову роль відіграє форма та рівень струму, тому дослідження саме впливу форми струму на ефективність вібраційного приводу було б більш показовим з точки зору досягнення максимуму ККД.

5. Необхідність обмеження струму за рахунок нульового проміжку між різнополярними прямокутними імпульсами напруги виглядає обґрунтованою, але виникає питання щодо оптимальності прийнятого рішення. Наприклад, за рахунок зворотного зв'язку по струму також можна обмежити його рівень максимально припустимим значенням. Доцільніше було б запропонувати декілька підходів та обрати шляхом порівняння найбільш ефективний.

Загальна оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Іванова Антона Віталійовича за темою «Енергоефективні електромагнітні приводи вібраційних транспортуючих пристроїв» є самодостатньою науковою роботою, яка за науковим рівнем, практичною та науковою цінністю, обґрунтованістю основних результатів та кількістю публікацій відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор Іванов Антон Віталійович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент

доцент кафедри суднових

електроенергетичних систем,

Національного університету

кораблебудування

імені адмірала Макарова _____ Сергій НОВОГРЕЦЬКИЙ

Підпис засвідчую:

Вчений секретар

_____ Світлана УТКІНА