

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента,
доцента кафедри суднових електроенергетичних систем,
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
Новоград-Волинського Сергія Миколайовича
на дисертаційну роботу
Козлова Андрія Юрійовича
**«Керований електромагнітний привод установок для формування
високоякісних бетонних виробів»,**
яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Актуальність теми дослідження

Для досягнення високої якості бетонних виробів, що широко застосовуються в будівництві, необхідно забезпечувати ущільнення бетону. Одним з основних методів є вібрування, яке зазвичай забезпечується відцентровими вібраційними приводами. З іншого боку, є перспективним використання електромагнітного вібраційного приводу, який має високу надійність та дозволяє реалізувати складні закони керування, що відкриває перспективу підвищення енергоефективності виробничого процесу. Однією з багатьох наукових задач, що мають бути вирішені при впровадженні електромагнітного вібраційного пристрою в процес виготовлення високоякісних бетонних виробів є швидка зміна частоти вібрування та забезпечення високого ККД у всьому діапазоні робочих режимів. Таким чином, тему дисертаційної роботи вважаю актуальною та важливою.

Новизна отриманих результатів

В дисертаційній роботі наведено три пункти наукової новизни.

Перший пункт акцентує увагу на удосконаленні математичної моделі, що описує електромеханічні процеси в резонансній вібраційній системі. Врахування в моделі взаємозв'язку *процесів при сумісному керуванні амплітудою та частотою електромагнітного вібратора і резонансною частотою динамічного віброгасника з конічними пружинами* дозволяє здійснювати аналіз впливу систем автоматичного керування на електромеханічні процеси у вібраційній системі. З цим можна погодитись, але не залишає відчуття перенасиченості формулювання зайвими уточненнями. Наприклад, при уточненні, які процеси описує динамічна модель, на мою думку, достатньо було б вказати, що «*електромеханічних*». Цей термін включає в себе і електромагнітні, і механічні, і енергетичні процеси. Також, на мій погляд, було зайве уточнення «*з метою підвищення їх ефективності*», так як основним результатом є можливість аналізувати вплив на вібраційну установку *сумісного керування амплітудою та частотою електромагнітного вібратора і резонансною частотою динамічного віброгасника з конічними пружинами*.

В другому пункті в якості нового наукового результату виступає обґрунтування доцільності застосування комбінованого принципу керування частотою вібраційної системи для забезпечення енергоефективності в пускових та перехідних режимах. За способом досягнення цей пункт є частиною попереднього. Фактично, аналіз електромеханічних процесів, отриманих в процесі математичного моделювання, дозволяє здобувачу наполягати на науковому обґрунтуванні енергоефективності запропонованого принципу керування. Тому, можливо, правильніше було б об'єднати два перші пункти, вказавши факт обґрунтування в якості отриманого ефекту від удосконалення математичної моделі.

В третьому пункті зазначена нова структура системи автоматичного керування частотою та амплітудою вібраційного приводу, яка відрізняється наявністю *каналу непрямого вимірювання резонансної частоти у комбінації з контуром фазової автопідстройки*. Запропонована структура, за твердженням здобувача, *забезпечує високу швидкодію і точність налаштування на резонанс і, як наслідок, високий коефіцієнт корисної дії*. Але правильніше зазначити, що нова структура забезпечує збільшення або покращення цих показників. Більше до цього пункту зауважень не має.

Підсумовуючи, можна констатувати, що дисертаційна робота Козлова Андрія Юрійовича 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 особливості технологічного процесу вібраційного ущільнення бетонних сумішей та конструктивні особливості вібраційних установок, що забезпечують цей процес, запропоновано для регулювання частоти використати сумісну дію вібраційної установки та віброгасника з конічними пружинами, складено відповідну функціональну схему та модель електромеханічних процесів для цієї установки, за результатами чисельного моделювання процесів показано збереження енергоефективної роботи в усталеному режимі при зміні частоти вібрації та необхідність комбінованого керування частотою для підвищення швидкодії та ККД в перехідних режимах, проведені натурні дослідження експериментальної установки, які доводять достатню при комбінованому регулюванні швидкість переналаштування на нове значення резонансної частоти та ефективність сумісної роботи вібраційної установки та віброгасника з конічними пружинами.

Необхідно 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 дисертаційної роботи зазначено у вигляді 4 пунктів.

1. Розвиток динамічної моделі процесів у вібраційній машині для ущільнення бетонних сумішей з електромагнітним приводом та змінною резонансною частотою.

За першим пунктом здобувач визначив математичний опис кожного елемента функціональної схеми вібраційного приводу, що поєднує дію системи керування, електромагнітного вібратора та віброгасника з конічними пружинами для можливості змінювати частоту коливань при вібруванні бетонних сумішей. Зазначений математичний опис представлений як у вигляді явних функціональних залежностей, так і у вигляді апроксимованих залежностей, отриманих в результаті моделювання електромагнітної системи вібратора в програмному середовищі Maxwell. Об'єднання математичних моделей виконано в програмному середовищі Simulink та дозволяє для визначених параметрів конкретного вібраційного устаткування виконувати моделювання динамічних процесів та проводити аналіз впливу способів керування на енергетичні показники устаткування. Недоліком такого підходу є громіздкість та неможливість проведення оптимізації вібраційного електроприводу загалом. Але задачу можна вважати вирішеною.

2. Дослідження електромагнітних, електромеханічних, механічних та енергетичних процесів у резонансній вібраційній системі, що містить керований за частотою та амплітудою електромагнітний привод і керований динамічний віброгасник, яка працює в режимі послідовного вібрування на різних частотах.

Другий пункт опирається на результати першого і акцентує увагу на необхідності дослідити електромеханічні процеси у вібраційній установці. Використовуючі отриману математичну модель установки, здобувач промодельював електромеханічні процеси в усталених та перехідних режимах, що дозволило зробити висновки про енергоефективність запропонованого поєднання електромагнітного вібратора із віброгасником при зміні частот вібрування бетонної суміші, визначити неприйнятні енергетичні характеристики в перехідних режимах та запропонувати новий закон керування, що дозволив значно поліпшити ці характеристики. Але результати отримані для віброустановки із конкретними параметрами, що робить зроблені узагальнення дискусійними. Хоча в цілому, можна вважати пункт виконаним.

3. Визначення структури системи автоматичного керування електромагнітним приводом вібраційної машини з керованим динамічним віброгасником, що забезпечує його високу енергетичну ефективність в перехідних режимах.

Постановка третього завдання відбиває результати виконання двох попередніх у вигляді громіздкого математичного опису системи, що не дозволяє провести оптимізацію системи керування існуючими методами. Тому дисертант змушений робити уточнення, що він ставить задачу «*визначити структуру системи*», а не синтезувати її. Крім того, правильніше було б вказати, що визначена структура має

забезпечити підвищення або покращення енергоефективності в перехідних режимах. В цілому можна вважати пункт виконаним.

4. Моделювання динаміки системи автоматичного керування вібраційною машиною зі змінною резонансною частотою при різних формах напруги живлення електромагнітного привода.

Четверте завдання, вважаю, перетинається за змістом із другим та третім, що простежується у використанні дослідження електромеханічних процесів при новому законі керування. Здобувач виконав моделювання із синусоїдальним та імпульсним формами напруги живлення, показав, що при імпульсному маємо очікувано вищу енергоефективність. Але виникає питання, чому, якщо відомо, що при імпульсному живленні однозначно вищі енергетичні показники, відразу не досліджувати саме його. Тому вважаю завдання виконаним, але з не до кінця розкритим обґрунтуванням доцільності.

5. Проведення експериментальних досліджень для підтвердження отриманих теоретичних результатів.

За п'ятим пунктом в дисертаційній роботі наведено велику кількість отриманих результатів експериментального дослідження вібраційної установки для ущільнення бетонної суміші, які доводять стабільність роботи та можливість установки змінювати частоту вібрування. Але в розділі відсутній аналіз енергетичних показників установки, що дещо ускладнює співставлення теоретичних та експериментальних результатів. Тому цей пункт вважаю виконаним частково.

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 проаналізовані технологічний процес вібраційного ущільнення сумішей та конструктивні особливості вібраційних установок. В другому розділі складена функціональна схема установки, що поєднує дію електромагнітного вібратора та керованого віброгасника з конічними пружинами, розроблена математична модель та проведене чисельне моделювання електромеханічних процесів для установки із конкретними параметрами. Це дозволило впевнитись в тому, що в усіх усталених режимах установка працює найбільш енергоефективно. В третьому розділі запропонований закон керування, що дозволяє в перехідних процесах отримати більші значення швидкодії та ККД. Останнє було доведене відповідним моделюванням перехідних електромеханічних процесів в установці із конкретними параметрами та при двох видах напруги живлення: синусоїдальній та імпульсній. В четвертому розділі представлена технічна реалізація керованого вібраційного привода, наведені результати експериментальних досліджень, що підтверджують стабільність роботи вібраційного устаткування та можливість зміни частоти вібрування при збереженні енергоефективного режиму.

Таким чином, можна констатувати логічний та ґрунтовний підхід до наукового дослідження обраної теми дисертаційної роботи, а також достатній рівень володіння 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, кuartиль 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. Запропонована математична модель передбачає моделювання установки з вже визначеними параметрами, що обмежує її застосування лише чисельними розрахунками електромеханічних процесів для конкретної установки. Окрім того, необхідність розрахунку електромагнітних характеристик вібратора за допомогою програмного середовища Maxwell робить процес підготовки даних трудомістким та негнучким. Ефективніше було б в деякому діапазоні спочатку спростити модель, лінеаризувати та представити її в аналітичному вигляді, що дозволило б, наприклад, в першому наближенні синтезувати систему керування та дослідити статичну стійкість установки.

2. Методика визначення системи керування частотою в пункті 3.1 виглядає здебільшого інтуїтивною, що викликає сумнів стосовно оптимальності обраного закону.

3. В роботі не наведено порівняння показників енергоефективності відцентрових та електромагнітних вібраційних приводів, що робить твердження про переваги останнього декларативними та необґрунтованими.

4. В роботі проведено чисельне математичне моделювання роботи вібраційної установки при двох формах напруги живлення електромагніту. Але відсутнє обґрунтування необхідності його проведення з огляду на поставлену в розділі 3 задачу синтезу системи автоматичного керування електромагнітним приводом. Чому одразу не обрати для моделювання ту форму напруги, яка забезпечує найбільшу енергетичну ефективність?

5. При наявності великого масиву експериментальних результатів важко порівнювати їх із отриманими теоретичними результатами. Відсутнє чітке зіставлення результатів математичного моделювання з експериментальними результатами, що дозволило б оцінити адекватність розробленої моделі.

Загальна оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Козлова Андрія Юрійовича за темою «Керований електромагнітний привод установок для формування високоякісних бетонних виробів» 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, Козлов Андрій Юрійович, 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