

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету
кораблебудування
імені адмірала Макарова,
доктору технічних наук, доценту
Андрію ОБРУБОВУ

ВІДГУК

кандидата технічних наук

Ноженко Вікторії Юріївни

на дисертаційну роботу Козлова Андрія Юрійовича

**«Керований електромагнітний привод установок для формування
високоякісних бетонних виробів»,**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,
галузь знань 14 – Електрична інженерія

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Вібраційні машини широко використовуються у будівельній галузі промисловості для ущільнення бетонної суміші під час виготовлення різних залізобетонних виробів. Відповідно до технології виготовлення таких виробів ущільнення бетонної суміші необхідно виконувати поетапно зі зміною частоти та амплітуди вібрування для отримання якісних бетонних виробів. З огляду на це, електромагнітний вібраційний привод набуває широкого використання, оскільки має високу надійність та робочий ресурс, а також дозволяє незалежно керувати частотою та амплітудою вібрації.

Для забезпечення високої енергоефективності електромагнітний привод доцільно використовувати у режимі близькому до резонансного. Однак, на сьогодні в достатній мірі не досліджено сумісне керування резонансним електромагнітним приводом та пристроями з регульованою жорсткістю, що унеможливорює ефективне застосування електромагнітного привода для вібротомашин зі змінною резонансною частотою.

Тому розвиток електромагнітного вібраційного привода для вібротомашин зі змінною резонансною частотою за рахунок удосконалення структури систем автоматичного керування для формування високоякісних бетонних виробів є актуальною і своєчасною науковою задачею.

Актуальність дисертації підтверджується ще і тим, що дослідження проводилися у рамках Закону України «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки», зокрема, п. 4 статті 3 «Енергетика та енергоефективність» та у відповідності з тематикою науково-дослідної роботи «Удосконалення керованих електромагнітних приводів вібраційного обладнання» (№ ДР 0124U002443), у якій здобувач приймав безпосередню участь.

Структура та зміст основних положень дисертаційної роботи.

Представлена дисертаційна робота за структурою та змістом відповідає тексту дисертації. Матеріал викладено лаконічно, чітко, формулювання відповідають загальноприйнятій термінології в галузі електричної інженерії.

Отримані положення, наукові та практичні результати, узагальнення і висновки повністю відповідають темі роботи та її меті, розкривають суть вирішеної наукової задачі та завдань дослідження.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, трьох додатків та має загальний об'єм 131 сторінку. Список використаної літератури налічує 62 найменування.

У **вступі** автором докладно обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено основну проблематику електромагнітного привода вібраційних машин зі змінною резонансною частотою. Наведено зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами й темами, сформульовано мету, об'єкт і предмет дослідження, наведено логічний перелік основних задач кваліфікаційної роботи, описано методи дослідження та обґрунтування достовірності отриманих результатів. Автором сформульовано наукову новизну та практичне значення результатів роботи, відображено повноту викладення результатів у публікаціях та ступінь апробації.

Перший розділ дисертаційної роботи присвячено аналізу сучасних вібраційних установок для формування бетонних виробів та особливостям технологічних процесів вібраційного ущільнення. Автором проведено аналіз принципів побудови вібраційних машин зі змінною резонансною частотою та систем автоматичного керування їх приводами.

Другий розділ присвячено моделюванню керованого електромагнітного вібраційного привода зі змінною резонансною частотою. Автором розроблено функціональну схему вібраційної установки для виготовлення високоякісних бетонних виробів з електромагнітним вібратором та керованим динамічним віброгасником із конічними пружинами. Розроблено імітаційну модель електромагнітних та електромеханічних процесів на основі коло-польового

методу, ґрунованого на апроксимації залежностей потокозчеплення та електромагнітної сили від МРС та величини повітряного проміжку. Складено імітаційну модель механіки чотирьохмасової коливальної системи та модель процесів у приводі руху преса віброгасника. Проведено моделювання та аналіз процесів у керованому електроприводі.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячено синтезу системи автоматичного керування електромагнітним приводом вібраційної машини зі змінною частотою. Автором проведено аналіз шляхів удосконалення та вибір алгоритму системи керування. Обґрунтовано доцільність застосування комбінованого принципу автоматичного керування, що реалізується додаванням до існуючої системи каналу прямого керування частотою на основі вимірювання поточних значень координати переміщення преса динамічного віброгасника. Виконано моделювання перехідних процесів у системі автоматичного керування вібраційною машиною з комбінованим керуванням частотою.

Четвертий розділ присвячено експериментальним дослідженням електромагнітного привода вібраційної машини зі змінною резонансною частотою. Автором розроблено алгоритми програми, що реалізує запропоновану структуру системи автоматичного керування. Проведено дослідження стаціонарних коливань при розімкненому контурі керування частотою для різних положень преса віброгасника та визначено характеристику регулювання резонансної частоти. Проведено експериментальні дослідження замкненої системи автоматичного керування амплітудою і частотою.

У загальних **висновках** сформульовані основні результати дисертації.

Таким чином, дисертаційна робота Козлова А.Ю. за структурою та змістом відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України та предметній області спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Наукова новизна результатів роботи полягає у:

– вдосконаленні динамічної моделі електромагнітних, електромеханічних, механічних та енергетичних процесів у резонансній вібраційній машині, яка враховує взаємозв'язок процесів при сумісному керуванні амплітудою та частотою електромагнітного вібратора і резонансною частотою динамічного віброгасника з конічними пружинами, що дозволяє здійснювати аналіз та синтез систем автоматичного керування вібраційними машинами зі змінною резонансною частотою для підвищення їх ефективності;

– обґрунтуванні доцільності застосування комбінованого принципу керування частотою вібраційних машин, резонансна частота яких регулюється пристроями з нелінійними пружними елементами, що забезпечує енергетичну ефективність таких машин у пускових та перехідних режимах;

– визначенні структури системи автоматичного керування частотою та амплітудою вібраційної машини з електромагнітним приводом і динамічним віброгасником з нелійними пружними елементами, яка містить канал непрямого вимірювання резонансної частоти у комбінації з контуром фазової автопідстройки, що забезпечує високу швидкодію і точність налаштування на резонанс і, як наслідок, високий коефіцієнт корисної дії.

Практичне значення отриманих здобувачем результатів полягає у тому, що:

– розроблено імітаційну модель процесів у керованому електромагнітному приводі вібраційної машини зі змінною резонансною частотою, яка може використовуватись при проєктуванні вібраційного обладнання, зокрема для виготовлення високоякісних бетонних виробів;

– удосконалено експериментальну установку та програмне забезпечення системи автоматичного керування нею, що може бути використано для подальших досліджень за цим напрямком, а також взято за основу при проєктуванні електромагнітних приводів вібраційних машин зі змінною резонансною частотою.

Методи досліджень, використані в дисертаційній роботі.

Під час розв'язання поставлених задач у дисертаційній роботі використовувалися класичні методи для числових та експериментальних досліджень, а також математичне моделювання перехідних процесів у системі автоматичного керування вібраційною машиною з використанням програмних продуктів. Коло-польовий метод та метод кінцевих елементів застосовувалися для розрахунку магнітного поля, метод дедукції – для обґрунтування запропонованої структури системи автоматичного керування, також використовувалися методи автоматичного керування, методи теоретичної механіки, теорії коливань, методи апроксимації та теорії диференціального обчислення.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

Достовірність отриманих у дисертації наукових положень, висновків і рекомендацій не визиває сумнівів, оскільки вони достатньо обґрунтовані

коректністю постановки та розв'язання задач дослідження, застосуванням широко апробованих методів дослідження і підтверджується достатнім збігом результатів аналітичних розрахунків з результатами математичного та фізичного моделювання.

Повнота викладення основних результатів дослідження в опублікованих наукових працях.

Результати дисертаційної роботи висвітлено у 3 друкованих наукових працях, 2 з яких є основними публікаціями (у тому числі 1 – у виданні, яке включене до наукометричної бази Scopus (квартиль Q3), 1 – у науковому фаховому виданні України), 1 – матеріали науково-технічної конференції. В опублікованих наукових працях повністю розкрито основний зміст та отримані наукові результати й висновки, що складають основу дисертації.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертації.

1. У першому розділі доцільно було б більшу увагу приділити аналізу досліджень і публікацій зарубіжних науковців, які займаються питаннями та проблематикою керування електромагнітного вібраційного привода вібромашин зі змінною резонансною частотою.

2. Визначення залежності резонансної частоти від переміщення преса віброгасника і амплітуди вібрації робочого органа (таблиця 3.1) виконано для вібраційної машини, яка розглядається у дисертаційній роботі. З тексту дисертації незрозуміло чи можна узагальнити отримані результати на групу вібраційних машин.

3. З дисертаційної роботи незрозуміло, чи збережеться досить високе значення коефіцієнту корисної дії роботи вібраційної машини зі змінною резонансною частотою при застосуванні запропонованої системи автоматичного керування для вібраційної машини промислового зразка.

4. З дисертаційної роботи незрозуміло як відрізняються експериментальні дослідження комбінованої системи керування частотою в перехідних режимах від результатів математичного моделювання.

5. У тексті дисертації зустрічаються орфографічні помилки та неточності, наприклад, на сторінці 96 надається посилання на рис. 4.23, а у дисертаційній роботі рис. 4.23 відсутній.

Зазначені зауваження не стосуються основних положень та результатів дисертаційної роботи, не знижують її наукової та практичної цінності і не впливають на загальний позитивний висновок по роботі.

Загальна оцінка дисертаційної роботи та висновки.

Виходячи з вищевикладеного вважаю, що представлена до захисту дисертація Козлова Андрія Юрійовича «Керований електромагнітний привод установок для формування високоякісних бетонних виробів» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, яка вирішує актуальну наукову задачу пов'язану з розвитком електромагнітного вібраційного привода зі змінною резонансною частотою шляхом удосконалення структури систем автоматичного керування для формування високоякісних бетонних виробів.

Враховуючи актуальність теми дисертаційної роботи, а також достовірні наукові результати, що мають наукову новизну і практичну значимість та, враховуючи повноту висвітлення основних положень дисертаційної роботи в опублікованих працях, вважаю, що представлена дисертаційна робота 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 року № 44 (із змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 341 від 21 березня 2022 року; № 502 від 19.05.2023; № 507 від 03.05.2024), вимогам до оформлення дисертації, затвердженими Наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019), а її автор Козлов Андрій Юрійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, галузь знань 14 – Електрична інженерія.

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук,
доцент кафедри електротехніки
Кременчуцького національного
університету імені
Михайла Остроградського

Вікторія НОЖЕНКО