

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Лі Цяна
на тему «Електрогідравлічний позиційний привід дискретної дії з програмним
керуванням»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 13 – Механічна інженерія
за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Актуальність теми дисертації.

Обладнання гідроавтоматики має широке застосування в сучасних машинах та виробництвах. Зокрема, електрогідравлічні приводи дозволяють забезпечувати точне позиціонування робочих органів при виконанні різних технологічних операцій. При великих інерційних навантаженнях (17...57 кг) на робочих органах виникають обмеження на допустимі робочі швидкості, які обумовленні динамічними процесами в гідравлічних компонентах, особливо під час гальмування. Це зумовлює зменшення продуктивності обладнання. Натомість, збільшення допустимих швидкостей та продуктивності призводить до ускладнення систем керування та будови самих приводів, в результаті чого суттєво підвищується вартість обладнання. Тому, науково прикладна задача розроблення електрогідравлічних приводів, які дозволять підвищити робочі швидкості і точність при позиціонуванні значних мас з забезпеченням низької вартості приводів є актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1) Вперше для відомих схемних рішень електрогідравлічних позиційних приводів виявлено кількісний взаємозв'язок між їх будовою і властивостями, що дозволяє вибирати раціональну структуру приводу і на її основі побудувати привід, який при використанні двоступеневого алгоритму позиціонування дозволяє підвищити швидкість, швидкодію та точність.

2) Доведено, що удосконалена математична модель електрогідравлічного позиційного приводу, яка враховує нелінійне тертя на основі математичних залежностей ЛуГре, дозволяє моделювати динамічні процеси при гальмуванні, що підтверджено порівнянням з результатами фізичного експерименту при переміщенні робочого органу масою 37 кг на відстань 0.1 м зі швидкістю 1.2 м/с, при цьому, відносна середньоквадратична похибка (RRMSE), не перевищує 17% по швидкості робочого органу і 1% по переміщенню.

3) Вперше, для електрогідравлічного позиційного приводу з дискретним керуванням, визначено проектну область і її вплив на характеристики процесу гальмування при позиціонуванні для: співвідношень площ штокової та поршневої порожнин гідравлічного циліндру 0.4, 0.5, 1.64, 2.0, 2.5; початкових швидкостей в діапазоні 0.311...1.228 м/с; діапазону змін тисків живлення

2.5...12.5 МПа; діапазону змін інерційного навантаження 17...57 кг; діапазону змін величин часу відгуку золотника керуючого розподільника 0...0.05 с, що дозволило вибрати раціональну структуру і параметри приводу відповідно до необхідного комплексу властивостей та характеристик.

4) Вперше, на основі модельних досліджень електрогідравлічного позиційного приводу дискретної дії, отримано залежність впливу часу відгуку золотника розподільника на час гальмування робочого органу в діапазоні змін часу відгуку від 0.005 до 0.05 с для інерційного навантаження в діапазоні 17...57 кг та початкових швидкостей 0.311 та 1.228 м/с, яка має виражений мінімум, що дозволяє, за рахунок вибору раціонального значення часу відгуку, мінімізувати час гальмування робочого органу.

5) Вперше доведено, що двоступеневий алгоритм позиціонування порівняно з традиційним алгоритмом дозволяє покращити експлуатаційні характеристики електрогідравлічного приводу дискретної дії. При цьому, при однакових параметрах приводу і умовах експлуатації, швидкість робочого органу збільшується більш ніж в 1.9 разів при збільшенні точності позиціонування в 5...11 разів.

Обґрунтованість отриманих наукових результатів підтверджується результатами аналізу стану досліджень в заявленій предметній області, коректною постановкою задач, застосуванням відомих методик та математичного апарата, який традиційно використовуються для опису динамічних процесів в елементах гідроприводу, логічним обґрунтуванням структури математичної моделі, її підтвердження адекватністю та використання відомих інструментів моделювання. Достовірність наукових результатів підтверджено на основі їх порівняння з експериментальними даними.

Отже, поставлене наукове завдання дисертаційної роботи виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Лі Цяна повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 131 – Прикладна механіка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Прикладна механіка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Розвиток сучасних засобів автоматизації та підвищення ресурсоефективності виробництва».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Лі Цяна є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал дисертаційної роботи представлено у відповідності до логіки проведених досліджень, що забезпечує досягнення визначеної мети. Стиль мовлення є доступним для розуміння з використанням загальноприйнятої термінології. Деякі текстові частини роботи, за потребою, додатково ілюстровано схемами та графіками з відповідними поясненнями.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 193 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми роботи, вказано про зв'язок з існуючими науковими програмами, сформульовано мету і задачі дослідження, наведено об'єкт, предмет та методи дослідження, представлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про особистий внесок здобувача, апробацію результатів, публікації, структуру і обсяг дисертації. Наведене дає стисле і достатнє уявлення про дисертаційну роботу.

У першому розділі представлені результати аналітичного огляду відомих технічних рішень щодо електрогідравлічних позиційних приводів з акцентом на основні фактори, які обмежують ефективність їх застосування. Це дозволило здобувачу сформулювати мету і задачі дослідження.

У другому розділі сформовано підґрунтя для розроблення приводу з заданим комплектом властивостей. На початку було виконано поглиблений аналіз робочих процесів в приводах, які ґрунтуються на кожному методі управління. Більш глибоке розуміння процесів дозволило визначити взаємозв'язок між будовою і властивостями електрогідравлічних позиційних приводів. Для цього виявлено базові властивості приводів позиціонування та методи позиціонування завдяки яким вони формуються. Такими методами визначено: аналогове управління подачею рідини для досягнення заданої позиції; дискретне управління часом подачі рідини для досягнення заданої позиції; дискретне управління подачею рідини для досягнення заданої фіксованої позиції; дискретне управління порційною подачею рідини для досягнення заданої позиції. В порівнянні з відомими методами управління гідроприводу – дросельним та об'ємним – вони деталізують особливості управління, які використовуються в типових технічних рішеннях. Для кожного методу управління і технічного рішення, яке його представляє, виконано оцінювання властивостей та визначено фактори, які забезпечують їх формування. Наведено дані про вплив факторів на прогнозовану кількісну оцінку ефективності досяжного результату, що дозволило виявити та представити взаємозв'язок між будовою та властивостями приводів з різними методами позиціонування. Вказаний взаємозв'язок використано для обґрунтування будови електрогідравлічного позиційного приводу з заданим комплектом властивостей. Для базової схеми електрогідравлічного позиційного приводу розроблено її математичну модель. Особливістю моделі є її модульна організація. Виконано тестування моделей окремих модулів та моделі приводу в цілому. Наведено підтвердження адекватності розробленої моделі шляхом порівняння з відомими експериментальними результатами. Серед висновків по розділу є констатація факту, що точність розробленої моделі дозволяє її

використовувати для досліджень електрогідравлічного позиційного приводу. Зміст і висновки другого розділу відповідають його назві, підґрунтя для розроблення приводу було сформовано. В той же час, складається враження, що розділ є інформативно перевантаженим. Наприклад, частину, яка стосується побудови математичної моделі, краще було б винести в окремий розділ.

У третьому розділі досліджено потенційні можливості приводу при дискретному способі керування для заданих експлуатаційних режимів. Вказано на важливість дослідження процесу гальмування та наведено методику його виконання. Наведено результати двох серій експериментів. Перша серія – для нульового часу відгуку золотника, який створює максимально жорсткі умови для гальмування робочого органу, друга серія експериментів стосувалась визначення впливу на гальмівні процеси саме часу відгуку золотника. Вказані експерименти були виконані при різних параметрах приводу та для різних умов його експлуатації. Це дало змогу визначити кількісний взаємозв'язок між параметрами приводу, умовами експлуатації та характеристиками процесу гальмування. Наведені висновки констатують та узагальнюють вказаний взаємозв'язок.

У четвертому розділі розроблено електрогідравлічний позиційний привід дискретної дії з програмним керуванням та алгоритм його позиціонування. Розроблена принципова схема позиційного приводу дискретної дії, особливістю якої є використання програмно регульованого дроселя. Представлено розроблений двоетапний алгоритм позиціонування приводу. Наведені результати моделювання робочих процесів в приводі дискретної дії підтвердили виконання функції позиціонування за заданим алгоритмом. Виконано оцінку ефективності використання розробленого позиційного приводу. Наведено результати порівняння роботи розробленого приводу, що керується за розробленим алгоритмом, з роботою приводу традиційної схеми, який керується за традиційним алгоритмом. Отримані результати підтвердили збільшення точності позиціонування та збільшення робочих швидкостей. Представлені висновки по розділу сконцентровано відображають отримані результати.

У п'ятому розділі наведено методику проектування та рекомендації до керування приводом дискретної дії. Методика ґрунтується на заданих вихідних даних та потрібних очікуваних результатах і задає порядок розрахунку основних параметрів приводу. Представлені рекомендації до керування приводом спрямовані на забезпечення більшої продуктивності обладнання при заданих умовах експлуатації. Є також і висновки по розділу.

Висновки, наведені в кінці роботи, ґрунтуються на проведеному дослідженні і в повному обсязі узагальнюють отримані результати.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 3 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у

періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 1 стаття у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях.

Наукові публікації здобувача повністю відповідають темі дисертації, висвітлюють основні наукові результати дисертації та мають високий науковий рівень, про що свідчать їх представлення у фахових виданнях України категорії Б, а також міжнародному виданні, віднесеному до квартелю Q3.

Ознак порушення здобувачем принципів академічної доброчесності в дисертації та публікаціях не виявлено.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

При загальній позитивній оцінці наукового і практичного значення результатів дисертаційної роботи, слід зазначити наступні зауваження до її змісту.

1) Під час розроблення математичної моделі нелінійних сил тертя для електрогідравлічного приводу у п.п. 2.3.7 не наведено обґрунтування нехтування гідродинамічними силами.

2) У змісті розділу 3 щодо дослідження потенційних можливостей приводу при дискретному способі керування в заданих експлуатаційних режимах не наведено результатів аналізу стікості гідравлічного приводу у різних режимах його роботи.

3) У роботі не висвітлено аналіз впливу конструктивних параметрів програмованого регульованого дроселя, представленого у п.п.4.1, на точність та час позиціонування штока гідроциліндра, а також його швидкість.

4) Для виявлених у розділі 3 залежностей впливу часу відгуку золотника розподільника на час гальмування робочого органу в діапазонах змін часу відгуку золотника, інерційного навантаження та початкових швидкостей доцільно було б провести оптимізацію параметрів з метою визначення оптимальних, а не тільки раціональних співвідношень значень, що забезпечували б мінімальне значення часу гальмування робочого органу.

5) У роботі не наведено опису роботи гідравлічного приводу у режимах холостого ходу (розвантаження гідравлічного джерела) та перевантаження на шток гідроциліндра (виконачому органі).

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Лі Цяна на тему «Електрогідравлічний позиційний привід дискретної дії з програмним керуванням» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням,

сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для механічної інженерії. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «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.

Здобувач Лі Цян заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Офіційний опонент:

Проректор
з науково-педагогічної роботи
та організації освітнього процесу,
доцент кафедри технологій та
автоматизації машинобудування
Вінницького національного
технічного університету,
кандидат технічних наук, доцент



Олександр ПЕТРОВ

« 21 » 11 2021 року

Вчений секретар
к.т.н.и., доц.



Ліна ВісІТАК