

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.

Постійне підвищення технічних та технологічних вимог до гідрофікованих машин та обладнання потребує удосконалення існуючих або розроблення нових видів та конструкцій гідравлічних приводів.

Значну кількість приводів в такому обладнанні представляють електрогідравлічні приводи позиціонування з відповідною структурою та системою керування. Такі системи є складними і потребують зворотних зв'язків та електронної системи керування.

Для забезпечення невеликої кількості позицій найбільш широко використовуються приводи з дискретним керуванням. Вони мають просту конструкцію та невелику вартість. Однак обмеження їх використання обумовлено малими робочими швидкостями під час переміщення та позиціонування великих мас. Такі обмеження накладаються в наслідок виникнення коливальних процесів при гальмуванні системи великих мас.

Пошук компромісних технічних рішень, щодо розробки нових структур електрогідравлічних позиційних приводів з програмним керуванням є актуальною науково технічною задачею сьогодення у зв'язку з потребою промисловості в економічно ефективних та надійних засобах автоматизації. У багатьох галузях, таких як машинобудування, важка промисловість, транспортування та обробка матеріалів, існує попит на приводи, які здатні точно позиціонувати масивні об'єкти з високою швидкістю. Завдяки програмному керуванню, такі приводи надають можливість задавати точні параметри руху та позиціонування, що сприяє підвищенню продуктивності й забезпечує автоматизоване керування в умовах різних виробничих процесів. Безперечно поєднання електрогідравлічної технології, яка здатна генерувати значні зусилля при відносно компактних розмірах, з можливістю програмованої дискретної дії дозволяє суттєво знизити витрати на обслуговування і спрощує інтеграцію в наявні системи управління. До того ж, низька вартість розробки таких пристроїв є важливою перевагою для малих та середніх підприємств, які прагнуть знизити витрати на обладнання без втрати надійності й точності. Завдяки своїм властивостям, такий привід може знайти широке застосування як в автоматизованих так і в мобільних технічних системах.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Ознайомлення з науковими публікаціями та змістом дисертаційної роботи Лі Цяна, дає підстави вважати, що усі теоретико-методологічні положення, практичні висновки та рекомендації, які сформульовані здобувачем, є достовірними. Дисертаційне дослідження ґрунтується на результатах виконаних аналітичних та експериментальних досліджень. Зміст дисертації викладено чітко у зрозумілій формі. Використання ідей, результатів та текстів інших авторів мають посилання на відповідне літературне джерело.

Зокрема, результати аналітичних досліджень, отриманих за розробленою математичною моделлю електрогідравлічного позиційного приводу, яка має модульну організацію і враховує вплив нелінійних сил тертя на основі рівнянь ЛуГре підтверджено шляхом порівняння результатів модельних та фізичних експериментів.

Усі аналітичні дослідження виконувалися із застосуванням класичних методів знань, таких, як синтез та аналіз, індукція та дедукція, а їх реалізація здійснювалася із використанням сучасних систем автоматизованого проектування та іншого програмного забезпечення AutoCAD 2021, MATLAB 2017, Microsoft Excel 2019, Edraw Max 9.3. тощо.

Усі наведені дослідження повністю підтверджують та частково доповнюють запропоновані автором теоретичні методики та трансформуються в цілісну наукову теорію дисертаційного дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів

Отримані в процесі дослідження наукові результати дозволили розв'язати важливу науково-технічну проблему створення інноваційного підходу до високоточного позиціонування значних мас із використанням гідравлічних технологій, адаптованих для дискретного та програмованого керування, здатного працювати в умовах високих навантажень із заданою дискретністю позиціонування.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- 1) Вперше доведено, що підвищення швидкості та швидкодії електрогідравлічного позиційного приводу дискретної дії з програмним керуванням може бути досягнуто за рахунок раціонального вибору його структури та використання двоступеневого алгоритму позиціонування.
- 2) Вперше, аналітичним шляхом на основі схемних рішень, виявлено кількісний взаємозв'язок між будовою та властивостями електрогідравлічних позиційних приводів, що дозволяє використовувати комплект властивостей приводу і їх кількісні показники як критерії для визначення раціональної структури приводу відповідно до технічного завдання.

3) Доведено, що математична модель електрогідравлічного позиційного приводу, яка враховує нелінійне тертя на основі 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.

4) 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 раціональні структуру і параметри приводу відповідно до необхідного комплексу властивостей та характеристик.

5) Вперше, на основі модельних досліджень електрогідравлічного позиційного приводу дискретної дії, отримано залежності 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, які мають екстремум з мінімальними значеннями в області часового діапазону, що дозволяє, за рахунок вибору раціонального значення часу відгуку, мінімізувати час гальмування робочого органу.

6) Вперше доведено, що при дискретному позиціонуванні електрогідравлічного приводу запропонований двоступеневий алгоритм дозволяє покращити його експлуатаційні характеристики. При цьому, при однакових параметрах приводу і умовах експлуатації, в порівнянні з традиційним алгоритмом позиціонування, швидкість робочого органу збільшується більш ніж в 1.9 разів зі збільшенням точності в 5...11 разів.

Наукові результати є новими, а їх апробація підтверджується переліком міжнародних наукових конференцій, де вони доповідалися та обговорювалися.

Достовірність і наукова новизна отриманих результатів дисертації забезпечуються вагомою джерельною базою та достатньо широким спектром використання наукових методів.

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 співпадиння, 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.

Послідовність викладення матеріалу дисертації відповідає послідовності виконання дослідження, що полегшує її сприйняття. Побудова речень відповідає правилам української мови, а використана термінологія є загальноприйнятою.

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

Вступ дисертації відповідає основним вимогам до дисертаційної роботи і містить такі відомості, як обґрунтування актуальності теми, мету та задачі дослідження, об'єкт, предмет та методи дослідження, наукову новизну та практичну значимість результатів, відомості про особистий внесок здобувача, апробацію та публікації, а також про структуру і обсяг дисертації.

Перший розділ роботи присвячено аналізу областей застосування електрогідравлічних приводів, аналізу принципових схем відомих приводів, визначенню їх позитивних і негативних особливостей. Завершується цей розділ визначенням мети і постановкою задач для її досягнення.

Другий розділ присвячено підготовці підґрунтя для пошуку принципового рішення схеми електрогідравлічного приводу, обґрунтуванню його будови та розробленню математичної моделі. В цьому розділі визначено основні властивості позиційного приводу, запропоновано метод їх кількісного оцінювання. Використання цього методу дозволило здобувачу визначити взаємозв'язок між будовою і властивостями приводів позиціонування. Отримана будова приводу послугувала основою для розроблення математичної моделі. Модель побудовано за модульним принципом. Необхідно також підкреслити, що адекватність моделі було підтверджено порівнянням з результатами експериментів. Висновки по розділу відповідають отриманим результатам.

Третій розділ дисертації присвячено дослідженню потенційних можливостей приводу при дискретному способі керування. Слід зазначити, що дослідження виконувалось для базової схеми електрогідравлічного приводу. Отримані результати стосувались процесу гальмування при дискретному керуванні. З'ясовано і представлено результати кількох серій модельних експериментів: з нульовим часом відгуку золотника і зі змінним часом відгуку золотника. Аналіз отриманих результатів дозволив визначити, що при дискретному керуванні, час відгуку золотника має значний вплив на гальмівні

процеси. Встановлено також характер цього впливу і його кількісні показники. Експерименти було проведено для широкого діапазону змін параметрів приводу і умов експлуатації. Отримані результати надали важелі для впливу на процес гальмування і показали напрямок для розробки нової принципової схеми приводу. У висновках наведено основні результати дослідження цього розділу.

Четвертий розділ присвячено розробленню електрогідравлічного приводу дискретної дії з програмним керуванням. В ньому представлено розроблену принципову схему приводу, яка відрізняється від базової наявністю додаткового програмно регульованого дроселю. Наявність такого дроселю вимагала розроблення також і алгоритму програмного позиціонування приводу. Наведений алгоритм в поєднанні з розробленою принциповою схемою дозволяє реалізувати програмне позиціонування дискретного приводу з врахуванням обмежень на час процесу і коливання в процесі гальмування. Для підтвердження досягнутих можливостей та оцінки ефекту від використання розробленого приводу в розділі представлені результати математичного моделювання процесу позиціонування. Результати свідчать, що при позиціонуванні інерційних мас 21 кг, робочі швидкості збільшились в 1.9 рази, і точність позиціонування підвищена в 11 разів. Це підтверджує вирішення задач дисертаційної роботи.

П'ятий розділ присвячено розробленню методики проектування та рекомендаціям для керування приводом дискретної дії. В цьому розділі надано достатній матеріал для проектування гідравлічних приводів вказаного типу.

Загальні висновки по роботі в повній мірі відображають результати виконаного дослідження.

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.

Науковий рівень представлених публікацій здобувача є достатньо високим. Враховуючи результат перевірки дисертації на плагіат, а також

результат розгляду публікацій можна констатувати, що здобувач дотримується принципів академічної доброчесності.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Дослідження, виконані Лі Цяна в межах дисертаційної роботи, в цілому мають позитивну оцінку, однак, також є певні дискусійні положення та зауваження, зокрема, наступні:

1. В кінці першого розділу автор сформував мету роботи «підвищення продуктивності обладнання за рахунок збільшення робочих швидкостей та швидкодії електрогідравлічного позиційного приводу дискретної дії з програмним керуванням шляхом раціонального вибору його структури та алгоритму позиціонування». Однак в огляді відомих структурних схем електрогідравлічних позиційних приводів порівняльному аналізу кінематичних характеристик приділено малу увагу і не зрозуміло до яких значень автор буде збільшувати робочі швидкості.
2. Дані таблиці 2.1 відображають фактори, які визначають ту або іншу властивість, яка притаманна позиційному приводу, побудованому на основі конкретного методу позиціонування у вигляді балів від 1 до 5. З тексту не зрозуміло яку одиницю фізичного значення кожного фактору автор використовує в розмірності одного балу.
3. Таблиця 2.2 містить порівняльну характеристику критеріїв досягнення ефективності бажаного набору властивостей. Однак представлена інформація не дає повної картини щодо різниці величин однакових критеріїв для кожного типу приводу.
4. В розділі 2.3.11. автор наводить результати тестування математичної моделі гідравлічного позиційного приводу та порівнює отримані результати з експериментальними. Однак в порівнянні відсутній критерій точності позиціонування, хоча у висновках автор стверджує, що переміщення робочого органу не перевищує 1%.
5. У висновках до розділу 3 автор стверджує, що характер впливу часу відгуку золотника розподільника в діапазоні 0.005...0.05 с дозволяє мінімізувати час гальмування робочого органу шляхом вибору раціонального значення часу відгуку. Однак в роботі відсутня методика визначення такого часу для існуючих конструкцій виробничих розподільників.
6. В розділі 4 стверджується, що починати другий етап слід, коли робочий орган досягає 70% - 90% від заданого положення. Однак методики визначення початку другого етапу від початкових умов експлуатації автор не наводить.
7. На рис.4.13 показаний графік зміни швидкості штока від часу при двоступеневому алгоритмі позиціонування на якому зображено перехідні

процеси при перемиканні з першого ступеня на другий. Однак вплив цих процесів на якісні параметри гальмування і позиціонування автор не розкриває.

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:

**доктор технічних наук, професор
завідувач кафедри технологічного
обладнання та комп'ютерних
технологій проектування
Національного університету
харчових технологій**

(посада, місце основної роботи,
науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

Микола ЯКИМЧУК

(власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

« 19 » листопада 2024 року