

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента,
доцента кафедри автоматики та електрообладнання Херсонського навчально-наукового інституту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

Надточего Анатолія Вікторовича

на дисертаційну роботу

Саченка Олега Валерійовича

«Синтез електроприводів з притаманними нелінійностями»,

яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Актуальність теми дисертаційної роботи

В інженерних розрахунках у синтезі електроприводів зазвичай використовують відомі лінійні моделі де нелінійностями нехтують або лінеаризують їх з подальшими розрахунками котрі притаманні лінійним моделям. Проте це тягне за собою низку проблем, що безпосередньо пов'язані з нелінійними системами, наприклад автоколивання залежність від зовнішніх впливів та т.і. Очевидно, що це впливає не лише на динамічну корекцію, а і на розв'язок задачі статичного синтезу. Отже проблема яка вирішується у роботі цілком актуальна та потребує належної уваги. Особливо це стосуються електроприводів, котрі працюють у спеціалізованих режимах тривалий час, наприклад на низьких обертах де виникає сухе тертя, або у переривчастих режимах де застосовуються муфти.

Тому розроблення методів синтезу електроприводів із урахуванням властивих їм нелінійностей, застосування нелінійних коректуючих пристроїв є необхідною умовою побудови високоефективних систем автоматизованого електропривода.

Новизна отриманих результатів

1. Запропоновано структуру системи автоматичного керування електроприводом, яка відрізняється тим, що містить у колі зворотного зв'язку нелінійний коригуючий елемент, характеристика якого визначається математичними моделями гальмівних та ковзних муфт, що дозволило покращити динамічні характеристики електропривода, зокрема, зменшити перерегулювання і підвищити швидкодію;

2. Для запропонованої нелінійної системи керування визначено області стійкості та залежності між загасанням та частотою коливань перехідної характеристики від співвідношення коефіцієнтів системи, що дає змогу налаштовувати параметри нелінійного регулятора для забезпечення стійкої роботи електропривода.

В цілому можна зробити висновок, що робота Савченка Олега Валерійовича має ознаки наукової новизни в достатньому об'ємі для присудження здобувачу наукового ступеня доктора філософії згідно пункту 6 «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.

Відповідність теми дисертації та рівня наукової обґрунтованості результатам досліджень

Тема дисертації в відповідає змісту проведених досліджень та поставленим завданням. У роботі проаналізовані питання синтезу нелінійних електроприводів, пропонується метод динамічної корекції з застосуванням перемикання сигналів у колі зворотного зв'язку, та створено систему номограм для обрання нелінійних елементів на етапі статичного синтезу.

Рівень обґрунтованості результатів досліджень у базується на використанні фундаментальних положень теорії автоматичного керування,

методів аналізу нелінійних систем та сучасними програмними оболонками, що спеціально призначені для дослідження електроприводів.

Отже, дисертаційна робота Савченка Олега Валерійовича містить достатню обґрунтованість наукових результатів досліджень.

Рівень виконання поставленого наукового завдання

Наукове завдання дисертаційної роботи Савченка Олега Валерійовича складається з наступних завдань:

1. *Створити математичну модель для синтезу нелінійних електроприводів.*

Перший пункт завдання виконано, оскільки автором проаналізовано математичні моделі з різним під'єднанням у схемах електропривода нелінійного елемента.

2. *Проаналізувати, як розташування нелінійного елемента у схемі електропривода впливає на результати синтезу.*

Другий пункт завдання виконано, результати виконання пункту першого дозволило синтезувати та проаналізувати результати розрахунків перехідних процесів в електроприводах.

3. *Здійснити синтез електропривода з коректувальним пристроєм типу перемикання сигналів.*

Третій пункт завдання виконано в повному обсязі. Особливо слід зауважити посилання на роботи автора в яких розглядаються питання оптимізації електроприводів коректувальними пристроями типу перемикання сигналів.

4. *Дослідити зміни загасання коливань та їх частоти у перехідному процесі $\xi i \omega$ в залежності від розташування і параметрів нелінійного елемента.*

Четвертий пункт завдання виконано, автором пропонується низка номограм з динамічними коефіцієнтами елементів, що може бути корисним на етапі статичного синтезу електропривода .

5. Проаналізувати математичні моделі корекції інерційності двигуна муфтами.

П'ятий пункт завдання виконано, особливо можна відмітити розробка наукового положення, що застосування коректуючого пристрою типу перемикачів сигналів у колі зворотного зв'язку може замінити муфти в електроприводі.

6. Довести ефективність використання корекції перемикаючими сигналами.

Шостий пункт завдання можна вважати виконаним, ефективність використання перемикаючих сигналів підтверджено результатами досліджень.

7. Провести синтез електропривода з сухим тертям шляхом розробки та дослідження методів його компенсації, що забезпечують підвищення плавності руху, точності позиціонування та стійкості системи керування.

Сьомий пункт завдання виконано, застосування методик, що розроблені в роботі для синтезу нелінійних електроприводів, дозволили значно покращити результати, які для наочності наведені у таблицях у порівнянні.

8. Спроектувати лабораторний стенд для дослідження системи автоматичного керування електроприводом з нелійними коригуючими пристроями на основі динамічних перемикаючих сигналів.

Восьмий пункт завдання виконано, розроблено та запатентовано лабораторний стенд, за допомогою якого автор підтвердив адекватність наукових положень, що висунуті у дисертаційній роботі.

9. Визначити, як впливають нелінійності на запас стійкості системи керування.

Дев'ятий пункт завдання виконано, вплив нелінійностей на запас стійкості досліджено достатньо повно.

10. Підвищити стійкість і працездатність системи електропривода при коефіцієнтах посилення, що перевищують критичні, шляхом застосування нелінійних динамічних коригуючих пристроїв.

Десятий пункт завдання виконано, показано можливість підвищення степені стійкості електропривода за рахунок застосування нелінійних коригувальних пристроїв.

11. Визначити, який вплив має використання нелінійного динамічного коригуючого пристрою на виникнення автоколивань системи керування електропривода.

Одинадцятий пункт завдання виконано, досліджено вплив нелінійного динамічного коригуючого пристрою на виникнення автоколивань.

Отже вважаю, що поставлені у дисертаційній роботі Савченка Олега Валерійовича завдання в цілому вирішені.

Рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності

Савченко Олег Валерійович показав наявність знань та вмінь, які потрібні для проведення наукових досліджень, здатність ґрунтовно планувати і послідовно отримувати верифіковані наукові результати.

В першому розділі дисертаційної роботи проаналізовано, які нелінійності має електропривод. Виявлено, які проблеми нелінійної динамічної корекції мають електроприводи. Також проведено аналіз схем електроприводів з лінеаризацією нелінійностей і на що впливають нехтування ними. Сформовано мету та постановку задачі дослідження.

В другому розділі проведено порівняльний аналіз лінійних і нелінійних систем керування, визначено вплив нелінійностей ланок на динамічні властивості електроприводів, досліджено стійкість системи керування. Було розглянуто нелінійні системи керування електроприводом машини постійного струму незалежного збудження третього і четвертого порядків, в яких за рахунок вводу нелінійних елементів у каналі зворотного зв'язку в процесі регулювання, забезпечується підвищення швидкодії при великих відхиленнях та усунення перерегулювання при досягненні встановленого режиму. Розглянуто врахування зони нечутливості схеми формування нелінійного зв'язку, а також системи зі змінним демпфуванням у прямому колі.

Розглянуто системи зі змінним коефіцієнтом передачі для збільшення точності за допомогою коефіцієнта посилення системи. Розглянуто деякі особливості розрахунку автоматичних систем, у яких здійснено корекцію динамічних параметрів ланок зі змінною інерційністю, а також наведено необхідні розрахункові формули. Наведена математична модель електропривода з нелінійними перемикаючими сигналами.

В третьому розділі проведено дослідження компенсації нелінійностей електропривода за рахунок введення коригувальних сигналів в коло помилки системи. Розрахунки робляться у порівнянні ефектів такої компенсації з використанням гальмівної і прослизуючої муфти. Проведено аналіз математичної моделі корекції інерційності двигуна муфтами. Доведено ефективність використання корекції перемикаючими сигналами.

В четвертому розділі проведено синтез електропривода з сухим тертям шляхом розробки та дослідження методів його компенсації, що забезпечують підвищення плавності руху, точності позиціонування та стійкості системи керування.

В п'ятому розділі проведено експериментальне дослідження електроприводу з нелінійними характеристиками. Проведено синтез та дослідження системи автоматичного керування електроприводом з нелінійними коригуючими пристроями на основі динамічних перемикаючих сигналів, який спрямовано на покращення показників якості регулювання, зменшення впливу нелінійностей об'єкта керування та підвищення ефективності функціонування системи в перехідних та усталених режимах.

Також слід відзначити наявність поодиноких відхилень від вимог та правил оформлення дисертаційних робіт, але всі вони носять обмежений характер, що суттєво не впливає на загальну якість викладеного матеріалу.

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 дослідження повною мірою викладені у 120 друкованих праць, серед них 5 статей у фахових виданнях згідно з переліком, який затверджено ВАК України, 10 статей у закордонних виданнях, 16 публікацій у збірниках праць міжнародних і національних конференцій, 12 патентів на корисну модель, а також 33 статті у закордонних виданнях і 40 публікацій у збірниках праць міжнародних і національних конференцій, що додатково відображає наукові результати дисертації.

Пункти наукової новизни дисертаційної роботи повністю висвітлені в опублікованих статтях, а 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

За результатами вивчення рукопису дисертаційної роботи Савченка Олега Валерійовича, а також аналізу наданого їм звіту щодо перевірки тексту рукопису електронним сервісом StrikePlagiarism від 17.06.2026 р., порушень академічної доброчесності не було встановлено.

Використані здобувачем окремі наукові положення і результати інших науковців мають посилання на відповідні джерела.

Зауваження щодо змісту дисертаційної роботи

Враховуючи достатній рівень представлення теоретичних та експериментальних результатів наукових досліджень, слід відзначити наступні недоліки, питання та недостатньо обґрунтовані аспекти дисертаційної роботи:

1. Представлення розрахункових схем програмних оболонок, краще винести у додатки.

2. При створенні структурних схем йде дублювання структурного методу математичного моделювання записом математичних формул навіть таких як

сигнал помилки, який формується на суматорі як порівняння вхідної координати та координати зворотного зв'язку та подібних. Такі речі можна не вказувати.

3. Можна розділити номограми для динамічних коефіцієнтів та розвантажити графіки.

4. Можна було б додати фото стенду на якому проводилося експериментальне дослідження.

5. Наведені структурні схеми, наприклад у першому розділі мають елементи, позначення яких притаманні для програмних оболонок, а не для структурних схем.

Загальна оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Савченка Олега Валерійович на тему: «Синтез електроприводів з притаманними нелінійностями» є цілісною, завершеною науково-дослідною роботою, яка виконана за актуальною темою, містить теоретичні та експериментальні дослідження, які спрямовані на вирішення науково-прикладного завдання – синтезу електроприводу з урахуванням притаманних йому нелінійностей, що виникають внаслідок особливостей електромеханічного перетворення енергії, характеристик силових перетворювачів, обмежень виконавчих пристроїв, а також нелінійних властивостей механічної частини приводу. Робота відповідає вимогам до оформлення дисертації, затвердженим 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).

Роботу позитивно відрізняє застосування сучасних програмних засобів для моделювання складних фізичних процесів, доповнених власною розробкою, та проведення експериментальних досліджень на розробленому лабораторному стенді.

Аналіз змісту дисертаційної роботи і опублікованих праць за темою дослідження дозволяє зробити висновок, що всі пункти наукової новизни, які мають місце, належним чином відображено у роботі.

Дисертаційна робота за науковим рівнем, практичною та науковою цінністю, обґрунтованістю основних результатів, кількістю публікацій та дотриманням принципів академічної доброчесності 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 Савченко Олег Валерійович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент

доцент кафедри автоматики та електрообладнання

Херсонського навчально-наукового інституту

Національного університету

кораблебудування

імені адмірала Макарова _____ Анатолій Надточий

Підпис засвідчую:

Вчений секретар



_____ Світлана УТКІНА