

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Кривоноса Олександра Михайловича

«Синтез систем оптимального керування електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв'язками», що подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Актуальність обраної теми

Вантажопідіймальні крани в різних варіантах їх реалізації являються найпоширенішими машинами для переміщення вантажів вертикально, що пояснює їх ефективність застосування при транспортуванні вантажів. Досить часто в процесі навантажувально-розвантажувальних робіт підйомні крани працюють з автотранспортом, залізничним транспортом, суднами тощо, що вимагає забезпечення цілісності не тільки вантажу, а, і транспортного засобу яким здійснюється транспортування вантажу.

Аналіз існуючих систем стабілізації кутової швидкості ілюструє наявність системної проблеми, а саме «маскування» нестабільної лінійної швидкості вантажу при його переміщенні.

В цьому контексті актуальним є синтез математичних моделей електромеханічних систем підйомних кранів і шахтних скіпових підйомників, що враховують і змінні параметри, і пружність зв'язків, та розробка законів оптимізації процесів і реалізація систем оптимального керування електроприводами, які реалізують ці закони та моделі, завдяки чому можна буде підвищити швидкість переміщення вантажів без нанесення їм і площадкам їх складування механічних пошкоджень. Розв'язанням такої науково-практичної задачі і присвячена дисертаційна робота Кривоноса О.М.

2. Найважливіші наукові результати та новизна

- запропоновано метод ідентифікації математичної моделі одного класу лінійних динамічних систем зі змінними параметрами, в якому, на відміну від

існуючих рішень, враховано змінність в часі приведенного моменту інерції махових мас і змінність в часі моменту навантаження тягового електродвигуна при підніманні (опусканні) вантажу вантажопідіймальним механізмом. Шляхом порівняльного аналізу доведено що використання класичного рівняння динаміки системи електропривода, яке містить сталий момент інерції і сталий момент навантаження, приводить до суттєвих похибок;

- уперше здійснено синтез системної математичної моделі та створено алгоритм практичної реалізації процесу переміщення вантажу підйомним краном, що, на відміну від існуючих рішень, враховує і зміну параметрів математичної моделі цього процесу у часі, зумовлену змінами приведенного моменту інерції системи електропривода та моменту навантаження, і вплив поздовжніх коливань, які виникають у тросі, на який підвішується вантаж;

- на основі синтезованої математичної моделі процесу переміщення вантажу підйомним краном проведено моделювання динаміки системи електропривода при розгоні, гальмуванні, усталеній швидкості. Шляхом зіставлення отриманих результатів моделювання з результатами експериментальних досліджень цього ж класу динамічних систем, отриманих іншими авторами, доведена адекватність синтезованих математичних моделей;

- уперше синтезовано закон оптимального керування одним класом об'єктів з параметрами, змінними в часі та просторі, реалізацією якого є досягнення таких характеристик процесу переміщення вантажів, які унеможливають руйнування як вантажів, так і майданчиків, на яких ці вантажі встановлюються;

- уперше доведено, що статична характеристика трансформатора струму є не просто нелінійною з насиченням, як вважалось раніше, а нелінійною з початковим лінійним наростанням та наступною спадною ділянкою, внаслідок чого одному і тому ж струму первинної обмотки трансформатора струму фактично відповідають два різних значення струму у його вторинній обмотці, на що ніхто з науковців, які досліджували процеси в трансформаторах струму, раніше не звертав уваги.

3. Цінність для науки і практики проведеної роботи

Розроблено закон оптимального керування одним класом об'єктів з параметрами, змінними у часі та просторі, та у застосуванні його в системах керування електроприводами вантажопідіймальної техніки для досягнення характеристик процесу переміщення вантажів, які унеможливають руйнування як вантажів, так і майданчиків, на яких ці вантажі встановлюються, оскільки процес переміщення вантажу здійснюється без їх ударних співдотиків, спричинених виникненням повздовжніх коливань в тросі, до якого підвішений вантаж.

Отримані результати доповнили також програми таких навчальних дисциплін, як «Математичні методи ідентифікації та оптимізації динамічних систем», що викладається студентам бакалаврату, та «Методологія та організація наукових досліджень», що викладається студентам магістерської підготовки. Саме ці результати дисертаційного дослідження, що націлені на розв'язання конкретних задач розроблення та використання еквівалентних моделей процесів в реальних електроприводах вантажопідіймальної техніки, передані для впровадження у АТ «Хмельницькобленерго», «ДП Старокостянтинівський лісгосп», ТОВ «Шпон Шепетівка» та ТОВ «Велес-Агро ЛТД.», що засвідчено відповідними актами.

4. Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів

Результати дисертаційної роботи (рівняння, математичні моделі, функції, методи та алгоритми) є логічно пов'язаними та достатнім чином обґрунтованими. Ступінь обґрунтованості є високою й базується на аналізі інформаційних джерел за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, зіставленні і детальному критичному аналізі отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників, у якісному формулюванні отриманих висновків.

Дослідження виконано з використанням сучасного математичного й програмного апарату. Отримані результати перевірені використанням вихідної

інформації діючих об'єктів, що підтверджує обґрунтованість сформульованих в дисертаційній роботі результатів дослідження, наукових положень, висновків і рекомендацій.

5. Оцінка змісту дисертації і її завершеність в цілому

У вступі автор обґрунтовує актуальність обраної теми, формулює наукову проблему і наводить одержані основні наукові положення та результати, їх практичну цінність.

Перший розділ «Аналіз задач керування рухом та розрахунків процесу роботи електромеханічної системи вантажопідіймальних машин» присвячено, проведенню дослідження робіт щодо математичного моделювання роботи системи кранового механізму, щодо динамічних розрахунків вантажопідіймального механізму та оцінки впливу перегріву тягового електродвигуна на електропривод.

В другому розділі автором розроблено метод ідентифікації математичних моделей, якими описуються процеси підймання і опускання вантажів підйомними кранами, з детальною покроковою реалізацією його алгоритму.

В третьому розділі автором запропоновано алгоритм практичну реалізацію синтезованої системної математичної моделі процесу переміщення вантажу підйомним краном, який дозволяє покроково оцінити цей процес в темпі його протікання, а адекватність математичних моделей одного класу об'єктів зі змінними в часі та просторі параметрами доведена шляхом порівняння результатів імітаційного моделювання, виконаного у даному розділі, з результатами експериментального дослідження цього ж класу об'єктів іншими авторами.

В четвертому розділі синтезовано закон оптимального керування одним класом об'єктів з параметрами, змінними в часі та просторі. Показано, що реалізацією синтезованого закону оптимального керування електроприводом підйомного крана досягаються такі характеристики процесу переміщення вантажів, які унеможливають руйнування як вантажів, так і майданчиків, на яких ці вантажі встановлюються, оскільки процес переміщення вантажу

здійснюється без їх ударних співдотиків, обумовлених виникненням повздовжніх коливань в тросі, до якого підвішений вантаж. Запропоновано алгоритм практичної реалізації синтезованого закону оптимального керування системою електропривода підйомного крана як динамічного об'єкта з параметрами, змінними у часі та просторі.

В п'ятому розділі побудовано вихідні статичні характеристики вимірювальних трансформаторів струму, яка зв'язує дійсне значення струму у вторинній обмотці з дійсним значенням струму у первинній обмотці, та запропоновано ввести цю характеристику в офіційну документацію, якою комплектуються вимірювальні трансформатори струму на заводах, що їх виготовляють.

Висновок за оцінкою змісту дисертації. Аналіз змісту дисертації, а також матеріалів впровадження дає підставу констатувати завершеність автором досліджень і розробок. Дисертація є завершеною кваліфікаційною роботою, яка має внутрішню єдність. Висунуті теоретичні положення формалізовані, мають практичне значення.

Зміст дисертаційної роботи відповідає спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та вимогам до дисертації на здобуття ступеня доктора філософії.

6. Оцінка мови, стилю, оформлення дисертації і ступеня публікації основних наукових положень

Дисертація написана грамотно та оформлена відповідно до чинних вимог. Назва дисертації відповідає її змісту, стиль викладу в дисертації чіткий. Дисертація характеризується внутрішньою єдністю, має всю необхідну атрибутику. Принципових зауважень по оформленню дисертації немає.

Основні положення дисертації опубліковано у 10 наукових роботах, із яких 6 опубліковано у наукових журналах, що входять до переліку фахових видань, 1 опубліковано у неперіодичному виданні, що увійшло до НМБ Scopus, 1 опубліковано у періодичному виданні, що видається в країні ЄС, а 1 є тезами міжнародної наукової конференції.

Результати, отримані в дисертаційному дослідженні, доповідались та обговорювались на двох наукових семінарах кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів Вінницького національного технічного університету та на двох науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників і студентів Вінницького національного технічного університету, що проводились у м. Вінниці у 2018-2019 роках, а також на Міжнародній конференції «2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)», що проходила у м. Київ у 2017 році, на Міжнародній конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2018)», що проходила у м. Вінниця у 2018 році та на VIII Міжнародній науковій конференції «Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній науці», що проходила у м. Харків у 2020 році.

Аналіз публікацій дозволяє зробити висновок, що в них в повному об'ємі опубліковані матеріали дисертації. В цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Список використаних джерел із 151 найменування, і додатків досить повний і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації.

7. Академічна доброчесність роботи

У дисертаційній роботі відсутні порушення академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

8. Зауваження по роботі

1. В дисертації вказано, що результати, отримані в дисертаційному дослідженні, доповідались на 5 наукових конференціях, а в наукових працях є посилання на тези лише однієї із них.

2. В дисертації згадується про можливість виникнення перегріву тягових електродвигунів кранових механізмів, але не дано його кількісної оцінки.

3. З приведеного на рисунку 2.1 - Графіка робочого циклу тягового електродвигуна підйомного крана в процесі підйому або опускання вантажу, не до кінця зрозуміло протяжність відрізків часу для яких виконано синтез математичних моделей.

4. При порівнянні в підрозділі 3.4 результатів імітаційного моделювання з посиланням на результати отримані експериментально в роботі [78], останні теж необхідно було представити в дисертації.

5. Не має фізичної реалізації розробленого закону оптимального керування в системах керування тяговими електроприводами кранових механізмів, тому не можна оцінити її ефективність на практиці.

6. Дослідження, що присвячені вимірювальним трансформаторам струму, недостатньо вписуються як в тему, так і в основний зміст дисертації, присвяченої синтезу систем оптимального керування електроприводами.

7. Щодо загальної оцінки змісту, структури та оформлення результатів роботи. У роботі зустрічаються орфографічні, пунктуаційні та граматичні помилки, стилістичні неточності і описки (стор. 2, 105, 149), але кількість їх допустима.

Вказані недоліки не відносяться до положень і результатів, які винесені на захист, та не знижують загального позитивного враження про роботу.

Висновок

Дисертаційна робота Кривоноса Олександра Михайловича «Синтез систем оптимального керування електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв'язками», що подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (науковий керівник - доктор технічних наук, професор Мокін Б. І.), являє собою завершену наукову працю. Вона вирішує важливу науково-практичну задачу підвищенні точності та ефективності функціонування електромеханічних систем

підйомних кранів і скіпових підйомників з електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв'язками.

На основі викладеного вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», що затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167, а її автор – Кривоніс Олександр Михайлович – заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук, доцент,
провідний інженер з програмного забезпечення
Вінницької філії ТОВ "КСК Автоматизація"

С. М. Левицький

Підпис Левицького С.М. підтверджую
Директор Вінницької філії
ТОВ „КСК-Автоматизація“



Бугайов Ю.В.