

ВИСНОВОК
про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації
Кривоноса Олександра Михайловича

“Синтез систем оптимального керування електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв’язками”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 “Електрична інженерія” за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

Дисертаційна робота Кривоноса Олександра Михайловича “Синтез систем оптимального керування електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв’язками”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 “Електрична інженерія” за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” виконана на кафедрі електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті Вінницького національного технічного університету. “Синтез систем оптимального керування електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв’язками” затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету 25.10.2017 року, протокол № 3.

Для підготовки Висновку про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Кривоноса Олександра Михайловича на тему “Синтез систем оптимального керування електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв’язками” Вченою радою Вінницького національного технічного університету (протокол № 10 від 25.02.2021 року) визначено, що попередня експертиза дисертації проводитиметься на базі Факультету електроенергетики та електромеханіки Вінницького національного технічного університету, та призначено двох рецензентів:

1. завідувача кафедри ТЕЕВ, д.т.н., професора Кухарчука Василя Васильовича;
2. професора кафедри ЕСС, к.т.н., доцента Рубаненка Олександра Євгеновича.

В результаті аналізу результатів виконання здобувачем ступеня доктора філософії, Кривоноса Олександра Михайловича: освітньо-наукової роботи, індивідуального плану, розгляду, опрацювання теоретичних та практичних положень дисертаційного дослідження, поданих до розгляду наукових публікацій за темою дисертації, а також за підсумками проведення міжкафедрального фахового семінару, який відбувся на розширеному засіданні кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті та кафедри теоретичної електротехніки та електричних вимірювань Вінницького національного технічного університету (протокол № 7 від 02 березня 2021 р.), визначено наступне.

1. Актуальність теми та її зв'язок з планами наукових робіт установи

Основний зміст роботи складають результати досліджень, що проводились на кафедрі електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті Вінницького національного технічного

університету у ході виконання науково-дослідної роботи: "Синтез законів оптимального керування процесами в об'єктах з параметрами, змінними у часі і просторі та оцінка їх ефективності" перший її етап «Синтез законів оптимального керування процесами в об'єктах з параметрами, змінними у часі і просторі» другий етап «Розроблення методології оцінювання ефективності синтезованих законів оптимального керування процесами в об'єктах з параметрами, змінними у часі і просторі», у яких автор був виконавцем.

2. Формулювання наукового завдання, нове розв'язання якого отримано в дисертації

- здійснити аналіз наукових публікацій за темою дисертації і визначити множину завдань, які необхідно розв'язати для досягнення мети дисертаційного дослідження за сформульованою темою;
- здійснити аналіз впливу перегріву тягових електродвигунів підйомального механізму, коли той працює майже в неперервному режимі з важкими вантажами, на його характеристики;
- довести, що при сталій швидкості обертання ротора тягового електродвигуна кранового механізму швидкість підйому/спуску вантажу є не лінійна;
- провести синтез математичних моделей одного класу електромеханічних систем зі змінними параметрами та розробити метод їх ідентифікації;
- розробити математичну модель динамічної системи яка враховує змінність параметрів в часі та у просторі;
- провести моделювання системи підйомального механізму, як об'єкта з класу динамічних з параметрами, змінними в часі та у просторі;
- розробити закон оптимального керування одним класом об'єктів з параметрами, змінними у часі та просторі;
- визначити застосування закону оптимального керування одним класом об'єктів з параметрами, змінними у часі та просторі в системах керуванням тяговим електродвигуном вантажопідйомальних механізмів;
- здійснити детальний аналіз фізичних процесів, що відбуваються у вимірювальних одно та двокаскадних трансформаторах струму, та уточнити їх характеристики;
- провести синтез математичних моделей для оцінки струму, що протікає у вторинній обмотці вимірювального одно та двокаскадного трансформатора струму, яка характеризує динаміку його роботи.

3. Наукові положення, які розроблені особисто дисертантом, та їх 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 приведеного моменту інерції махових мас та змінність в часі моменту навантаження тягового електродвигуна при підйманні (опусканні) вантажу вантажопідйомальним механізмом. Шляхом порівняльного аналізу доведено що використання класичного рівняння динаміки системи електропривода, яке містить сталій момент інерції і сталій момент навантаження, приводить до суттєвих похибок;

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

- отримано подальший розвиток синтезованої математичної моделі процесу переміщення вантажу підйомальним краном шляхом проведення моделювання динаміки системи електропривода при розгоні, гальмуванні, усталеній швидкості. Зіставлення отриманих результатів моделювання, з результатами експериментальних досліджень цього ж класу динамічних систем, виконаних іншими авторами, доводить адекватність синтезованих математичних моделей;

- уперше синтезовано закон оптимального керування одним класом об'єктів з параметрами, змінними в часу та просторі, реалізацією якого є досягнення таких характеристик процесу переміщення вантажів, які унеможливилюють 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 наростианням 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 із науковців, які досліджували процеси в трансформаторах струму, раніше не звертав уваги.

4. Практичне значення дисертаційної роботи

Полягає у розробці закону оптимального керування одним класом об'єктів з параметрами, змінними у часі та просторі, та застосуванні його в системах керування електроприводами вантажопідйомальної техніки для досягнення характеристик процесу переміщення вантажів, які унеможливилюють 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.

5. Використання результатів роботи

Отримані результати доповнили програми таких навчальних дисциплін, як «Математичні методи ідентифікації та оптимізації динамічних систем», що викладається студентам бакалаврату, та навчальної дисципліни «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 вантажопідйомальної техніки, передані для впровадження у АТ «Хмельницькобленерго», «ДП Старокостянтинівський лісгосп», ТОВ «Шпон Шепетівка» та ТОВ «Велес-Агро ЛТД.», що засвідчено відповідними актами.

6. Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та

особистий внесок у них автора

- [1] В. Mokin, O. Mokin, and O. Kryvonis, “Adequacy evaluation of the synthesis of mathematical models for one class of linear dynamic systems with parameters, variable in time and in space”, *SR*, no. 5, pp. 35-43, Oct. 2020. <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2020.001486>.
 Виконано імітацію у графічному програмному середовищі Simulink пакету прикладних програм MATLAB та наведено результати моделювання динаміки системи електропривода при розгоні, гальмуванні і русі з усталеною швидкістю.
- [2] В. I. Mokin, O. B. Mokin, and O. M. Kryvonis, “Synthesis of mathematical models for one class of electromechanical systems with variable parameters”, in *2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, Kiev, 2017, pp. 334-337.
 Встановлено, що класичне рівняння динаміки електропривода не може використовуватись для аналізу процесів в електромеханічних системах підйомальних кранів.
- [3] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, та О. М. Кривоніс, «Метод ідентифікації математичної моделі одного класу лінійних динамічних систем зі змінними параметрами», *Вісник ВПІ*, вип. 6, с. 62–76, Груд. 2018.
 Розроблено алгоритм методу ідентифікації процесів метод ідентифікації математичних моделей, якими описуються процеси підймання і опускання вантажів підйомальними кранами.
- [4] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, та О. М. Кривоніс, «Моделювання режимів роботи системи керування електроприводом підйомального крана з врахуванням змін в часі моменту інерції махових мас», *НаукПраці ВНТУ*, вип. 1, Квіт. 2020.
 Виконано імітаційну модель тягового асинхронного двигуна з врахуванням запропонованої моделі, що враховує змінність в часі моменту інерції.
- [5] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, та О. М. Кривоніс, «Синтез закону оптимального керування одним класом об'єктів з параметрами, змінними у часі та просторі», *Вісник ВПІ*, вип. 6, с. 38–46, Груд. 2020.
 Розроблено алгоритм практичної реалізації синтезованого закону оптимального керування системою електропривода підйомального крана як динамічного об'єкта з параметрами, змінними в часу та просторі.
- [6] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, та О. М. Кривоніс, «Системний підхід до аналізу процесів переміщення вантажів підйомним краном», *Вісник ВПІ*, вип. 3, с. 21–31, Чер. 2019.
 Розроблено алгоритм практичної реалізації синтезованої системної математичної моделі процесу переміщення вантажу підйомальним краном, який дозволяє здійснити покрокову оцінку цього процесу в темпі його протікання.
- [7] О. Б. Мокін, Б. І. Мокін, Я. В. Хом'юк, та О. М. Кривоніс, «Уточнення характеристик процесів у вимірювальних трансформаторах струму та їх математичних моделей», *Вісник ВПІ*, вип. 4, с. 48–57, Сер. 2017.
 Побудовано вихідну статичну характеристику вимірювального трансформатора струму, яка зв'язує дійсне значення струму у його

вторинній обмотці з дійсним значенням струму у первинній обмотці, та запропоновано ввести цю характеристику в офіційну документацію.

- [8] О. Б. Мокін, Б. І. Мокін, Я. В. Хом'юк, та О. М. Кривоніс, «Нові моделі аналізу процесів в двокаскадних трансформаторах струму», *Вісник ВПІ*, вип. 5, с. 38–47, Жов. 2017.

Здійснено детальний аналіз фізичних процесів, що відбуваються у двокаскадному трансформаторі струму, та уточнено їх характеристики.

7. Апробація матеріалів дисертації.

- [1] Б. І. Мокін, та О. М. Кривоніс, “Аналіз основних задач та їх рішень в процесі керування електроприводами кранових механізмів”, на *XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ*, Вінниця, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2018/paper/view/3937/3260>.
- [2] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, та О. М. Кривоніс, “Підготовка до виконання імітаційного моделювання за методом ідентифікації математичної моделі одного класу лінійних динамічних систем зі змінними”, на *XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ*, Вінниця, 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2019/paper/view/7273/5980>.

8. Відповідність змісту дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту

Дисертаційна робота відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми ВНТУ зі спеціальності 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”.

9. Відповідність дисертації вимогам, що пред’являються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Дисертаційна робота Кривоноса Олександра Михайловича “Синтез систем оптимального керування електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв’язками”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 “Електрична інженерія” за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” є завершеною науковою працею, в якій отримано нові обґрутовані результати. Дисертаційну роботу виконано на достатньо високому рівні, її результати мають наукову новизну і практичну цінність. Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в наукових фахових виданнях, оприлюднюються на науково-практичних конференціях. Дисертаційне дослідження відповідає обраній темі, розкриває її та підтверджує, що автором вирішено поставлені у роботі завдання. Здобувачем дотримано вимоги академічної доброчесності та не допущено її порушень під час дослідження. За змістом дисертаційна робота, її науково-прикладні результати та висновки відповідають галузі знань 14 “Електрична інженерія” за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”.

ВИСНОВОК

Ознайомившись із дисертацією Кривоноса О.М. “Синтез систем

оптимального керування електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв'язками", та науковими публікаціями, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, а також взявши до уваги підсумки фахового семінару, вважаємо, що:

1. Дисертаційна робота Кривоноса О.М. "Синтез систем оптимального керування електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв'язками", відповідає спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка".
2. Кривоносом О.М. опубліковано по темі дисертації 7 наукових праць, які розкривають основний зміст дисертації, відображають наукову новизну отриманих результатів і відповідають вимогам пунктів 9, 11, 12 Постанови Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Кабінетом Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167.
3. Дисертаційна робота Кривоноса О.М. "Синтез систем оптимального керування електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв'язками" відповідає вимогам, що ставляться до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 9, 10, 11, 12 Постанови Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Кабінетом Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167.
4. Рекомендувати Вченій раді Вінницького національного технічного університету розглянути у якості опонентів дисертації Кривоноса О.М. "Синтез систем оптимального керування електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв'язками" таких учених:

Титюк Валерій Костянтинович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри електромеханіки Криворізького національного університету;

Левицький Сергій Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, провідний інженер з програмного забезпечення Вінницької філії ТОВ "КСК Аutomatizaciя".

5. Дисертація Кривоноса О.М. "Синтез систем оптимального керування електроприводами зі змінними параметрами і пружними зв'язками" може бути рекомендована до захисту на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 "Електрична інженерія" за спеціальністю 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка".

Рецензент:

завідувача кафедри теоретичної
електротехніки та електричних
вимірювань, доктор технічних
наук, професора

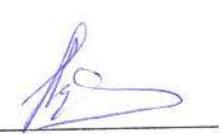


B.B. Кухарчук



Рецензент:

професора кафедри електричних
станцій та систем, кандидат
технічних наук, професор



O.E. Рубаненко

18 березня 2021 р.

Підпис Б.В. Кухарчука та О.Е. Рубаненка є
ПОСВІДЧЮ
Зав. канцелярією