

ОПИС ЗАВЕРШЕНОЇ РОЗРОБКИ (бюджет)

Розробка системи моніторингу та аналізу перехідних режимів електричних мереж на основі обробки синхронних векторних вимірювань

Разработка системы мониторинга и анализа переходных режимов электрических сетей на основе синхронных векторных измерений

Development of a system for monitoring and analysis of transient modes of electrical networks based on the processing of synchronous vector measurements

1. Номер державної реєстрації, номер реєстрації в університеті.
№ держреєстрації 0120U102115
2. Науковий керівник
д.т.н., проф. Яндульський О. С., Yandulsky A. S., Яндульский А.С.
3. Суть розробки, основні результати.

(Укр) Суть розробки полягає в створення і випробування системи моніторингу та аналізу режимів електричних мереж при виконанні задач оперативного і автоматичного керування розподільними електричними мережами на основі нових методів обробки даних засобів синхронних векторних вимірювань, а також експериментальному підтвердженні працездатності розробленої технології, для визначення особливостей її застосування в електричних мережах з відновлюваними джерелами енергії.

Основними результатами роботи є:

1. Перші, розроблені в Україні, зразки засобів синхронних векторних вимірювань (мікро-синхрофазорів) режимних параметрів з покращеними техніко-економічними показниками, що адаптовані до використання в розподільних електричних мережах.
2. Вперше розроблені підходи до побудови системи моніторингу та аналізу перехідних режимів розподільних електричних мереж з відновлюваними джерелами за даними синхронних векторних вимірювань.
3. Перша, розроблена в Україні система моніторингу параметрів режиму РЕМ на основі аналізу синхронних векторних вимірювань в реальному часі.
4. Комплект технічної документації для виробництва системи синхронних векторних вимірювань режимних параметрів (мікро-синхрофазорів) електричних мереж.
5. Методика та програми проведення дослідження роботи засобів синхронних векторних вимірювань режимних параметрів розподільних електричних мереж у складі системи моніторингу та аналізу перехідних режимів РЕМ.

(Рос) Суть разработки состоит в создании и испытании системы мониторинга и анализа режимов электрических сетей при выполнении задач оперативного и автоматического управления распределительными электрическими сетями на основе новых методов обработки данных средств синхронных векторных измерений, а также экспериментальном подтверждении работоспособности разработанной технологии, для определения особенностей ее применения в электрических. сетях с возобновляемыми источниками энергии.

Основными результатами работы являются:

1. Первые, разработанные в Украине, образцы средств синхронных векторных измерений (микро-синхрофазоров) режимных параметров с улучшенными технико-экономическими показателями, адаптированными к использованию в распределительных электрических сетях.

2. Впервые разработаны подходы к построению системы мониторинга и анализа переходных режимов распределительных электрических сетей с возобновляемыми источниками по синхронным векторным измерениям.

3. Первая разработанная в Украине система мониторинга параметров режима РЭС на основе анализа синхронных векторных измерений в реальном времени.

4. Комплект технической документации для производства системы синхронных векторных измерений режимных параметров (микро-синхрофазоров) электрических сетей.

5. Методика и программы исследования работы средств синхронных векторных измерений режимных параметров распределительных электрических сетей в составе системы мониторинга и анализа переходных режимов РЭС.

(Eng) The essence of the development is to create and test the system of monitoring and analysis of electric networks modes of operation and automatic control of electric distribution networks based on new methods of processing data of synchronous vector measurements, as well as experimental validation of the developed technology to determine the features of its application in power grids with renewable energy sources.

The main results of the work are:

1. The first, developed in Ukraine, samples of synchronous vector measurements (micro-synchrophasors) of regime parameters with improved technical and economic indicators, adapted to use in power distribution networks.

2. For the first time, approaches to building a system of monitoring and analysis of transient modes of electric distribution networks with renewable sources by synchronous vector measurements have been developed.

3. For the first time in Ukraine developed a system of monitoring of the RPS regime parameters based on the analysis of synchronous vector measurements in real time.

4. The set of technical documentation for production of the system of synchronous vector measurements of the regime parameters (microsynchrophasors) of electric networks.

5. Methodology and programs of research of synchronous vector measurements of regime parameters of distribution electric networks as a part of monitoring and analysis system of RPS transient modes.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності (*заявка на патент, патент, свідоцтво на авторське право*).

Немає.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Існуючі світові аналоги систем моніторингу режимів роботи РЕМ, які не використовують синхронні векторні вимірювання (СВВ), орієнтовані на вирішення задач оцінки стану, верифікації топології та моделі мережі, визначення місць виникнення пошкоджень, контролю та координування режимів генерування ВДЕ.

З використанням СВВ система моніторингу режимів роботи РЕМ здатна підвищити ефективність вирішення існуючих задач, шляхом потокової обробки більшої кількості детальних режимних даних, а також додатково вирішувати задачі виявлення моментів переходу мережі на автономну роботу (острівний режим), визначення оптимального пофазного навантаження фідерів, координування та контролю накопичувачів енергії, тощо.

Існуючі підходи до побудови систем моніторингу перехідних режимів орієнтовані на мережі напругою 330-750кВ, які характеризуються значною протяжністю та значно меншою кількістю вузлів відносно мереж 6-110кВ. Таким чином існуючі рішення економічно необґрунтовані для використання в РЕМ. Запропонована в роботі розробка має на меті зменшення вартості виготовлення та встановлення систем синхронного вимірювання в електричній мережі.

6. Економічна привабливість для просування на ринок (*вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники*).

Впровадження розробки дозволить виробляти в Україні сучасні системи моніторингу та аналізу перехідних режимів на основі вітчизняного високотехнологічного продукту, основою якого є засоби синхронних векторних вимірювань. Завдяки цьому результати роботи сприятимуть вирішенню наступних важливих вітчизняних та світових соціально-економічних проблем:

1. Підвищення якості роботи електроенергетичних компаній: підвищення надійності постачання електричної енергії, зменшення експлуатаційних витрат, зменшення кількості та тривалості аварійних відключень. Зменшення експлуатаційних витрат дозволить зменшити вартість електричної енергії і як наслідок покращить конкурентну спроможність товарів вітчизняних виробників та соціальний стан населення. Зменшення тривалості та кількості аварій, обумовлених НЧК та своєчасною дією АЧР в передаварійних режимах зменшить об'єм збитку, що покращить техніко-економічні показники підприємств та установ.

2. Розвиток високотехнологічного сектору промисловості і створення нових робочих місць за рахунок налагодження в Україні виробництва СМ на основі високотехнологічних засобів синхронних векторних вимірювань (СВВ).

3. Імпортозаміщення закордонних виробів за рахунок виробництва вітчизняних СМ з використанням сучасних технологій їх розробки, яка є складовою проекту. За оцінками фахівців, потреби ринку України складуть біля 30000 одиниць засобів та понад 25 комплексних систем моніторингу. Крім того, це сприятиме нарощуванню експортного потенціалу в країні з розвиненою економікою.

Таким чином за оціночною вартістю реалізації проекту близько 2 млн грн., терміни впровадження та окупності складуть відповідно 6 місяців та 3 роки.

7. Потенційні користувачі (*галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації*).

Потенційні користувачі, яким буде передано дослідні зразки є: ДП «НЕК Укренерго», ПАТ «Київобленерго», Міністерство інфраструктури України, Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, науково-дослідні, проектно-конструкторські інститути та організації для проведення сумісних експлуатаційних випробувань. На договірних умовах потенційним замовникам та підприємствам будуть передані електричні принципіві схеми розроблених засобів синхронізованого векторного вимірювання, програмне забезпечення для верифікації динамічної моделі ЕЕС, місць пошкоджень, визначення моментів переходу ЕМ з ВДЕ в «острівний режим», методики тестування та налаштування СМ, електронні файли для виготовлення друкованих плат, настанови з експлуатації.

8. Стан готовності розробки (*лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження*).

Розробка готова до впровадження. Наявні: лабораторний та промислові зразки, технічна документація.

9. Існуючі результати впровадження.

На даний момент виконано всі етапи експериментальних досліджень перед впровадженням на об'єктах потенційних користувачів.

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра автоматизації енергосистем

204-82-36

Yandu_kpi@ukr.net

11. Фото або декілька слайдів презентації з фото розробки в електронному вигляді (**рекламного характеру**). Якщо фото надається окремим файлом, бажано використовувати JPEG формат.

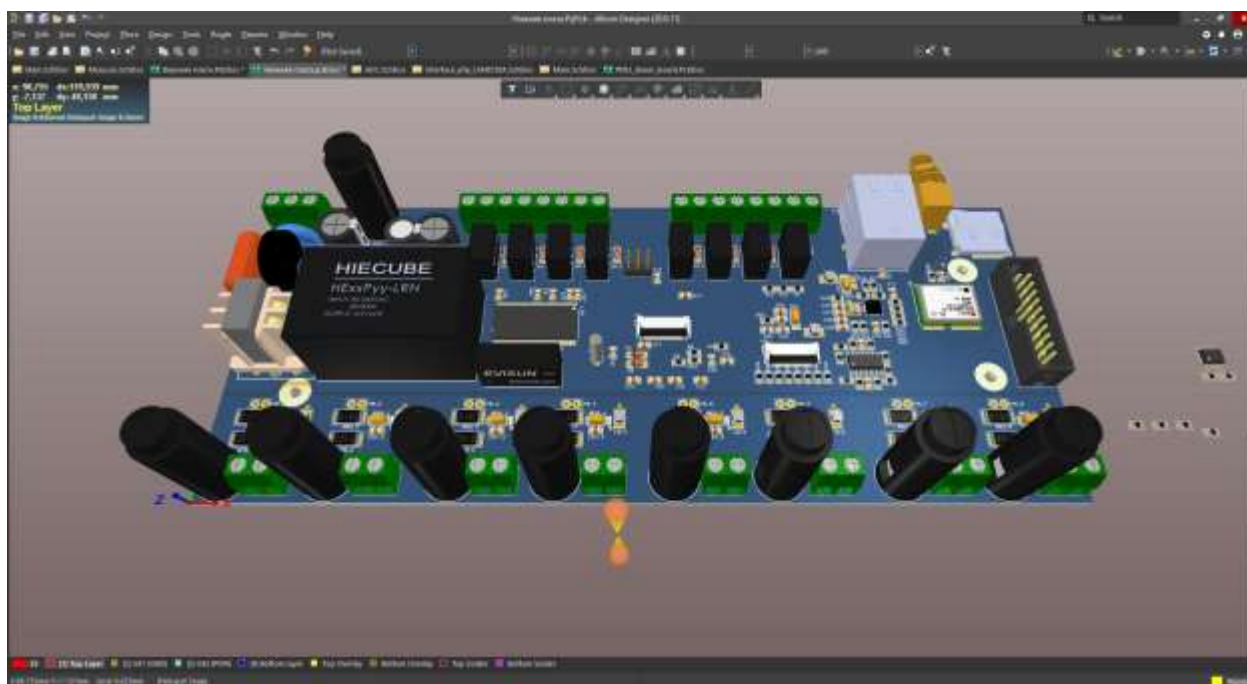


Рис. 1

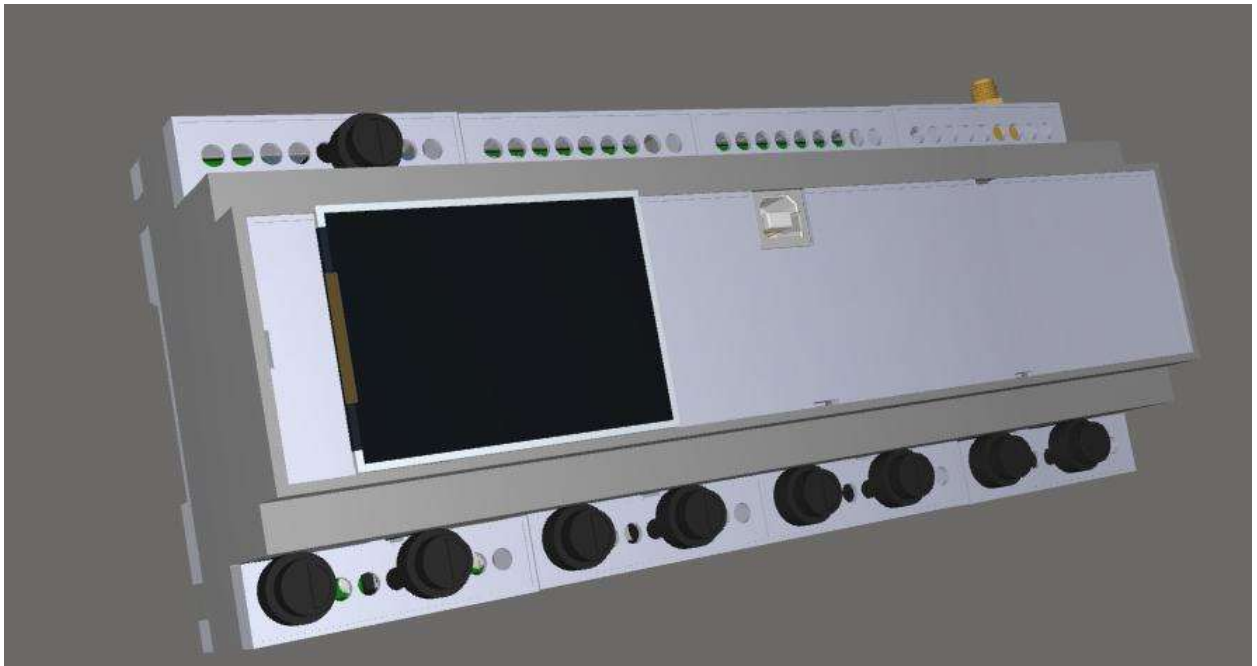


Рис. 2

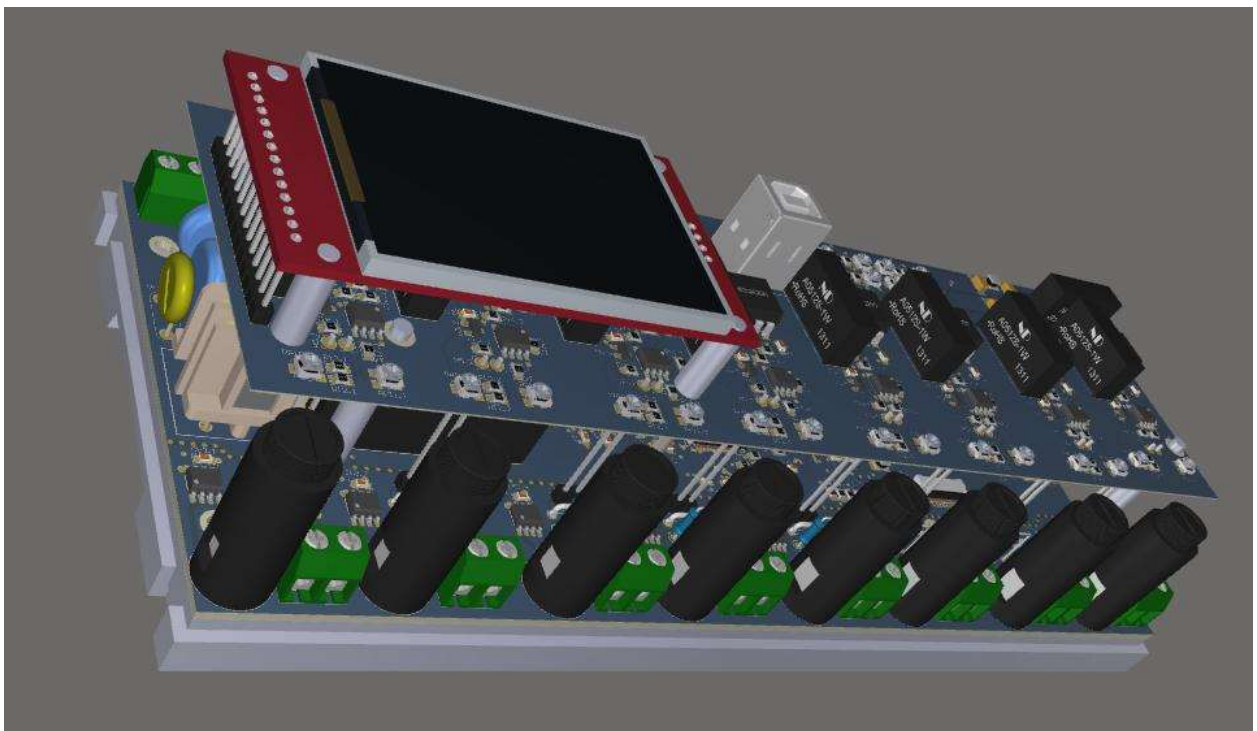


Рис. 3

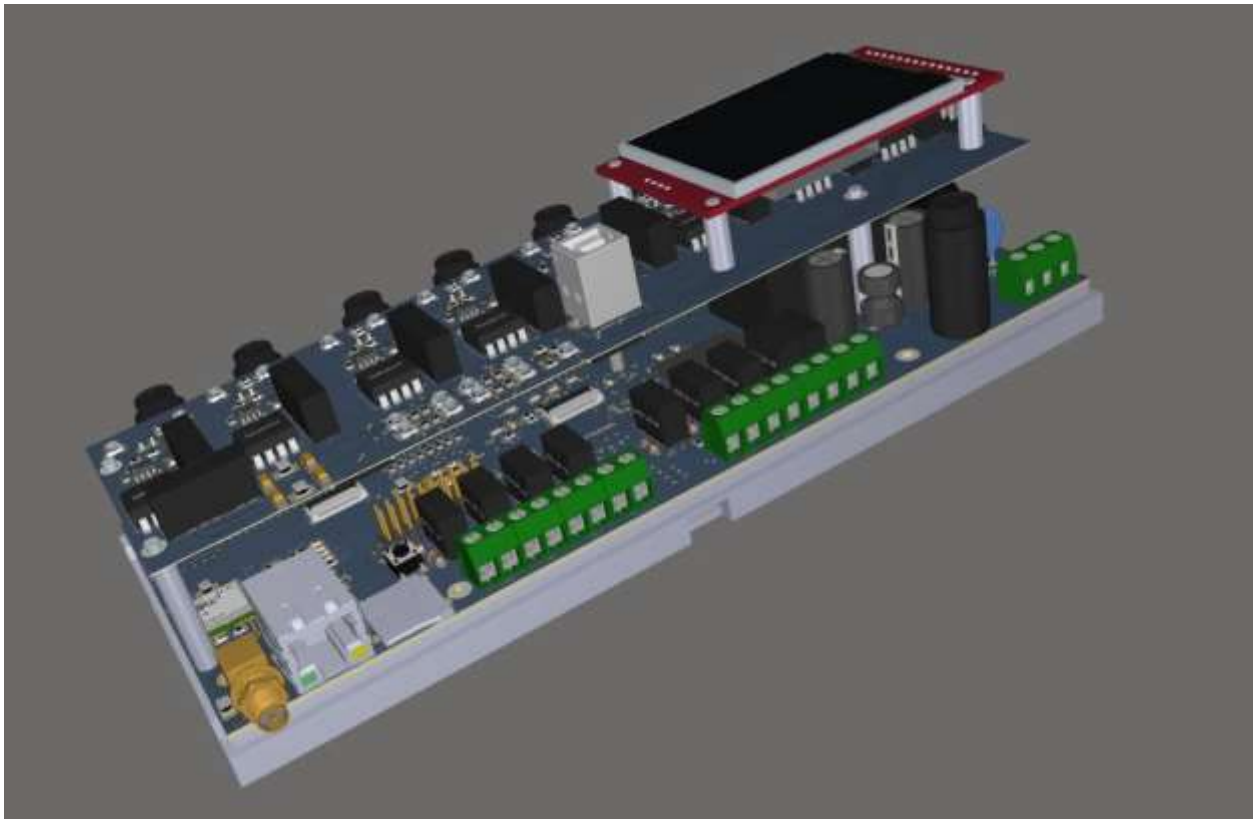


Рис. 4

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (*вагомі монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації*).

1. Яндульський О.С., Труніна Г.О., Настенко Д.В., Нестерко А.Б. Використання мікросинхрофазорів для симетрування навантаження фідерів розподільних мереж. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. 2021. №3(128). С. 99-106.
2. Троценко Є. О., Нестерко А.Б., Чижевський В. В., Діксіт М. М. Оцінка падіння напруги в індуктивному опорі зеднувальних проводів нелінійних обмежувачів перенапруг. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. 2021. №4(129). С. 157-162.
3. Тимохін О. В., Тимохіна А. О., Настенко Д.В. Розрахунок параметрів розподільних електричних мереж 0,4...10 кВ як середовища передачі широкосмугових сигналів // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 5-6/2020 ст.147-152
4. Яндульський О. С., Буханенко О.І. Методи пошуку аномалій в даних вимірювань режимних параметрів електричної мережі // Журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія», №1, С. 68 - 74. 2021

13. Надати ключові слова до розробки

Синхронізовані вимірювання режимних параметрів, відновлювальні джерела енергії, розподільна електрична мережа

Ваша розробка буде розміщена в базі завершених розробок на сайті <http://science.kpi.ua/>.

**Організаційно-аналітичний відділ НДЧ,
e-mail: o.savitch@kpi.ua
к. 138-1. Тел. 204-92-00.**

ПРИКЛАД ОПИСУ ЗАВЕРШЕНОЇ РОЗРОБКИ

Розробка енергоефективної електромеханічної системи електробусу на основі адаптивного векторно-керованого асинхронного електроприводу з акумуляторно-суперконденсаторним живленням

Разработка энергоэффективной электромеханической системы электробуса на основе адаптивного векторно-управляемого асинхронного электропривода с аккумуляторно-суперконденсаторным питанием

Development of efficient electrobus electromechanical system based on adaptive vector-controlled induction motor drive with accumulator-ultracapacitor power source

1. **Номер державної реєстрації** 0117U004214
2. **Науковий керівник** – д.т.н., проф. Іванов С. М., Іванов С. М., Ivanov Sergei.
3. **Суть розробки, основні результати.**

(Укр.) Розроблено дослідний зразок електромеханічної системи електробусу з тяговим векторно-керованим асинхронним електроприводом потужністю 100 кВт, який забезпечує адаптивне енергоефективне векторне керування координатами тягового асинхронного двигуна електричного транспортного засобу, а також функції автоматизації, які є стандартними для електроприводів транспортних засобів. Розроблено гібридне джерело живлення малої потужності, яке складається з акумуляторного блоку, швидкого накопичувача енергії на базі суперконденсаторів, силових DC-DC перетворювачів, керуючого контролера з реалізованими алгоритмами для раціонального керування процесами енергообміну між електроприводом і ГДЖ, сенсорної та інтерфейсної підсистем. Розроблено та реалізовано на практиці нові методи та алгоритми векторного керування тяговими АД, які забезпечують відпрацювання моменту (кутової швидкості) з максимізацією співвідношення момент/струм, адаптацію до варіацій активних опорів статора і ротора, завдяки чому зменшуються активні втрати в АД і відповідно підвищується ККД системи. Розроблено та досліджено експериментально нові методи керування DC-DC перетворювачами гібридного джерела живлення. Розроблено програмне забезпечення яке реалізує: алгоритми адаптивного енергоефективного керування асинхронними двигунами на цифровому сигнальному процесорі; телеметрію електромеханічної системи з використанням панельного комп'ютера водія; керування DC-DC перетворювачами. Розроблено та виготовлено експериментальну установку з тестовим асинхронним двигуном потужністю 50 кВт і навантажувальним агрегатом на основі двигуна постійного струму, яка дозволяє проводити повномасштабні експериментальні дослідження в режимах, наближених до існуючих в реальних транспортних засобах.

(Рос.) Разработан опытный образец электромеханической системы электробуса с тяговым векторно-управляемым асинхронным электроприводом мощностью 100 кВт, который обеспечивает адаптивное энергоэффективное векторное управление координатами тягового асинхронного двигателя электрического транспортного средства, а также функции автоматизации, стандартные для электроприводов транспортных средств. Разработан гибридный источник питания малой мощности, который состоит из аккумуляторного блока, быстродействующего накопителя энергии на основе суперконденсаторов, силовых DC-DC преобразователей, управляющего контроллера с реализованными алгоритмами для рационального управления процессами энергообмена между электроприводом и гибридным источником питания. Разработаны и реализованы на практике новые методы и алгоритмы векторного управления тяговыми асинхронными двигателями, которые обеспечивают отработку момента (угловой скорости) с максимизацией соотношения момент-ток, адаптацию к активным сопротивлениям статора и ротора, благодаря чему уменьшаются активные потери в двигателе и соответственно повышается КПД системы. Разработаны и

исследованы экспериментально новые алгоритмы управления DC-DC преобразователями гибридных источников питания. Разработано программное обеспечение, которое реализует: алгоритмы адаптивного энергоэффективного управления асинхронными двигателями на цифровом сигнальном процессоре; телеметрию электромеханической системы с использованием панельного компьютера водителя; управление DC-DC преобразователями. Разработана и изготовлена экспериментальная установка с асинхронным двигателем мощностью 50 кВт и нагрузочным агрегатом на основе двигателя постоянного тока, которая позволяет проводить полномасштабные экспериментальные исследования в режимах, приближенных к существующим в реальных транспортных средствах.

(Eng) An experimental electrical drive for electric buses and traks is developed and experimentally tested. Developed power converter for induction motor based electrical drive provides 100 kW of output power. Flux-torque (speed) control algorithms for induction motor are developed, implemented and experimentally verified. Developed nonlinear controller take into consideration motor's magnetizing curve provides asymptotic flux-torque (speed) tracking, torque per Ampere maximization (MTA) as well adaptation to stator and rotor resistances. Both MTA and adaptation properties of the developed controller improves efficiency of the electromechanical system and increase range of battery powered electrical vehicles. Low power hybrid energy storage system (HESS), based on accumulators and supercapacitors is developed and assembled. New control algorithms for DC-DC converters are developed and experimentally verified. Experimental HESS provides possibility to development and experimental investigations of control algorithms for DC-DC converters, energy flow optimization, accumulators and supercapacitors charge/discharge. Auxiliary modules for integration of developed electrical drive in to electrobus structure are also developed. Experimental rig with 50 kW induction motor and DC loading machine is developed and manufactured. Experimental rig provides possibility to perform experimental investigations on new control algorithms in all operation modes, which are close to real electrical vehicles conditions.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

1. Двоканальний регульований електропривод: пат. 124134 Україна, № u201709525; заявл. 29.09.2017; опубл. 26.03.20, Бюл. № 6. Теряєв В. І.

2. Спосіб регулювання координат генератора та двигуна в режимі електричного гальмування: пат. 126104 Україна, № u201712078; заявл. 08.12.2017; опубл. 11.06.2017, Бюл. № 11. Теряєв В. І.

3. Пат. 116158 Україна, МПК (2016.01) H01P 1/18, H01P 1/207. Керована надвисокочастотна система на основі тонкого діелектричного резонатора / Д. Д. Татарчук, В. І. Молчанов, Ю. М. Поплавко, Ю. В. Діденко, А. С. Франчук ; заявник і власник Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – № u 2016 11812 ; заявл. 22.11.2016 ; опубл. 10.05.2017, Бюл. № 9. – 4 с.

4. Система стабілізації положення та активного віброзахисту об'єкта у просторі на основі електромагнітного підвісу: пат. 120636 Україна, u 2017 05289 від 30.05.2017 р. Теряєв В. І.

5. Двоканальна система високоточного керування положенням об'єкту у просторі та його активного віброзахисту на основі електромагнітного підвісу: пат. 121576 Україна, номер u 2017 06061 від 16.06.2017 р. Теряєв В. І.

6. Безлюфтовий двоканальний слідкуючий електропривод: пат. 122234 Україна, номер u 2017 07611 від 18.07.2017 р. Теряєв В. І.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Науково технічний рівень виконаної роботи відповідає світовому рівню та перевищує його за окремими показниками. Існуючі системи векторного керування тяговими асинхронними двигунами, в тому числі такі, що випускаються серійно, є чутливими до

параметричних збурень математичної моделі двигуна. Нові методи адаптивного керування електромеханічним перетворенням енергії в тяговому асинхронному електроприводі, розроблені авторами проекту, на відміну від існуючих, вперше вирішують задачу відпрацювання заданих траєкторій моменту з максимізацією співвідношення момент/струм у всьому діапазоні зміни моменту, адаптацію до змін опорів статора і ротора АД, одночасно забезпечуючи завдяки цьому комфортність руху і підвищені енергетичні характеристики електробусу, більш ефективне використання заряду батарей (більший пробіг на одному заряді). При цьому максимізація момент/струм досягається як в статиці, так і в перехідних режимах з середнім рівнем динаміки. Показники якості керування синтезованих в роботі систем адаптивного енергоефективного керування перевищують існуючі показники в загальновизнаних стандартних системах векторного керування та не поступаються показникам аналогічних продуктів світових виробників. Завдяки адаптації, розроблені та реалізовані на практиці методи керування вирішують проблему чутливості систем векторного керування до параметричних збурень. Конфігурація накопичувачів енергії та силової електроніки, яка використана для розробки експериментального зразка гібридного джерела живлення відповідає дослідженням провідних світових наукових шкіл, спрямованих на розробку перспективних моделей електричних транспортних засобів з покращеними динамічними та енергетичними характеристиками. Високий рівень отриманих результатів підтверджено публікаціями у високо рейтингових журналах спільноти IEEE та доповідями на провідних закордонних конференціях.

6. Економічна привабливість для просування на ринок.

Термін впровадження розробки складає близько 6 місяців.

7. Потенційні користувачі.

Міністерство інфраструктури України, Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, науково-дослідні, проектно-конструкторські інститути та організації, фірми виробники електроприводів, експлуатуючі організації (при розробці нових та модернізації існуючих електричних транспортних засобів). Консорціум «Електроавтобус України», (м. Луцьк), ПрАТ «Запорізький електроапаратний завод», (м. Запоріжжя), ПАТ «Автомобільна компанія «Богдан моторс», (м. Луцьк), корпорація «Електрон», (м. Львів).

8. Стан готовності розробки.

Розроблено, виготовлено та протестовано дослідний зразок електромеханічної системи (ЕМС) електробусу потужністю 100 кВт. Дослідний зразок підготовлено до встановлення на електробус.

9. Існуючі результати впровадження.

У відповідності з меморандумом про співробітництво між консорціумом «Електробус України» і КПІ ім. Ігоря Сікорського, розроблений дослідний зразок тягового електроприводу підготовлено до встановлення на електричний транспортний засіб, який створюється консорціумом «Електробус України» для проведення експлуатаційних випробувань та подальшого впровадження. Алгоритми векторного керування моментом асинхронних двигунів впроваджено при виконанні госпрозрахункового договору з ПрАТ «Запорізький електроапаратний завод», (м. Запоріжжя) при створенні тягової електромеханічної системи трамвайного вагону.

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail. КПІ ім. Ігоря Сікорського, факультет....., кафедра, 044-204-xx-xx, sergpera@gmail.com.

11. Фото розробки.



Рис. 1. Дослідний зразок перетворювача



Рис. 2. Силова частина перетворювача



Рис. 3. Панельний комп'ютер водія

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання.

Енергоефективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення. Монографія / Загірняк М.В., Клепиков В.Б., Ковбаса С.М., Михальський В.М., Пересада С.М., Садовой О.В., Шаповал І.А. – Київ, Інститут електродинаміки НАН України, 2018. – 310 с. ISBN 978-966-02-8403-6.

Кандидатські дисертації

1. Оборонов Т. Ю., «Моделі і засоби діагностування енергетичного і технічного стану синхронного електроприводу насосних установок», 2017 р.
2.

Статті у виданнях, що входять до бази Scopus (основні)

1. S. Bozhko, S. Dymko, S. Kovbasa and S. M. Peresada, "Maximum Torque-per-Amp Control for Traction IM Drives: Theory and Experimental Results," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 53, no. 1, pp. 181-193, Jan.-Feb. 2017.

2. S. Peresada, S. Kovbasa, S. Korol, N. Zhelinskyi Feedback linearizing field-oriented control of induction generator: Theory and experiments // *Technical Electrodynamics*, 2017. – №2. – P. 48-56.
 3. S. Peresada, S. Kovbasa, D. Pushnitsyn, Y. Zaichenko Two Nonlinear Controllers for Voltage Source AC-DC Converter // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). – 2017. – C. 1-5.
 4. S. Peresada, S. Kovbasa, M. Zhelinskyi, A. Duchenko Speed Sensorless Direct Field Oriented Control of Induction Generator // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). – 2017. – C. 1-5.
 5. S. Peresada, Y. Zaichenko, S. Kovbasa and Y. Nikonenko Three-Phase Current Harmonics Estimation for Shunt Active Power Filters // 2017 IEEE conference Modern electrical and energy systems” (MEES 2017), paper #71.
 6. S. Peresada, S. Kovbasa, S. Dymko and S. Bozhko Maximum Torque-per-Amp Tracking Control of Saturated Induction Motors // 2017 IEEE conference Modern electrical and energy systems” (MEES 2017), paper #70.
 7. Tolochko O., Sopiha M. Heat Loss Minimization Field Control of Motionless Induction Motors in Pause of Intermittent Duty // 2017 IEEE First Ukraine Conference on electrical and computer engineering (UkrCon). – p.p. 442-447.
 8. Tolochko O. Analysis of Observed-Based Control Systems with Unmeasured Disturbance // 2017 IEEE First Ukraine Conference on electrical and computer engineering (UkrCon). – p.p. 1006-1010.
 9. M. Pushkar, N. Krasnoshapka, M. Pechenik, V. Bovkunovych Method of Approximation the Magnetizing Inductance Curves of Self-Excited Induction Generators // IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2017, May 29 – June 2, 2017 Kyiv, Ukraine, P.395–399.
 10. Mykhalskyi V.M., Sobolev V.M., Chopyk V.V., Polishchuk S.Y., Shapoval I.A. Vector Control for Double-Inverter-Fed Wound-Rotor Induction Machine // Proceedings of the IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) 2018. – Kyiv (Ukraine). – 24-26 April 2018. – P. 552–557.
 11. Bozhko S. Kovbasa S. Nikonenko Y. Peresada S. Direct vector control of induction motors based on rotor resistance-invariant rotor flux observer // Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Electrical System for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles and International Transportation Electrification Conference (ESARS-IETEC) 2018, Nov. 7 – 9, Nottingham, United Kingdom.
 12. Peresada S., Kovbasa S., Nikonenko Y., Bozhko S. Concept of experimental research for electrical vehicle electromechanical systems with hybrid energy storages // *Technical Electrodynamics*. –2018. №5. –pp. 57-60.
 13. Peresada S., Zaichenko Y., Kovbasa S., Reshetnik V. Adaptive Current Control for Shunt Active Power Filters // Proceedings of the IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Apr. 24 – 26, Kyiv, -2018, pp. 598 – 604.
-
23. Tatarchuk D. D. Low Thickness Dielectric Resonators / D. D. Tatachuk, Y. V. Didenko, V. I. Molchanov, Y. M. Poplavko // The Second International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo'2017): Proc. of Int. Sci. Conf. (September 11 – 15, 2017, Odessa, Ukraine). – Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2017. – PP. 258 – 262.

13. **Ключові слова.** Електромобіль, електробус, електричний транспорт, тяговий електропривод, асинхронний двигун, векторне керування.