

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U100750

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-10-2023

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ніконенко Євген Олексійович

2. Yevhen Nikonenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2379-5566

Вид дисертації: доктор філософії

Шифр наукової спеціальності: 141

Назва наукової спеціальності: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Галузь / галузі знань: електрична інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Дата захисту: 07-11-2023

Спеціальність за освітою: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Місце роботи здобувача: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

III. Відомості про дисертацію

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.002.35; ID 2278

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 44.29.29, 45.37, 45.41.31, 45.01.85

Тема дисертації:

1. Керування електромеханічними системами електричних транспортних засобів з гібридним акумуляторно-суперконденсаторним джерелом живлення
2. Control of electric vehicle electromechanical systems with battery- supercapacitor hybrid energy storage systems

Реферат:

1. У дисертаційній роботі вирішується задача розвитку методів синтезу та аналізу тягових електромеханічних систем (ЕМС) на базі векторно-керованих асинхронних двигунів (АД) і синхронних двигунів з постійними магнітами (СДПМ) з гібридними джерелами живлення (ГДЖ) на основі акумуляторних батарей (АКБ) і блоку суперконденсаторів (СК), спрямована на підвищення їх статичних, динамічних та енергетичних

характеристик за рахунок розробки і впровадження методів нелінійного і адаптивного керування. У першому розділі проведено аналіз існуючих методів керування тяговими електромеханічними системами з ГДЖ з метою обґрунтування необхідності вирішення науково-прикладної задачі, яка розглядається в роботі. За результатами аналітичного огляду встановлено, що системи ослаблення поля АД не забезпечують повне використання потужності джерела; для живлення типових ЕТЗ використовуються тільки АКБ, що спричиняє їх прискорене старіння. Типові системи керування ГДЖ на основі лінійних пропорційно-інтегральних регуляторів (ПІ-регуляторів) струмів і напруги з фільтром низьких частот (ФНЧ) не мають строгого теоретичного обґрунтування, стійкість суттєво нелінійних систем не доведено. Як наслідок, підсистеми керування ГДЖ і тяговим електроприводом (ЕП) є взаємозв'язаними і чутливими до координатних і параметричних збурень, основними з яких є варіації активного опору ротора АД, електричних параметрів СДПМ і параметрів DC-DC перетворювачів. Вказані збурення в існуючих системах призводять до деградації динамічних показників якості керування і зниження енергетичної ефективності процесів електромеханічного перетворення енергії. У другому розділі розроблено нові алгоритми ослаблення поля в системах векторного керування АД, які забезпечують більш повне використання потужності джерела, а також синтезовано з використанням другого методу Ляпунова адаптивний спостерігач активного опору ротора АД і алгоритми ідентифікації параметрів СДПМ, які забезпечують глобально стійкий процес оцінювання і є простішими у використанні, ніж існуючі аналоги. У третьому розділі виконано теоретичний аналіз та дослідження властивостей стійкості і характеристик систем керування класом реверсивних DC-DC перетворювачів як нелінійних немінімально-фазових об'єктів керування в стандартній конфігурації з лінійними ПІ-регуляторами струму та напруги. Розроблений метод синтезу і аналізу систем керування DC-DC перетворювачами базується на використанні часткової лінеаризації зворотним зв'язком. Вперше показано яким чином струм навантаження впливає на структуру систем керування DC-DC перетворювачами та їх параметри, що дозволяє здійснювати робастне налаштування регуляторів для підвищення навантажувальної здатності перетворювачів. Показано, що завдяки компенсації струму навантаження забезпечується підвищення динамічної точності стабілізації напруги. У четвертому розділі вперше теоретично обґрунтовано структуру композитної системи керування ГДЖ, що складається зі зв'язаних підсистем регулювання вихідної напруги, струмів АКБ і СК, фільтру розподілу частот (ФРЧ) і підсистеми регулювання напруги СК. Доведено, шляхом розгляду динаміки системи зниженого порядку, що масштабування завдання струму СК у функції співвідношення напруг АКБ і СК у складі ФРЧ (лінеаризація зворотним зв'язком), а також формування розділення у часі динаміки у контурах регулювання забезпечують асимптотичне регулювання напруги ланки постійного струму і розподіл динамічних складових струмів АКБ і СК. Показано, що компенсація струму навантаження підвищує динамічні показники якості регулювання напруги. Розроблено новий алгоритм регулювання напруги (заряду) блоку СК і надано рекомендації з його налаштування, яке гарантує, що процес заряду не впливає на регулювання вихідної напруги ГДЖ. У п'ятому розділі обґрунтовано концепцію експериментальних досліджень тягових ЕМС з ГДЖ, яка дозволяє розробляти уніфіковані експериментальні установки для повномасштабних тестувань широкого спектру алгоритмів керування в умовах, які наближені до існуючих в реальних ЕТЗ. Розроблено структуру, виготовлено і налагоджено станцію швидкого прототипного тестування для дослідження тягових ЕМС, яка складається з АД потужністю 0.7 кВт, СДПМ 3 кВт, літій-іонних і свинцево-кислотних АКБ і блоку СК з DC-DC перетворювачами, яка дозволила провести повномасштабні експериментальні тестування розроблених структур керування з метою підтвердження теоретичних висновків роботи та виявлення ефектів, які не враховуються при синтезі та моделюванні. Керування установкою здійснюється з використанням контролера на основі цифрового сигнального процесора TMS320F28335 і розробленого програмного забезпечення.

2. The thesis is devoted to design methods development of traction electromechanical systems (EMS) based on AC vector-controlled electric drives (ED) with batteries-supercapacitors (SC) hybrid energy storage systems (HESS) aimed at improving static, dynamic, and energy characteristics through the development and implementation of nonlinear and adaptive control methods. The first section analyzes the existing traction EMS with HESS control methods to substantiate the importance to solve the scientific and applied problem considered in the thesis. Based

on the results of the analytical review, it was found that the induction IM field-weakening systems do not ensure the full utilization of the primary source power. The batteries-only energy sources are typically applied to power modern electric vehicles (EV) which causes their accelerated aging. Typical HESS control systems which are based on linear proportional-integral controllers (PI-controllers) of currents and voltages with a low-pass filter (LPF) do not have a rigorous rationale, and the stability of significantly nonlinear systems has not been proven. As a result, the HESS and traction ED subsystems are interconnected and sensitive to coordinate and parametric disturbances. The main of which are variations of the IM active rotor resistance, PMSM and DC-DC converters electrical parameters. These perturbations lead to degradation of dynamic control quality indicators and reduction of energy efficiency of electromechanical energy conversion processes in existing systems. In the second section, new field-weakening algorithms in IM field-oriented control systems are developed, which provide a more complete usage of the source power. Also an adaptive observer of the IM active rotor resistance is designed, as well as identification algorithms of PMSM parameters, using the second Lyapunov method. They provide a globally stable estimation and are easier to use than existing analogues. In the third section, a theoretical study of the stability properties and characteristics of bidirectional DC-DC boost converters control systems were performed. Note that they are nonlinear non-minimum-phase control plants. The standard configuration with linear PI current and voltage controllers was considered. As a result of the theoretical analysis, it was found that: the resulting structure of the control system is in the form of a sequential connection of two linear asymptotically stable subsystems in a nonlinear feedback loop with bilinear properties. For the first time, the structure of the control system provides linearization with respect to a physically determined manifold, which is the power balance equation. The form of the linearized system allows the use of the theory of cascaded systems with the time-scale separation such that the internal (current) control loop is several times faster than the external (voltage) control loop. For the first time the mechanism of the load current affecting the structure of DC-DC converter control systems and their parameters is shown. It provides more robust tuning of the controllers to increase the converters load capacity. It is shown that the load current compensation in a controller improves the dynamic voltage stabilization accuracy. In the fourth section, for the first time, the structure of composite HESS control system is theoretically substantiated. It consists of coupled DC-link voltage, battery and SC currents subsystems, a frequency distribution filter (FDF), and a SC voltage control subsystem. It is proved, by considering the reduced-order system dynamics, that the SC current reference scaling as a function of the battery and SC voltages ratio in the FDF (feedback linearization), as well as the time-scale separation of control loops provide asymptotic DC link voltage control and the battery and SC currents components dynamic distribution. It has been shown that the load current compensation improves the dynamic quality indicators of DC-link voltage regulation. A new SC voltage controller has been developed. Tuning recommendations ensure that the SC charging process does not affect the DC-link voltage regulation. In the fifth section, a concept of EMS with HESS experimental studies is substantiated. It allows to develop unified experimental installations for full-scale testing of a wide range of control algorithms under conditions close to those existing in real EV. The rapid prototyping station for the study of traction EMS was designed, manufactured and commissioned. It consists of a 0.7 kW IM, a 3 kW PMSM, lithium-ion and lead-acid batteries, and a SC unit with DC-DC converters. The full-scale experimental testing of the developed control structures were performed on the rapid prototyping station to confirm the theoretical conclusions and identify effects that are not taken into account during design and in simulation. The setup is controlled by a controller based on TMS320F28335 DSP and designed software.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- С.М. Пересада, С.Н. Ковбаса, Є.О. Ніконенко, С.В. Божко, “Концепція експериментального дослідження електромеханічних систем електричних транспортних засобів з гібридними джерелами живлення”, Технічна електродинаміка, №5, 2018, Київ, с. 55-60. DOI: 10.15407/techned2018.05.057.
- С.М. Пересада, Є.О. Ніконенко, М.М. Желінський, В.С. Решетник, “Формування динамічних режимів повністю керованого гібридного джерела живлення електричних транспортних засобів”, Технічна електродинаміка, №4, 2020, Київ, с. 35-40. DOI: 10.15407/techned2020.04.035.
- С.М. Пересада, Є.О. Ніконенко, С.М. Ковбаса, О. Кузнецов, “Спостерігач потокозчеплення, адаптивний до змін активного опору ротора асинхронних двигунів”, Технічна електродинаміка, 2022, №5, с. 45-51. DOI: 10.15407/techned2022.05.045.
- С.М. Пересада, Є.О. Ніконенко, В.С. Решетник, “Метод визначення електричних параметрів явнополюсних синхронних двигунів”, Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 30.08.2019, № 2 (476), с. 14-21. DOI: 10.15589/znp2019.2(476).3.
- S. Peresada, S. Kovbasa, D. Pristupa, D. Pushnitsyn, Y. Nikonenko “Nonlinear control of voltage source AC-DC and DC-DC boost converters”, Bulletin of NTU KhPI Problems of Automated Electric drives. Theory and Practice. (PAED), Kharkiv, 2017, vol. 27 (1249), pp. 84-88. URL: repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/33964.
- С.М. Пересада, Є.О. Ніконенко, С.М. Ковбаса, О.В. Стаценко, “Стійкість двоконтурних систем керування напругою DC-DC перетворювача”, Вісник ВПІ, № 6, грудень, 2021, с. 51-57. DOI: 10.31649/1997-9266-2021-159-6-51-57.
- S. Peresada, Y. Nikonenko, S. Kovbasa, A. Kuznietsov and D. Pushnitsyn, “Rapid prototyping station for batteries-supercapacitors hybrid energy storage systems,” IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, April 16 – 18, 2019, pp. 826-831. DOI: 10.1109/ELNANO.2019.8783731.
- S. Peresada, Y. Nikonenko, V. Reshetnyk and O. Kiselychnyk, “Dynamics of the synchronous motor based traction electromechanical systems with hybrid energy sources,” IEEE Problems of Automated Electric Drive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, September 21-25, 2020, 6 p. DOI: 10.1109/PAEP49887.2020.9240798.
- S. Peresada, Y. Nikonenko and V. Reshetnyk, “Adaptive speed control and self-commissioning of the surface mounted permanent magnet synchronous motors,” IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Lviv, Ukraine, July 2-6, 2019, pp. 388-394. DOI: 10.1109/UKRCON.2019.8879913.
- S. Peresada, Y. Nikonenko and S. Kovbasa, "Field-weakening methods for torque-flux direct field-oriented control of induction motors," IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 292-296. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969273.
- S. Peresada, Y. Nikonenko and V. Reshetnyk, “Identification of the interior permanent magnet synchronous motor electrical parameters for self-commissioning,” IEEE International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, April 22-24, 2020, pp. 826-831. DOI: 10.1109/ELNANO50318.2020.9088867.
- S. Peresada, O. Kiselychnyk, D. Rodkin, Y. Nikonenko and V. Reshetnyk, “Inductances determination of the interior permanent magnet synchronous motors considering saturation,” IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, May 12-14, 2020, pp. 289-294. DOI: 10.1109/ESS50319.2020.9160128.
- S. Peresada, Y. Nikonenko and Y. Zaichenko, “Parameters identification for self-commissioning of DC-DC boost converters,” 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Lviv, Ukraine, August 22-28, 2021, pp. 417-420. DOI: 10.1109/UKRCON53503.2021.9575812.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези; методичні документи; програмні продукти, програмно-технологічна документація; аналітичні матеріали

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; поліпшення стану навколишнього середовища; економія енергоресурсів; економія матеріалів; зменшення зносу обладнання; підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0117U004284, 0119U100170, 0122U001700

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пересада Сергій Михайлович
2. Sergei Peresada

Кваліфікація: д. т. н., професор

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8948-722X

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603891736>,
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/2345632>, <https://www.researchgate.net/profile/Sergei-M-Peresada>, <https://scholar.google.com/citations?user=wrrV6ksAAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Михальський Валерій Михайлович
2. Valerii Mykhalskyi

Кваліфікація: д.т.н., с.н.с.

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8251-3111

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55327748200>,
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/525544>,
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=n87IDnIAAAAJ>, <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/VM-Mykhalskyi-2031231743>

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417238

Місцезнаходження: пр. Перемоги ,56, Київ, 03057, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Академічний

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Приступа Анатолій Леонідович

2. Anatoliy Prystupa

Кваліфікація: к.т.н., доц.

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9412-2698

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57190807222>,

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/F-5507-2014>,

<https://www.researchgate.net/profile/Anatoliy-Prystupa>,

<https://scholar.google.com/citations?user=aiO03D8AAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Чернігівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 05460798

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 95, Чернігів, Чернігівський р-н., 14035, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Островерхов Микола Якович

2. Mykola Ostroverkhov

Кваліфікація: д. т. н., професор

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7322-8052

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6504805660>,

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/H-3144-2015>,

<https://www.researchgate.net/profile/Mykola-Ostroverkhov>,

<https://scholar.google.com/citations?user=7pTRQQ8AAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Чумак Вадим Володимирович

2. Vadim Chumack

Кваліфікація: к. т. н., доц.

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8401-7931

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191833069>,
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/1981028>, <https://www.researchgate.net/profile/Vadim-Chumack>, <https://scholar.google.com.ua/citations?user=AZFafXoAAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Яндульський Олександр Станіславович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Яндульський Олександр Станіславович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Ніконенко Євген Олексійович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна