

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U001100

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 20-04-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Турковський Валентин Павлович

2. Valentyn P. Turkovskiy

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9456-2394

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

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:

Спеціальність за освітою: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 12864

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

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

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 44.29.29, 45.29, 45.37, 45.41

**Тема дисертації:**

1. Модульне конфігурування енергетично-тягових систем електричних транспортних засобів на основі безщіткових двигунів з постійними магнітами
2. Modular Configuration of Energy-Traction Systems for Electric Vehicles Based on Permanent Magnet Brushless DC Motors

**Реферат:**

1. Дисертація присвячена вирішенню науково-технічного завдання розроблення конфігурацій енергетично-тягових систем (ЕТС) з різними варіантами модульності бортових систем електричного живлення на базі модулів акумуляторних батарей та суперконденсаторів, безщіткових двигунів постійного струму (БДПС) з постійними магнітами (ПМ) та силових напівпровідникових перетворювачів різних топологій, які виконують функції керування тяговим електроприводом та енергетичного менеджменту модулів електричного живлення. Усі ЕТС досліджувалися шляхом комп'ютерного симулювання, а також експериментально на створених макетних взірцях. Розділ 1 «Аналіз відомих рішень щодо модульного конфігурування енергетично-тягових систем електричних транспортних засобів» присвячений аналізу сучасного стану та тенденцій розвитку систем електропривода та бортового живлення електричних автономних транспортних засобів (ЕАТЗ). У цьому розділі обґрунтовано доцільність застосування модульного підходу для побудови

енергетично-тягових систем (ЕТС) та проведено аналіз підходів до побудови системи енергетичного менеджменту (СЕМ) модульних та гібридних ЕТС ЕАТЗ. Розділ 2 «Розроблення модульних систем електричного живлення на основі акумуляторних батарей і суперконденсаторів для ЕАТЗ з БДПС» було присвячено модульності бортових джерел живлення, а також електронним системам для силового інтерфейсу модулів живлення. Запропоновано та досліджено шляхом імітаційного комп'ютерного симулювання низку конфігурацій модульних каскадних та інших енергетичних систем, складених з акумуляторних батарей (АБ) чи гібридних систем накопичення енергії (ГСНЕ), які містять АБ та суперконденсаторні (СК) модулі. Проведено дослідження шляхом комп'ютерного імітаційного моделювання першого типу інтегрованої енергетично-тягової системи ЕАТЗ, у якій каскадний DC-DC перетворювач об'єднує енергетичні модулі АБ чи гібридні АБ-СК модулі живлення та одночасно формує кількарівнево регульовану бортову DC-мережу, від якої живиться силовий транзисторний інвертор напруги БДПС. Розроблено алгоритми та програми для багатофункційного автоматичного керування каскадним DC-DC перетворювачем, які здійснюють ефективне керування моментом та швидкістю БДПС, а також забезпечують вирівнювання зарядів АБ-модулів. Розділ 3 «Розроблення та дослідження нової конфігурації гібридної АБ-СК системи електричного живлення ЕАТЗ з перемиканням структури» присвячено створенню та аналізу напівактивної структури ГСНЕ зі структурою з перемиканням АБ та СК-блока. Теоретично обґрунтовано, що така конфігурація дає змогу зменшити встановлену ємність СК-блока на 54,7% при збереженні того самого рівня доступної енергії порівняно з відомими аналогами. Синтезовано алгоритм роботи системи енергетичного менеджменту (СЕМ), який охоплює вісім режимів роботи (5 тягових та 3 гальмівні), забезпечуючи ощадну експлуатацію АБ та підтримання оптимального рівня заряду СК. Розділ 4 «Інтегрування модульних систем електричного живлення та двомодульного БДПС з трифазними обмотками якоря» фокусується на дослідженні систем на базі модульних БДПС із двома наборами трифазних обмоток якоря (2×3 БДПС) асиметричної конфігурації. Обґрунтовано використання дробових концентричних обмоток для мінімізації взаємоіндуктивного зв'язку між модулями обмотки якоря та пульсацій моменту. Розроблено вдосконалену математичну модель машини, яка базується на результатах моделювання магнітного поля методом скінченних елементів (FEM - англ. Finite Element Method). Проведено оцінку пульсацій електромагнітного моменту за умов незбалансованого навантаження модулів, де доведено, що наявність магнітного зв'язку в асиметричних машинах сприяє взаємній компенсації пульсацій. Розділ 5 «Інтегрування модульних систем електричного живлення та БДПС з розімкненими кінцями обмотки якоря» досліджує поєднання модульних систем акумуляторного живлення з приводами БДПС, що мають розімкнені кінці обмоток якоря (OEW - англ. Open End Winding). У розділі проаналізовано просторовий розподіл векторів напруги для 120-градусного та 180-градусного законів комутації, що дало змогу реалізувати, відповідно, чотири- та трирівнево керування напругою якоря двигуна за допомогою двох мостових транзисторних інверторів напруги. Розроблено енергоефективну стратегію керування, де в режимі тяги ШІМ-регулювання застосовується лише до одного з інверторів, а для балансування енергії між двома незалежними акумуляторними модулями застосовано двопозиційне перемикання з гістерезисом. У процесі виконання дисертаційних досліджень за обраною темою було обрано відомі та запропоновано власні перспективні конфігурації ЕТС для ЕАТЗ та розроблено алгоритми керування ними. У результаті комп'ютерного моделювання було показано роботоздатність досліджуваних ЕТС із розробленими системами керування тяговим електроприводом та СЕМ модулями енергетичного живлення, що було також підтверджено експериментальними дослідженнями.

2. This dissertation addresses the scientific and technical challenge of developing configurations energy-traction systems (ETS). These systems feature various modular options for onboard power supplies based on battery and supercapacitor (SC) modules, permanent magnet (PM) brushless DC (BLDC) motors, and power semiconductor converters of various topologies. These converters manage both the traction electric drive control and the energy management of the power supply modules. All proposed energy-traction systems system configurations were investigated through computer simulation and experimentally validated using custom-built physical prototypes. Chapter 1 "Analysis of known solutions for modular configuration of power and traction systems of electric

vehicles" is devoted to the analysis of the current state and trends in the development of electric drive and on-board power supply systems of electric autonomous vehicles. This section substantiates the feasibility of using a modular approach to building power and traction systems of Electric Autonomous Vehicles (EAVs), which allows increasing their reliability due to fault tolerance, ensuring safe operation at low voltages of individual modules and improving overall energy efficiency. Chapter 2 "Development of modular power supply systems based on batteries and supercapacitors for EAVs with BLDC" is devoted to the modularity of on-board power supplies, as well as electronic systems for the power interface of power modules. A number of configurations of modular cascade and other power systems composed of batteries or hybrid energy storage systems (HESS), which include batteries and SC modules, are proposed and investigated by means of computer simulation. A study is conducted by computer simulation modeling of the first type of integrated power and traction system EAV, in which a cascade DC-DC converter combines battery energy modules or hybrid B-SC power modules and simultaneously forms a multi-level regulated on-board DC network, from which the power transistor voltage inverter of the BLDC is powered. Algorithms and programs for multifunctional automatic control of the cascade DC-DC converter have been developed, which effectively control the torque and speed of the BLDC, and also ensure equalization of battery modules charges. Chapter 3 "Development and research of a new configuration of the hybrid EAV electric power system with switching structure" is devoted to the creation and analysis of a semi-active structure of the HESS with a structure with switching sources. It is theoretically substantiated that such a configuration allows reducing the installed capacity of the SC block by 54.7% while maintaining the same level of available energy. An EMS algorithm was synthesized, covering eight operating modes (5 traction and 3 braking), ensuring economical operation of the battery and maintaining the optimal charge level of the SC. Chapter 4 "Integration of modular electrical power systems and two-module BLDC with three-phase armature windings" focuses on the study of systems based on modular BLDC with two sets of Dual Three-Phase (DTP) armature windings of an asymmetric configuration. The use of fractional-slot concentrated windings to minimize mutual inductive coupling and torque ripple was justified. An improved mathematical model of the machine was developed, which is based on the results of magnetic field modeling by the Finite Element Method (FEM). An assessment of electromagnetic torque ripple under conditions of unbalanced module loading was carried out, where it was proven that the presence of magnetic coupling in asymmetric machines contributes to mutual compensation of ripples. Chapter 5 "Integration of modular power systems and BLDC with open end winding" explores the combination of modular battery power systems with Open End Winding (OEW) BLDC motor drives. The chapter analyzes the spatial distribution of voltage vectors for 120-degree and 180-degree commutation laws, which allows for the implementation of four- and three-level motor armature voltage control using two bridge transistor voltage inverters, respectively. An energy-efficient control strategy is developed, where in traction mode, PWM control is applied to only one of the inverters, and two-position switching with hysteresis is used to balance the energy between two independent battery modules. In the process of carrying out dissertation research on the chosen topic, both known and newly proposed promising configurations of power and traction systems for EAVs were selected and algorithmic control for them was developed. As a result of computer modeling, the performance of the studied power and traction systems with the developed traction electric drive control systems and EMS energy supply modules was shown, which was also confirmed by experimental studies.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

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

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- Shchur I. Z., Turkovskiy V. P. Integrated system of modular power supply and multilevel control of brushless DC motor for electric vehicles. Науковий вісник Національного гірничого університету. 2020. Вип. 6. С. 830–844
- Shchur I. Z., Bilyakovskyy I. Y., Turkovskiy V. P. Improvement of switched structure semipactive battery/supercapacitor hybrid energy storage system for electric vehicles. IET Electrical Systems in Transportation. 2021. Vol. 11, iss. 3. P. 241–255
- Shchur I., Mazur D., Makarchuk O., Bilyakovskyy I., Turkovskiy V., Kalandyk D., Kwiatkowski B. Improved Matlab/Simulink model of dual three-phase fractional slot and concentrated winding PM motor for EV applied brushless DC drive. Archives of Control Sciences. 2022. Vol. 32, No 4. P. 677–707
- Shchur I. Z., Kharchyshyn B. M., Turkovskiy V. P. Simulation and Experimental Investigation of Dual Three-Phase BLDC Motor Operation at Imbalanced Modular Loading. Технічна електродинаміка. 2023. № 3. С. 22–31

**Наукова (науково-технічна) продукція:** пристрої; технології; методи, теорії, гіпотези

**Соціально-економічна спрямованість:** поліпшення стану навколишнього середовища; економія енергоресурсів; зменшення зносу обладнання; підвищення продуктивності праці

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:**

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Щур Ігор Зенонович

2. Ihor Z. Shchur

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.09.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-7346-1463

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Чорний Олексій Петрович
2. Oleksii P. Chorny

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.09.03**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-8270-3284**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського**Код за ЄДРПОУ:** 05385631**Місцезнаходження:** вул. Університетська, Кременчук, Кременчуцький р-н., 39600, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Бешта Олександр Олександрович
2. Oleksandr O. Beshta

**Кваліфікація:** д.філософ, доц., 141**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-6397-3262**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"**Код за ЄДРПОУ:** 02070743**Місцезнаходження:** проспект Дмитра Яворницького, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****Рецензенти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Семенюк Микола Борисович
2. Mykola B. Semeniuk

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.09.03**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-0812-7837**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Білецький Юрій Олегович

2. Yurii O. Biletskyi

**Кваліфікація:** д. т. н., доц., 05.09.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-6988-0825

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

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

Куцик Андрій Степанович

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

Куцик Андрій Степанович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Кузнецова Марта Ярославівна

**Реєстратор**

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна