

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0525U000252

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 14-05-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Білецький Юрій Олегович

2. Yurii O. Biletskyi

Кваліфікація: к.т.н., доцент, 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6988-0825

Вид дисертації: доктор наук

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 05.09.03

Назва наукової спеціальності: Електротехнічні комплекси та системи

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 09-05-2025

Спеціальність за освітою: Електромеханіка (Електромеханічні системи автоматизації та електропривод)

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): Д 35.052.02

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, 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, буд. 12, 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, 45.37, 45.41, 27.37.17

Тема дисертації:

1. Розвиток методів синтезу нелінійних електротехнічних систем на енергетичній основі
2. Development of methods for the synthesis of nonlinear electrical systems on an energy basis

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуальної наукової-технічної проблеми розвитку методів синтезу керування нелінійними електротехнічними системами на енергетичній основі і поєднанню їх в комплексний підхід, що охоплює математичне моделювання систем, їх динамічний синтез, оптимізацію енергоперетворень в усталених режимах та комп'ютерне моделювання. Запропоновано процедури синтезу систем енергоформуючого керування (СЕФК), які дають змогу передавати керуючі впливи на бажані фізично неконтрольовані координати стану через контрольовані контури системи, і, таким чином, розширити можливості керування в СЕФК. Розроблено комп'ютерну програму для їх реалізації до різних об'єктів. Запропонована процедура синтезу СЕФК з корекцією сигналів дає змогу синтезувати СЕФК із широкими можливостями регулювання, високими статичними і динамічними характеристиками, стабільною роботою керованих систем для широкого діапазону завдань робочих координат стану та простою імплементацією. Розроблено метод параметричного синтезу СЕФК для лінійних та нелінійних систем на основі теорії оптимального керування та модифікованого рівняння Ріккаті, що дає можливість знайти структуру та

параметри матриць демпфування та взаємозв'язків виходячи з обраного критерію оптимальності. Розвинуто в напрямку застосування до нелінійних систем підхід лінійної термодинаміки нерівноважних процесів (ТДНП), а саме метод універсального опису об'єктів як перетворювачів потужності (ПП), для аналізу енергетичних процесів та покращення їх ефективності в ЕТС, зокрема до тих, які включають підсистеми різної природи. Для синхронної машини з постійними магнітами (СМПМ) з урахуванням втрат в сталі одержано її математичну модель як множину універсальних ПП для кожної робочої точки машини та сформовано карти її енергетичної ефективності, які можна використовувати як стратегію керування під час синтезу СЕФК. Вперше описано та проаналізовано вітроенергоустановку (ВЕУ) у вигляді вітротурбіни та синхронного генератора з постійними магнітами як двох каскадно з'єднаних множин ПП. Це дало змогу виявити нові аспекти енергетики цієї системи та її елементів, а також шляхи підвищення її ефективності. Моделювання та дослідження сонячної установки для pompування води (СУПВ) з відцентровою помпою (ВП) показали доцільність зміни проектного для конкретної СУПВ значення продуктивності ВП у сторону збільшення з метою підвищення енергетичної ефективності роботи ВП та розширення діапазону робочих значень інтенсивності сонячної радіації. Для SISO систем зі складною нелінійною динамікою, до яких застосовується СЕФК, представлений метод опису систем як універсальних ПП на основі лінійної ТДНП дає змогу отримати оптимальні координати та сформувані стратегію енергетичного менеджменту. Крім цього, за принципом СЕФК ефективно реалізуються необхідні стратегії керування нелінійними та мультифізичними системами, зокрема MISO та MIMO, низка яких розглянута і досліджена в роботі. Для нелінійної ЕТС на базі ДПС незалежного збудження з двозонним регулюванням швидкості розроблено СЕФК згідно запропонованої процедури синтезу з корекцією сигналів завдання. На основі розробленого методу запропоновано та досліджено, зокрема експериментально, різні варіанти СЕФК для гібридних акумуляторно-суперконденсаторних систем нагромадження енергії (ГСНЕ) різної конфігурації для сонячної енергоустановки та електромобіля, які забезпечують задану стратегію керування. Отримані СЕФК подовжують роботу акумуляторної батареї завдяки зменшенню динаміки зміни струму та його обмеженню. Розроблено також СЕФК що може працювати в широкому діапазоні навантажень завдяки ковзному перемикачню синтезованих регуляторів, які мають різну структуру, відповідно до потреби обмеження струму. Вперше розроблено СФЕК для ГСНЕ з багаторівневим модулем суперконденсаторів (СК), інтегрованим з каскадним DC-DC перетворювачем, що дає змогу реалізувати стратегії енергетичного менеджменту і водночас потребує у вісім разів менше параметрів для налаштування порівняно з існуючими системами, побудованими за класичними підходами. Розроблено СЕФК для енергозберігаючої СУПВ з додатковими функціями накопичення виробленої електроенергії та живлення зовнішніх електричних споживачів, що забезпечується відповідною стратегією керування. Запропоновано пульсуючий режим роботи автономної СУПВ прямого привода з введенням в канал потоку енергії проміжного СК буфера, що забезпечує номінальне значення енергетичної ефективності роботи ВП за зміни в широких межах інтенсивності сонячної радіації. Запропоновано поєднати підхід до комп'ютерного моделювання за методом макроенергетичного представлення (EMR), що дає змогу моделювати складні мультифізичні системи, з СЕФК з метою покращення точності моделювання та керування.

2. Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Technical Sciences (Doctor of Science), specialty 05.09.03 – "Electrotechnical complexes and systems". – Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2025. The dissertation is devoted to the solution of a pressing scientific and-technical problem in the field of electrical engineering, which consists of developing energy-based approaches for control synthesis in nonlinear multiphysical electrical systems and combining them into a comprehensive approach that includes system mathematical modelling, their dynamic synthesis, optimisation of energy conversions in steady-state modes, and computer modelling. Procedures of an energy-shaping control system (ESCS) synthesis, which expand ESCS control capabilities, are proposed with respective computer program. A method for ESCS parametric synthesis for linear and nonlinear systems based on the theory of optimal control and the modified Riccati equation has been developed. ESCS were successfully designed for PMSM, DCM, DC-DC converter, TM and different HESS systems. The approach of linear thermodynamics of non-equilibrium processes (LTNP) has been

developed to analyse energy processes and improve their efficiency. It was successfully used for SPMSM, IPMSM, WPS, WECS and respective design recommendations or control strategies were received. As ESCS principle effectively implements the defined control strategies for nonlinear and multiphysics systems these approaches were combined. A pulsating mode for autonomous direct-driven SWPS operation with the injection of an intermediate SC buffer into the energy flow channel that boosts productivity by 64% is proposed. The proposed combination of energetic macroscopic representation (EMR) and ESCS method improves the accuracy of modelling and control. The practical significance of the work is confirmed by acts of implementation in production and educational processes.

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:

- Biletskyi, Y., & Shchur, I. (2025). Efficiency improvement in standalone solar PV water pumping system by pulsating pump operation based on intermediate supercapacitor buffer. *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 11, 100913. (Scopus,Q2)
- Shchur, I., Biletskyi, Y., & Kopchak, B. (2024). Efficiency Analysis and Optimization of Two-Speed-Region Operation of Permanent Magnet Synchronous Motor Taking into Account Iron Loss Based on Linear Non-Equilibrium Thermodynamics. *Machines*, 12(11), 826. (Scopus,Q2)
- Shchur, I., Lis, M., & Biletskyi, Y. (2023). A non-equilibrium thermodynamic approach for analysis of power conversion efficiency in the wind energy system. *Energies*, 16(13). (Scopus,Q1)
- Lozynskyy, A., Perzynski, T., Kozyra, J., Biletskyi, Y., & Kasha, L. (2021). The interconnection and damping assignment passivity-based control synthesis via the optimal control method for electric vehicle subsystems. *Energies*, 14(12). (Scopus,Q1)
- Shchur, I., & Biletskyi, Y. (2021). Passivity-based control of water pumping system using BLDC motor drive fed by solar PV array with battery storage system. *Energies*, 14(23). (Scopus,Q1)
- Білецький, Ю. (2024). Ефективності роботи сонячної водопомпової установки на основі термодинамічного аналізу перетворення енергії у відцентровій pompі. *Electrical Power and Electromechanical Systems*, 1(6), 11-24.
- Biletskyi, R., Lozynskyy, O., Biletskyi, Y., & Tsyapa, V. (2021). Analysis of Lyapunov matrices' application methods for optimization of stationary dynamic systems. *Електроенергетичні та електромеханічні системи*, 3(1), 1-7.
- Shchur, I., Kuzyk, R., & Biletskyi, Y. (2021). Passivity-based control system for stand-alone hybrid electrogenerating complex. *Applied Aspects of Information Technologies*, 4(2), 140-152.
- Lozynskyy, A., Demkiv, L., Lozynskyy, O., & Biletskyi, Y. (2020). Optimization of the electromechanical system by formation of a feedback matrix based on state variables. *Електроенергетичні та електромеханічні системи*, 2(1s), 18-26.
- Lozynskyy, O., Biletskyi, Y., Lozynskyy, A., Moroz, V., & Kasha, L. (2020). Construction of open-loop electromechanical system fundamental matrix and its application for calculation of state variables transients. *Energy Engineering and Control Systems*, 6(2), 110-119.
- Shchur, I., & Biletskyi, Y. (2020). Improved structure of passivity-based control of battery-supercapacitor hybrid energy storage system. *Applied Aspects of Information Technologies*, 3(4), 232-245.

- Білецький, Ю. О., Кузик, Р. В., & Ломпарт, Ю. В. (2020). Синтез та аналіз системи енергоформуючого керування вітросонячною енергоустановкою з гібридною системою накопичення енергії. *Електроенергетичні та електромеханічні системи*, 2(1), 8–17.
- Shchur, I., Havdo, I., & Biletskyi, Y. (2020). Modeling of two-motor front-wheel drive control for electric vehicle with electronic differential based on energetic macroscopic representation. *Energy Engineering and Control Systems*, 6(1), 51–60.
- Lozynskyy, O., Moroz, V., Biletskyi, R., & Biletskyi, Y. (2019). Analytical design of dynamic system regulators taking into account the effect of disturbing factors. *Computational Problems of Electrical Engineering*, 9(1), 21–26.
- Щур, І. З., & Білецький, Ю. О. (2018). Енергоефективне пряме керування моментом у двозонному електроприводі електромобіля на базі синхронної машини з постійними магнітами. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Електроенергетичні та електромеханічні системи*, 900, 57–66.
- Білецький, Ю. О., & Білецький, Р. О. (2017). Енергоформуюче керування нелінійними системами на прикладі двозонного електроприводу постійного струму. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Електроенергетичні та електромеханічні системи*, 870, 9–16.
- Корендій, В. М., Білецький, Ю. О., Дмитерко, П. Р., & Фурдас, Ю. В. (2016). Обґрунтування розвитку та аналіз конструктивних особливостей горизонтально-осьових вітроустановок з лопатями вітрильного типу. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія "Динаміка, міцність та проектування машин і приладів*, 838, 37–48.
- Білецький, Ю. О. (2016). Системи енергоформуючого керування синхронною машиною з постійними магнітами як гамільтоновою системою з керованими портами. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Електроенергетичні та електромеханічні системи*, 840, 3–9.
- Щур, І. З., & Білецький, Ю. О. (2018). Енергоформуюче керування нелінійними електромеханічними системами з синхронними машинами на постійних магнітах: монографія. Львів: Видавництво Тараса Сороки, 172 с.
- Shchur, I., Lozynskiy, A., Korpchak, B., Biletskyi, Y., & Shchur, V. (2018). Passive stall control systems of power limitation modes for vertical axis wind turbines (VAWT). *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 452, 131–159.
- Shchur, I., & Biletskyi, Y. (2020). Energetic microscopic representation (EMR) and passivity-based control of multi-input systems with non-linear coupled dynamics (PMSM control example). *Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Problems of Automated Electrodrive: Theory and Practice (PAEP)*, 1–6.
- Kuzyk, R., & Biletskyi, Y. (2019). Energy-shaping control of the wind-solar power plant with a hybrid energy storage system. *Proceedings of the 9th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus"*, 80–85.
- Shchur, I., & Biletskyi, Y. (2019). Passivity-based control of hybrid energy storage system with common battery and modular multilevel DC-DC converter-based supercapacitor packs. *Computational Problems of Electrical Engineering: 20th International Conference, September 15–18, Slavske-Lviv, Ukraine*.
- Shchur, I., & Biletskyi, Y. (2018). Interconnection and damping assignment passivity-based control of semi-active and active battery/supercapacitor hybrid energy storage systems for stand-alone photovoltaic installations. *Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering: Proceedings of the 14th International Conference*, 210–214.
- Lompart, Y., & Biletskyi, Y. (2018). Analysis of the feasibility of using an AC motor with new winding type for building electric vehicle. *VIII Міжнародний молодіжний науковий форум "Litteris et Artibus" & 13-та Міжнародна конференція "Молоді вчені до викликів сучасної технології"*, 117–119.
- Shchur, I., & Biletskyi, Y. (2018). Battery currents limitation in passivity-based controlled battery/supercapacitor hybrid energy storage system. *Electronics and Nanotechnology (ELNANO): Proceedings of the 2018 IEEE 38th International Conference*, 504–510.
- Shchur, I., & Biletskyi, Y. (2018). Robust passivity-based controllers for fast output voltage regulated, non-ideal DC-DC boost converter in Hamiltonian representation. *2018 3rd IEEE International Conference on Intelligent*

Energy and Power Systems: Proceedings, 310–315.

- Luchko, M., & Biletskyi, Y. (2018). Comparative analysis of different types of dynamic solar tracking systems. VIII Міжнародний молодіжний науковий форум "Litteris et Artibus" & 13-та Міжнародна конференція "Молоді вчені до викликів сучасної технології", 115–116.
- Shchur, I., & Biletskyi, Y., Holovach, I. (2017). Improving of IDA-PBC systems by forming additional regulatory actions on directly uncontrollable system loops. First IEEE Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering UKRCON-2017: Proceedings, 504–507.
- Biletskyi, R., & Biletskyi, Y. (2017). Nonlinearity compensation for two-zone energy-shaping control systems of DC drive. Litteris et Artibus: VII International Youth Science Forum, 164–166.
- Shchur, I., Biletskyi, Y., & Shchur, V. (2017). Energy efficient and simple control of stand-alone combine heat-power generation small wind turbine. First IEEE Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering UKRCON-2017: Proceedings, 483–488.
- Biletskyi, R., & Biletskyi, Y. (2016). Control systems for DC motor as port-controlled Hamiltonian system. Litteris et Artibus: VI International Youth Science Forum, 197–198.
- Biletskyi, Y. (2015). Control systems of permanent magnet synchronous machine as port-controlled Hamiltonian system. Litteris et Artibus: V International Youth Science Forum, 194–195.

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

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів; зменшення зносу обладнання; підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0115U000439, 0120U102206, 0116U008626

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, буд. 12, 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. Мазуренко Леонід Іванович
2. Leonid I. Mazurenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.09.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7059-249X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Васько Петро Федосійович
2. Petro F. Vasko

Кваліфікація: д.т.н., с.н.с., 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8807-7173

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут відновлюваної енергетики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 26476029

Місцезнаходження: вул. Драгоманова, буд. 17, Київ, 02068, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ковбаса Сергій Миколайович
2. Sergii Kovbasa

Кваліфікація: д.т.н., доц., 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2954-455X

Додаткова інформація:

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:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

VIII. Заключні відомості

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

Стахів Петро Григорович

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

Стахів Петро Григорович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Коруд Василь Іванович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна