

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U000355

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 27-01-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Зубков Іван Сергійович

2. Ivan Zubkov

Кваліфікація: д.філософ, 141

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9705-7278

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: 27-01-2023

Спеціальність за освітою: Енергетика сільськогосподарського виробництва

Місце роботи здобувача: 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:

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

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 730

**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:**

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

**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:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 45.37

**Тема дисертації:**

1. Системи керування високочастотними транзисторними перетворювачами із модуляцією щільності імпульсів для індукційного нагрівального обладнання.
2. Control systems of high-frequency transistor converters with pulse density modulation for induction heating equipment.

**Реферат:**

1. Дисертаційна робота присвячена підвищенню енергетичних та техніко-економічних показників індукційного нагрівального обладнання за рахунок розробки нових способів та засобів керування високочастотними транзисторними перетворювачами з фазовим автопідлаштуванням частоти та модуляцією щільності імпульсів. Порівняно з іншими технологіями індукційний нагрів має багато переваг таких як локальність нагріву, безпосередня передача енергії від індуктора до деталі, екологічно безпечна організація робочого процесу, швидкість та автоматизація виробництва. Установки індукційного нагрівання на транзисторних перетворювачах характеризуються високим ККД, малими габаритами, широким діапазоном робочої частоти (від 10 до 500 кГц та вище), довгостроковим ресурсом роботи, можливістю

модернізації та вдосконалення силового обладнання при зміні технології виробництва або типу деталі, можливістю моніторингу та керування процесом за допомогою певного програмного забезпечення. При розробці інверторів установок індукційного нагрівання важливим є питання зменшення втрат в силових ключах. Це досягається налаштуванням системи керування, коли комутація силових ключів відбувається при струмі та напрузі близьких до нуля. Щоб забезпечити такі режими перемикання широко використовуються транзисторні перетворювачі з модуляцією щільності імпульсів (Pulse density modulation або PDM). На відміну від інших способів керування (частотно-імпульсний, фазо-імпульсний, ШІМ) системи керування високочастотними транзисторними перетворювачами із PDM дозволяють перемикати ключі інвертора при майже нульовому струмі. Тому розробка алгоритмів перемикання транзисторів резонансних інверторів напруги з PDM є досить важливим етапом при проектуванні силових перетворювачів і є ключовим фактором для вирішення питання зниження динамічних втрат потужності. Для створення сталого зсуву фаз між вихідними напругою та струмом інвертора і забезпечення мінімальних динамічних втрат в транзисторах є необхідним розробка нових систем фазового автопідлаштування частоти, які б враховували всі особливості використання резонансних інверторів напруги з модуляцією щільності імпульсів для установок індукційного нагрівання.

2. The dissertation is devoted to increasing the energy and technical and economic indicators of induction heating equipment due to the development of new methods and means of controlling high-frequency transistor converters with phase auto-adjustment of frequency and pulse density modulation. Compared to other technologies, induction heating has many advantages, such as locality of heating, direct transfer of energy from the inductor to the detail, environmentally safe organization of the work process, speed and automation of production. Induction heating installations on transistor converters are characterized by high efficiency, small dimensions, a wide range of operating frequency (from 10 to 500 kHz and higher), long-term service life, the possibility of modernization and improvement of power equipment when the production technology or type of part is changed, the possibility of monitoring and controlling the process with the help of the appropriate software. When developing and modeling inverters for induction heating installations, the issue of reducing static and dynamic losses in power switches is important. Since static losses of high-frequency converters make up a smaller part of total losses, the main goal is to minimize dynamic losses in transistors. This is achieved by adjusting the control system, when the switching of the power switches occurs at current and voltage close to zero. To ensure such switching modes, transistor converters with pulse density modulation (Pulse density modulation or PDM) are widely used. Unlike other control methods (frequency-pulse, phase-pulse, PWM), control systems of high-frequency transistor converters with pulse density modulation allow switching the inverter keys at almost zero current. The development of algorithms for switching transistors of resonant voltage inverters with PDM is a rather important stage in the design of power converters and is a key factor in reducing dynamic power losses. Therefore, in order to create a stable phase shift between the output voltage and current of the inverter and to ensure minimal dynamic losses in transistors, it is necessary to develop new systems for phase self-adjustment of the PLL frequency, which would take into account all features of using resonant voltage inverters with pulse density modulation for induction heating installations.

**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:** Новий напрямок у науці і техніці

**Публікації:**

- Гуцалюк В.Я., Юрченко О.М., Зубков І.С., Пазенко В.П. Послідовне з'єднання резонансних інверторів напруги високочастотних установок індукційного нагріву. Технічна електродинаміка. 2018. №4. С.70-73, DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2018.04.070>.
- Гуцалюк В.Я., Юрченко О.М., Зубков І.С. Система автоматичного підстроювання частоти резонансних інверторів установок індукційного нагрівання з модуляцією щільності імпульсів. Технічна електродинаміка. 2020. №5. С. 35-39, DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2020.05.035>.
- Зубков, І.С., Гуцалюк В.Я., Юрченко О.М. Система цифрового фазового автоматичного підстроювання частоти резонансного інвертора напруги. Технічна електродинаміка. 2022. №2. С. 27-34, DOI:<https://doi.org/10.15407/techned2022.02.027>.
- Гуцалюк В.Я., Зубков І.С. Системи фазового автопідлаштування частоти резонансних інверторів установок індукційного нагрівання за низької добротності коливального контуру. Праці ІЕД НАН України. 2019. Вип. 54. С. 88-94, DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2019.54.088>.
- Зубков І.С. Аналіз впливу нехтуванням вищими гармоніками у складі вихідної напруги інвертора при визначенні його вихідного струму. Збірник наукових праць Логос. Міжнародна науково-практична конференція Paradigmatic view on the concept of world science. Volume1. 21.08.2020, Торонто. DOI:<https://doi.org/10.36074/21.08.2020.v1.33>.
- Герасименко П.Ю, Гуцалюк В.Я., Юрченко О.М., Пазенко В.П., Зубков І.С. Спосіб керування фазовим зсувом між струмом та напругою на виході резонансного інвертора напруги з низькочастотною імпульсною модуляцією для установок індукційного нагрівання. Пат. № 120369 України Н03L 7/00 Н05В 6/10. заявник та власник Інститут електродинаміки НАН України; заявл. 14.02.2017; опубл. 25.11.2019, Бюл. № 22.

**Наукова (науково-технічна) продукція:**

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0115U002580; 0115U004397; 0119U001212; 0120U0020003.

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

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Юрченко Олег Миколайович

2. Oleg Yurchenko

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-2107-2308

**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:**

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

### **Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Бондаренко Олександр Федорович
2. Oleksandr Bondarenko

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.09.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-4276-1145

**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:** Державна

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

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Павлов Геннадій Вікторович
2. Genadiy Pavlov

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.09.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-4937-1828

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

**Код за ЄДРПОУ:** 02066753

**Місцезнаходження:** проспект Героїв України, буд. 9, Миколаїв, Миколаївський р-н., 54007, Україна

**Форма власності:** Державна

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

**Ідентифікатор ROR:**

### **Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Мартинов Вячеслав Володимирович

2. Viacheslav Martynov

**Кваліфікація:** д. т. н., старший науковий співробітник, 05.09.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-2184-0394

**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. Можаровський Анатолій Григорович

2. Anatoly Mozharovsky

**Кваліфікація:** к. т. н., старший науковий співробітник, 05.09.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-9801-2728

**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:**

## VIII. Заключні відомості

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

Михальський Валерій Михайлович

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

Михальський Валерій Михайлович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Зубков Іван Сергійович

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна