

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи  
Національного технічного  
університету України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”



д.т.н., проф.

Віталій ПАСІЧНИК

2023 р.

### ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів докторської дисертації Обрубова Андрія Валерійовича “Методи та моделі дослідження електромагнітних процесів резонансних перетворювачів електроенергії”, поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.12 – напівпровідникові перетворювачі електроенергії.

(Витяг з протоколу № 26 від 27 червня 2023 р. розширеного засідання кафедри електронних пристроїв та систем Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”).

Тему дисертаційної роботи “Методи та моделі дослідження електромагнітних процесів резонансних перетворювачів електроенергії” затверджено на засіданні Вченої ради Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (протокол № 10 від 28.12.2012 р.) та перезатверджено на засіданні Вченої ради Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (протокол № 8 від 30.09.2022 р.).

Науковим консультантом затверджений д.т.н., професор Павлов Г.В.

Відповідно до звернення Національного університету кораблебудування, в зв'язку з відсутністю докторантури за даною спеціальністю, структурний підрозділ для проведення попередньої експертизи дисертації та рецензентів затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №6 від “05” червня 2023 року).

Заслухавши та обговоривши доповідь Обрубова А.В., а також за результатами попередньої експертизи представленої дисертації ухвалили прийняти такий висновок:

#### 1. Актуальність теми дослідження

Відомі світові виробники електроніки розробляють нові схемотехнічні рішення резонансних перетворювачів і мікросхеми управління, поліпшують їх характеристики. Пріоритетним напрямком досліджень резонансних перетворювачів є створення нових математичних моделей, що дозволяють

аналізувати електромагнітні процеси з використанням сучасних програмних засобів. З іншого боку, проектування систем автоматики, до складу яких входять резонансні перетворювачі, вимагає визначення поведінки резонансних перетворювачів як керованих об'єктів. Оскільки резонансні перетворювачі є більш складними в порівнянні з іншими типами перетворювачів, для їх дослідження потрібно враховувати порівняно більше параметрів та алгоритмів комутації силових вентилів. Складний характер процесів резонансних перетворювачів вимагає вдосконалення та суміщення існуючих методів аналізу, які самостійно дозволяють досліджувати і розраховувати процеси окремих силових схем. Недостатньо уваги в публікаціях приділяється узагальненню математичних моделей резонансних перетворювачів і врахуванню в математичних моделях різних алгоритмів комутації. Використання же узагальнених лінеаризованих математичних та динамічних моделей дозволить оцінювати поведінку широкого класу резонансних перетворювачів. Отже подальший розвиток теорії резонансних перетворювачів, зокрема методів дослідження і розрахунку процесів, створення математичних моделей, які дозволять розраховувати їхні статичні та динамічні характеристики, є складною і актуальною науково-прикладною проблемою.

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Результати роботи були використані при виконанні 9 госпдоговірних робіт з підприємствами України та науково-дослідних робіт, які фінансувалися Міністерством освіти і науки України. Роботи виконувалися на кафедрі суднових електроенергетичних систем Навчально-наукового інституту автоматики та електротехніки Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. Науковий консультант – д.т.н., професор Павлов Г.В. Автор був відповідальним виконавцем вказаних держбюджетних науково-дослідних робіт і приймав безпосередню участь у їх виконанні.

- НДР 1525, 2004-2007рр., “Резонансні перетворювачі постійної напруги для живлення суднових систем автоматики та спеціальних систем” (№ДР 0104U003097, обл. №0207U002638);
- НДР 1628, 2007-2008рр., “Напівпровідникові перетворювачі електроенергії з резонансними контурами для суднових електроустановок і систем автоматики” (№ДР 0107U000716, обл. №0209U002368);
- НДР 1713, 2009-2010рр., “Суднові резонансні та квазірезонансні перетворювачі постійної напруги з фазовим та широтно-частотним регулюванням” (№ДР 0109U002219, обл. №0211U000585, інв. №0711 001616);
- НДР 1816, 2011-2012рр., “Перетворювачі постійної напруги на основі резонансних інверторів для суднових систем автоматики та спеціальних систем” (№ДР 0111U002316, обл. №0213U000325, інв. №0713 001322);
- НДР 1895, 2013-2014рр., “Розробка суднових систем генерації та перетворення електроенергії для підвищення енергоефективності та поліпшення електромагнітної сумісності” (№ДР 0113U000242, обл. №0215U007234, інв. №0715 005229);

- НДР 1993, 2015-2016рр., “Розробка енергоефективних суднових автоматизованих систем генерації та перетворення електроенергії для підвищення якості електроенергії та поліпшення електромагнітної сумісності” (№ДР 0115U000304, обл. №0217U000573, інв. №0717 001575);
- НДР 2084, 2017-2018рр., “Розробка енергоефективних суднових систем автоматизації процесів генерування й перетворення електроенергії та їх моделей для покращення якості електроенергії та електромагнітної сумісності” (№ДР 0117U000346, обл. №0219U003422, інв. №0719 003454);
- НДР 2192, 2019- 2020рр., “Розробка засобів покращення ефективності, якості електроенергії та електромагнітної сумісності в суднових електроенергетичних системах з напівпровідниковими перетворювачами електроенергії” (№ДР 0119U002104, обл. №0221U104219, інв. №0711 001616);
- НДР 2270, 2021-2022рр., “Розробка засобів суднових систем генерації та перетворення електроенергії для підвищення енергоефективності та поліпшення електромагнітної сумісності” (№ДР 0121U112133).

### **3. Наукова новизна отриманих результатів**

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Вдосконалено метод суперпозиції для розрахунку електромагнітних процесів резонансних перетворювачів, який відрізняється новим підходом до визначення складових процесів на основі монотонних ступінчастих функцій і створення математичної моделі резонансного перетворювача, що враховує різні алгоритми комутації вентилів.
2. Вперше запропоновано нові дискретні динамічні моделі резонансного перетворювача, які відрізняються від відомих визначенням імпульсних функцій еквівалентної дискретної системи із перехідних функцій пасивної частини силової схеми і за допомогою яких отримано передатні функції резонансних перетворювачів як об’єктів керування.
3. Отримав подальший розвиток експериментально-аналітичний метод дослідження і визначення параметрів динамічної моделі резонансного перетворювача в частині суміщення в початковій експериментальній моделі передатних ланок на основі аналітичних виразів і структурних моделей підсхем на основі причинно-наслідкових зв’язків, що дало можливість врахування нелінійності елементів силової схеми.
4. Розроблено комбінований метод аналізу процесів резонансного перетворювача на основі суміщення принципів суперпозиції і припасування, з використанням якого шляхом побудови функцій квазіусталеного струму контуру отримано розрахункові вирази статичних характеристик для різних алгоритмів комутації і робочих областей регулюючих величин.
5. З використанням запропонованих методів та моделей визначено нові важливі залежності між регулюючими величинами, параметрами силових схем і вихідними величинами, які дали можливість узгодити фази еквівалентних генераторів з фазою коливань струму резонансного контуру і встановити умови подібності розрахованих процесів процесам реального резонансного

перетворювача, а також побудувати сімейства його статичних та динамічних характеристик.

**4. Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків,** сформульованих у дисертаційній роботі забезпечується: достатньою кількістю експериментів комп'ютерного та натурального моделювання резонансних перетворювачів електроенергії з амплітудним, частотним, широтним, релейним та комбінованими способами регулювання, порівнянням результатів лабораторних вимірювань досліджуваних параметрів декількома приладами, впровадженні опитних зразків перетворювачів, а також узгодженістю з відомими результатами з літературних джерел, апробацією основних положень та результатів на представницьких наукових конференціях.

#### **5. Теоретичне та практичне значення результатів роботи**

Використання вдосконаленого методу суперпозицій дозволило підвищити ефективність аналізу процесів резонансних перетворювачів – скоротити час для розрахунків і врахувати різну кількість джерел енергії та алгоритмів комутації вентилів. Представлення ЕРС еквівалентних джерел схеми заміщення суперпозицією монотонних ступінчастих складових значно спростило побудову розрахункових формул. Визначення елементарних вхідних імпульсів і перехідних функцій багатополосників схем заміщення дозволило спростити побудову динамічних моделей резонансних перетворювачів для різних алгоритмів комутації вентилів.

Новий підхід до розрахунку сталих значень перехідних процесів дав можливість визначити робочі області для вихідних параметрів резонансного перетворювача в залежності від параметрів елементів силової схеми.

Вдосконалений експериментально-аналітичний метод дослідження моделей резонансного перетворювача дозволив уточнити динамічні моделі перетворювача з врахуванням нелінійностей характеристик елементів і за допомогою них визначити коефіцієнти налаштування автоматичного регулятора системи керування.

Застосування запропонованих математичних моделей при створенні нелінійного цифрового регулятора дозволило побудувати резонансний перетворювач для зарядних систем з підвищеною в 1,5 разів швидкістю регулювання вихідних величин і збільшеними запасами стійкості по фазі в порівнянні з резонансним перетворювачем з лінійним регулятором.

На основі запропонованих методів та моделей розроблено і впроваджено ряд високоефективних зразків резонансних перетворювачів. Зокрема, високовольтне джерело живлення для електростатичних технологій нанесення порошкових покриттів на основі резонансного перетворювача (ТОВ «Осціллон», м. Миколаїв); джерело живлення для стенду іспиту ізоляції на основі резонансного перетворювача (ТОВ «Інтер-Електро», м. Київ); система управління резонансним перетворювачем з нелінійним цифровим регулятором (ТОВ «Елемент-Перетворювач», м. Запоріжжя). Матеріали дисертації впроваджено в навчальний процес НУК ім. адм. Макарова. Також результати дисертаційних досліджень використано при виконанні 9 держбюджетних науково-дослідних робіт НУК ім. адмірала Макарова.

## **6. Апробація/використання результатів дисертації**

Основні наукові теоретичні та практичні результати дисертаційних досліджень доповідалися та обговорювалися на 15 міжнародних науково-технічних конференціях: Всеукраїнська науково-технічна конференція з міжнародною участю «Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів ПАЕТЗ-2007», Миколаїв, 2007; Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих вчених з міжнародною участю «Інформаційно-керуючі системи і комплекси ІКСК-2008», Миколаїв, 2008; Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці», Миколаїв, 2010; Всеукраїнська науково-технічна конференція з міжнародною участю «Проблеми електрообладнання та автоматики транспортних засобів ПАЕТЗ-2013», Миколаїв, 2013; Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці», Миколаїв, 2014; Всеукраїнська науково-технічна конференція з міжнародною участю «Проблеми електрообладнання та автоматики транспортних засобів ПАЕТЗ-2014», Миколаїв, 2014; Всеукраїнська науково-технічна конференція з міжнародною участю "Автоматика та електротехніка-2014", Миколаїв, 2014; Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці», Миколаїв, 2015; Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці», Миколаїв, 2021; Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці», Миколаїв, 2022; Міжнародна науково-технічна конференція «2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)», Київ, 2021; Міжнародна науково-технічна конференція «2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology», Київ, 2022; Всеукраїнська науково-технічна конференція з міжнародною участю «Сучасні проблеми автоматики та електротехніки» СПАЕ-2023.

## **7. Оцінка змісту дисертації**

Зміст дисертації викладено доступною, зрозумілою мовою, з використанням стандартних і загальноприйнятих наукових понять. Дисертація є логічно завершеною науковою працею. Назва дисертації відповідає її змісту.

## **8. Дотримання принципів академічної доброчесності**

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Обрубова А. В. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

**9. Перелік публікацій за темою дисертації** із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 62 наукових праці, у тому числі:

- 2 монографії (розділів у колективних монографіях);



- 34 статті у наукових періодичних виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України (4 внесено до бази Scopus);
- 3 них 2 статті у виданнях, віднесених до першого - третього квантилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports;
- 9 патентів України на корисну модель;
- 15 тез та доповідей на наукових конференціях (3 внесено до бази Scopus);
- 2 навчальних посібники з грифом МОН України.

### **Монографії**

1. Перетворювачі постійної напруги на основі резонансних інверторів: монографія / Г.В. Павлов, А.В. Обрубів, О.В. Нікітіна, М.В. Покровський, – Миколаїв: НУК, 2013. – 372 с. Особистий внесок – огляд способів регулювання, систематизація варіантів комутації, математичний опис процесів при широтно-частотному регулюванні, математична модель активного резонансного контуру.

2. Високочастотні резонансні перетворювачі постійної та змінної напруги» монографія / Г.В. Павлов, І.Л. Вінниченко, М.В. Покровський, А.В. Обрубів. – Миколаїв: видавець Торубара В.В., 2020. – 205 с. Особистий внесок – визначення математичних залежностей для розрахунків статичних характеристик при релейному регулюванні і математична модель резонансного дволанкового перетворювача частоти.

### **Статті у фахових виданнях**

3. Павлов Г.В., Обрубів А.В., Покровский М.В., Никитина Е.В., Пекер Б.Н. Исследование низкочастотных автоколебаний в преобразователе с последовательным резонансным контуром // Технічна електродинаміка. Тем. вип. “Проблеми сучасної електротехніки”. Київ: ІЕД НАНУ. Ч. 8. – 2006. – С. 46-49. (Фахове видання) Особистий внесок – визначив рівняння стійкості для резонансної схеми.

4. Павлов Г.В., Обрубів А.В., Никитина Е.В. Энергетические характеристики преобразователя с резонансным контуром // Технічна електродинаміка. Тем. вип. “Проблеми сучасної електротехніки”. – Київ: ІЕД НАНУ. Ч. 6– 2006. – С. 68-71. (Фахове видання) Особистий внесок – визначив залежності ККД.

5. Павлов Г.В., Обрубів А.В., Никитина Е.В. Система широтно-частотного управління резонансным преобразователем // Технічна електродинаміка. Тем. вип. “Силовая електроніка та енергоефективність”. – Київ: ІЕД НАНУ. Ч. III. – 2006. – С. 59-62. (Фахове видання) Особистий внесок – розробив структуру і закон регулювання широтно-частотної системи регулювання.

6. Павлов Г.В., Обрубів А.В., Никитина Е.В. Особенности управления транзистором однотактного квазирезонансного инвертора // Технічна електродинаміка. Тем. вип. “Силовая електроніка та енергоефективність”. – Київ: ІЕД НАНУ. Ч. II. – 2006. – С. 7-10. (Фахове видання) Особистий внесок –

реалізував закон управління транзистором для дотримання оптимальних умов комутації.

7. Павлов Г.В., Обрубов А.В., Покровский М.В., Никитина Е.В. Математическая модель последовательно-параллельного резонансного преобразователя с фазовым регулированием. // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск “Силовая електроніка та енергоефективність”. Київ: ІЕД НАНУ. Ч. III. – 2007. - С. 86-91. (Фахове видання) Особистий внесок – розробив структуру системи керування, імітаційні моделі та провів експерименти для перевірки математичної моделі.

8. Павлов Г.В., Обрубов А.В., Покровский М.В., Никитина Е.В. Динамическая модель резонансного преобразователя с фазовым регулированием. // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск “Силовая електроніка та енергоефективність”. Київ: ІЕД НАНУ. Ч. I. – 2007. - С. 88-91. (Фахове видання) Особистий внесок – розрахував динамічні характеристики та виконав структурне моделювання системи управління резонансного перетворювача.

9. Павлов Г.В., Обрубов А.В., Покровский М.В., Никитина Е.В. Резонансный преобразователь постоянного напряжения с фазовым регулированием // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск “Силовая електроніка і енергоефективність”. Київ: ІЕД НАНУ. Ч. 1. – 2008. - С. 14-19. (Фахове видання) Особистий внесок – розробив схемотехнічні рішення для експериментальної перевірки теоретичних результатів.

10. Павлов Г.В., Обрубов А.В., Покровский М.В., Никитина Е.В. Исследование динамики резонансного преобразователя с фазовым регулированием // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск “Проблеми сучасної електротехніки”. Київ: ІЕД НАНУ. Ч. 6. – 2008. - С. 42-47. (Фахове видання) Особистий внесок – визначив залежності для розрахунку динамічних характеристик.

11. Павлов Г.В., Обрубов А.В., Никитина Е.В., Пекер Б.Н. Применение нечеткой логики в управлении резонансным преобразователем с фазовым регулированием // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск “Проблеми сучасної електротехніки”. Київ: ІЕД НАНУ. Ч. 3. – 2008. - С. 12-15. (Фахове видання) Особистий внесок – розробка нечіткого регулятора і модельні експерименти.

12. Павлов Г.В., Обрубов А.В. Расчет характеристик последовательно-резонансного преобразователя с релейным регулированием. // Вісник НУК. – Миколаїв, 2009. (Фахове видання) Особистий внесок – визначив залежності для розрахунку регульовальних характеристик.

13. Павлов Г.В., Обрубов А.В., Покровский М.В., Никитина Е.В. Математическая модель резонансного преобразователя постоянного напряжения с фазовым регулированием. // Вісник НУК. – Миколаїв, 2009. (Фахове видання) Особистий внесок – розробив імітаційні моделі та провів експерименти для перевірки математичної моделі.

14. Павлов Г.В., Обрубов А.В., Никитина Е.В. Динамическая модель резонансного преобразователя постоянного напряжения с фазовым регулированием. // Вісник НУК. – Миколаїв, 2009. (Фахове видання) Особистий

внесок – розрахував динамічні характеристики та виконав структурне моделювання системи управління резонансного перетворювача.

15.Павлов Г.В., Обрубов А.В. Регулирование выходного напряжения резонансного преобразователя с использованием нечеткой логики.// Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2009. – №6 (429). - с. 142-177. (Фахове видання категорії "Б") Особистий внесок – визначив структуру та функції приналежності нечіткого регулятора.

16.Павлов Г.В., Обрубов А.В. Оптимізація комутації ключа високовольтного квазірезонансного перетворювача.// Вісник НУК (ел. зб). – Миколаїв, 2009. (Фахове видання) Особистий внесок – розробив та реалізував схемотехнічні рішення резонансного перетворювача з оптимальними умовами комутації силового транзистора.

17.Павлов Г.В., Обрубов А.В. Расчет характеристик последовательно - резонансного преобразователя с релейным регулированием.// Електр. видання «Вісник НУК», №1, 2010. – с.78-86. (Фахове видання) Особистий внесок – розрахував регульовальні характеристики.

18.Павлов Г.В., Обрубов А.В., Покровский М.В., Никитина Е.В. Математическая модель резонансного преобразователя постоянного напряжения с фазовым регулированием.// Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2010. – № 1 (430).- С. 117-125. (Фахове видання категорії "Б") Особистий внесок – розробив імітаційні моделі та провів експерименти для перевірки математичної моделі.

19.Павлов Г.В., Обрубов А.В., Никитина Е.В. Динамическая модель резонансного преобразователя постоянного напряжения с фазовым регулированием.// Електронне видання «Вісник НУК», №3, 2010. – Миколаїв: НУК, 2010. (Фахове видання) Особистий внесок – динамічні характеристики та виконав структурне моделювання системи управління резонансного перетворювача.

20.Павлов Г.В., Покровский М.В., Обрубов А.В., Щербинин Т.В. Перспективы совершенствования релейного способа регулирования резонансных преобразователей.// Електр. видання «Вісник НУК», №2, 2010. - с. 89-97. (Фахове видання) Особистий внесок – визначив залежності для розрахунків регульовальних характеристик.

21.Павлов Г.В., Обрубов А.В., Нікітіна О.В., Покровский М.В. Высоковольтный квазірезонансный перетворювач зі змінною амплітудою вихідних імпульсів// Технічна електродинаміка. Тем. вип. “Силовая електроніка і енергоефективність”. - Київ: ІЕД НАНУ, 2010. – Ч.3. - С 84 - 87. (Фахове видання) Особистий внесок – побудував математичну модель перетворювача і розробив схемотехнічні рішення.

22.Павлов Г.В., Обрубов А.В., Никитина Е.В., Щербинин Т.В. Сравнение характеристик резонансных преобразователей при различных способах регулирования с использованием имитационных моделей// Технічна електродинаміка. Тем. вип. “Силовая електроніка і енергоефективність”. - Київ: ІЕД НАНУ, 2010. - Ч.1. – С. 97 – 102. (Фахове видання) Особистий внесок – визначив залежності для розрахунків характеристик широтно-частотного способу регулювання.



23.Павлов Г.В., Обрубов А.В. Энергоэффективность резонансно-импульсного инвертора напряжения // Электронне видання «Вісник НУК», 2013. (Фахове видання) Особистий внесок – визначив математичну модель перетворювача і залежності для розрахунку ККД.

24.Павлов Г. В. Метод обобщенного анализа стационарных процессов резонансных преобразователей [электронный ресурс] / Г.В. Павлов, А.В. Обрубов, И.Л. Винниченко / Вісник НУК, вип. 3, 2014. Режим доступа: <http://evn.nuos.edu.ua/article/view/48925/45153> (Фахове видання) Особистий внесок – розробив метод визначення параметрів стаціонарних процесів.

25.Павлов Г.В., Обрубов А.В., Никитина Е.В. Исследование статических характеристик резонансного преобразователя методом комбинирования составляющих тока контура // Сборник научных трудов НУК 3, 2014, с. 47-56. (Фахове видання категорії "Б") Особистий внесок – визначив залежності для розрахунків статичних характеристик при різних алгоритмах комутації ключів.

26.Павлов Г. В. Преобразователь частоты на основе резонансного инвертора с нелинейным управлением [текст] / Г. В. Павлов, А. В. Обрубов, И. Л. Винниченко / Вісник НТУ "ХП", вип. 12 (1121), 2015, с. 490-494. (Фахове видання категорії "Б") Особистий внесок – імітаційне моделювання інвертора.

27.Павлов, Г. В. Электромагнитные процессы и параметры накопительных элементов в резонансном инверторе с нелинейным регулированием [Текст] / Г. В. Павлов, А. В. Обрубов, И. Л. Винниченко / «Судостроение и морская инфраструктура». — Николаев: НУК, 2015. — №2 (4). — С. 96 – 107. (Фахове видання категорії "Б") Особистий внесок – розробив схемотехнічні рішення для експериментальної перевірки теоретичних результатів.

28.Павлов Г. В. Нелинейное управление резонансным инвертором преобразователя частоты / Г. В. Павлов, А. В. Обрубов, И. Л. Винниченко // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. - 2015. - Вип. 42. - С. 96-101. - Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/PIED\\_2015\\_42\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/PIED_2015_42_22). (Фахове видання категорії "Б") Особистий внесок – імітаційні моделі та експерименти моделювання.

29.Павлов Г. В. Резонансный преобразователь с дозированной передачей энергии для низковольтных сетей распределенного питания / Г. В. Павлов, А. В. Обрубов, И. Л. Винниченко // Технічна електродинаміка. – 2016. - № 4. - С. 38-40. - Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/TED\\_2016\\_4\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/TED_2016_4_13). (Фахове видання, **Scopus**) Особистий внесок – розробив математичну модель та побудував перетворювач

30.Павлов Г. В. Преобразователь частоты с пониженным коэффициентом гармоник выходного напряжения / Г. В. Павлов, И. Л. Винниченко, А. В. Обрубов // Технічна електродинаміка. - 2016. - № 5. - С. 14-16. - Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/TED\\_2016\\_5\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/TED_2016_5_4). (Фахове видання, **Scopus**) Особистий внесок – часові характеристики та експерименти моделювання.

31. Electromagnetic processes in the power section of the series-to-series resonant converter for contactless inductive energy transfer / H. V. Pavlov, A. V. Obrubov, M. V. Pokrovskiy, I. L. Vinnichenko // Shipbuilding & Marine Infrastructure. – 2017. – № 2(8). – P. 70–76. (Фахове видання категорії "Б") Особистий внесок – залежності для побудови характеристик перетворювачів.

**Статті у виданнях, віднесених до першого - третього квартилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports**

32. Pavlov, G., Obrubov, A., & Vinnichenko, I. (2022). Optimizing the operation of charging self-generating resonant inverters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(5(115)), 23–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252148> (Фахове видання категорії "А", **Scopus**, Q2) Особистий внесок – визначив структури та залежності параметрів резонансних перетворювачів з автогенерацією.

33. Pavlov, G., Obrubov, A., & Vinnichenko, I. (2022). Determining the dynamic model of the charging resonant converter with inductive coupling by an experimental-analytical method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(8 (118)), 17–28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263526> (Фахове видання категорії "А", **Scopus**, Q2) Особистий внесок – вдосконалив експериментально-аналітичний метод дослідження резонансних перетворювачів електроенергії.

**Додаткові статті**

34. Павлов Г.В. Резонансні перетворювачі в енергоефективних електротехнічних системах / Г.В. Павлов, А.В. Обрубов // *Енергозбереження, енергетика, енергоаудит. Спец. Випуск. Т. 1. – 2014. – № 9. – С. 13–23.* Особистий внесок – визначив математичну модель перетворювача і залежності ККД.

35. Павлов Г. В., Обрубов А. В. Резонансні перетворювачі в енергоефективних електротехнічних системах // *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2016. №3 (146).* Особистий внесок – розробив схемотехнічні рішення і запропонував концепцію резонансного перетворювача з декількома джерелами енергії.

36. Павлов Г. В., Обрубов А. В. Синтез резонансных преобразователей переменного напряжения // *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2016. №5 (148).* (Фахове видання категорії "Б") Особистий внесок – запропонував метод синтезу схем резонансних перетворювачів.

**Патенти на корисну модель**

37. Пат. 45315 Україна. Спосіб регулювання вихідних параметрів послідовно-резонансного перетворювача постійної напруги / Покровський М.В., Павлов Г.В., Обрубов А.В., Нікітіна О.В., Щербинін Т.В. Опубл. 10.11.2009. Бюл. №21. Особистий внесок – побудова імітаційних моделей.

38. Пат. 53708. Україна. Система управління резонансним перетворювачем постійної напруги. / Г.В. Павлов, А.В. Обрубов, М.В. Покровський, О.В.

Нікітіна, Т.В. Щербинін. – Заявл. 18.05.2010; Опубл. 11.10.2010, Бюл. № 19. Особистий внесок – експерименти з системою управління.

39. Пат. 55633 Україна. Спосіб регулювання вихідних параметрів резонансного перетворювача постійної напруги. / Г.В. Павлов, А.В. Обрубів, М.В. Покровський, О.В. Нікітіна, Т.В. Щербинін. – Заявл. 20.04.2011; Опубл. 27.12.2010, Бюл. № 24/2010. Особистий внесок – побудова імітаційних моделей.

40. Пат. 57106 Україна. Система керування резонансним перетворювачем постійної напруги на основі нечіткої логіки. / Г.В. Павлов, А.В. Обрубів, М.В. Покровський, О.В. Нікітіна, Т.В. Щербинін. – Заявл. 19.07.2010; Опубл. 10.02.2011, Бюл. № 3. Особистий внесок – модель нечіткого регулятора.

41. Пат. 61026 Україна. Система управління резонансним перетворювачем постійної напруги. / Г.В. Павлов, А.В. Обрубів, М.В. Покровський, О.В. Нікітіна, Т.В. Щербинін. – Заявл. 15.11.2010; Опубл. 11.07.2011, Бюл. № 13. Особистий внесок – експериментальна схема і випробування.

42. Пат. 61045 Україна. Перетворювач зварювальний. / Г.В. Павлов, А.В. Обрубів, М.В. Покровський, О.В. Нікітіна, Т.В. Щербинін. – Заявл. 23.11.2010; Опубл. 11.07.2011, Бюл. № 13. Особистий внесок – розробка схеми управління.

43. Пат. 65447 Україна. Спосіб регулювання вихідних параметрів послідовно-резонансного перетворювача постійної напруги. / Г.В. Павлов, А.В. Обрубів, М.В. Покровський, О.В. Нікітіна, Т.В. Щербинін. – Заявл. 20.04.2011; Опубл. 12.12.2011, Бюл. № 23. Особистий внесок – розробка імітаційних моделей системи управління та експерименти.

44. Пат. 133960 Україна. Спосіб регулювання вихідних параметрів резонансного перетворювача електроенергії, що забезпечує рекуперацію енергії постійного струму до джерела енергії / Павлов Г.В., Покровський М.В., Обрубів А.В., Вінниченко І.Л. – Заявл. 30.11.2018. Опубл. 25.04.2019, бюл. № 8/2019. Особистий внесок – теоретичні дослідження процесів схеми.

45. Пат. 107219 Україна. Спосіб регулювання вихідних параметрів послідовно-резонансного перетворювача постійної напруги / Павлов Г.В., Покровський М.В., Обрубів А.В., Вінниченко І.Л. – Заявл. 30.11.2015. Опубл. 25.05.2016, бюл. 10/2016. Особистий внесок – побудова імітаційних моделей.

### **Матеріали конференцій**

46. Павлов Г.В., Обрубів А.В., Покровський М.В., Никитина Е.В. Исследование характеристик последовательно-параллельного резонансного преобразователя с фазо-частотным регулированием. - Матеріали “ПАЕТЗ-2007” – Миколаїв: ІАЕ НУК, 2007. – С. 143-149. Особистий внесок – визначення розрахункових залежностей статичних характеристик.

47. Обрубів А.В., Махнов А.О. Применение нечеткой логики в управлении резонансным преобразователем с фазовым регулированием. - Матеріали Всеукр.

НТК студ., асп. і мол. вчених з міжнар. участю “ІКСК-2008”- Миколаїв: ІАЕ НУК.- 30-34сс. Особистий внесок – розробка нечіткого регулятора.

48.Павлов Г.В., Никитина Е.В., Обрубов А.В. Энергосберегающие технологии в преобразовательной технике на основе резонансных инверторов.// Матеріали І МНТК «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». - Миколаїв: НУК, 2010. - С.397-399. Особистий внесок – порівняльний аналіз особливостей і параметрів різних типів імпульсних перетворювачів електроенергії.

49.Павлов Г.В., Обрубов А.В. Синтез резонансных преобразователей переменного напряжения // Проблемы электрообладнання та автоматики транспортних засобів: Матеріали Всеукраїнської НТК з між нар. участю «ПАЕТЗ:2013».– Миколаїв: НУК, 2013. - сс. 56-60. Особистий внесок – математичний опис схем зі змінними алгоритмами комутації вентилів.

50.Павлов Г.В. Моделирование резонансно-импульсного инвертора напряжения [ел. рес.] / Г. В. Павлов, А. В. Обрубов, И. Л. Винниченко. / Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали V міжнародної науково технічної конференції – Миколаїв: НУК, 2014. Особистий внесок – моделювання та систематизація результатів експериментів.

51.Обрубов А.В., Резонансный преобразователь переменного напряжения систем бесперебойного питания // Проблемы электрообладнання та автоматики транспортних засобів: Матеріали Всеукраїнської НТК з між нар. участю «ПАЕТЗ:2014».– Миколаїв: НУК, 2014.

52.Обрубов А.В., Обрубова К.А., Концепция локальной системы бесперебойного питания // Матеріали всеукраїнської НТК з міжнародною участю "Автоматика та електротехніка-2014", – Миколаїв: НУК, 2014. Особистий внесок – розробка низьковольтних безперебійних систем живлення.

53.Павлов Г. В. Анализ структур силовой части систем бесперебойного питания [ел. рес.] / Г. В. Павлов, А. В. Обрубов, И. Л. Винниченко. / Інновації в суднобудуванні та океанотехніці (підсумки V міжнародної науково-технічної конференції), 2015. Особистий внесок – порівняльний аналіз параметрів силових схем резонансних перетворювачів.

54.The linearized dynamic model of the series resonant converter for small signals Pavlov, G., Obrubov, A., Vinnichenko, I. 2016 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems, IEPS 2016 - Conference Proceedings, 2016, 7521879 (**Scopus**) Особистий внесок – динамічна модель резонансного перетворювача.

55.Павлов Г.В., Обрубов А.В., Вінниченко І.Л. “Енергоефективна індукційна зарядка суднових тягових батарей”, Матеріали МНТК «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці», Миколаїв: НУК, 2021 р., с.9-15. Особистий внесок – експериментальна перевірка результатів теоретичних досліджень.

56.G. Pavlov, A. Obrubov and I. Vinnychenko, "Design Procedure of Static Characteristics of the Resonant Converters," 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2021, pp. 401-406, doi:

10.1109/UKRCON53503.2021.9575698. (**Scopus**, Web of Science) Особистий внесок – розвинув метод суперпозицій для розрахунку статичних характеристик.

57.Павлов Г.В., Обрубов А.В., Вінниченко І.Л. Характеристики резонансного інвертора з автогенерацією для індуктивної зарядки. Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці», м. Миколаїв. – 2022 р. – С. 320-324. Особистий внесок – математична модель резонансного перетворювача з автогенерацією.

58.Обрубов А.В. Динамічна модель резонансного інвертору класу Е. Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці», м. Миколаїв. – 2022 р. – С.312-317.

59.G. Pavlov, I. Vynnychenko, N. Natalia, D. Vynnychenko and A. Obrubov, "Study of the Effect of Transformer Windings Coupling Coefficient of Flyback Resonant Converter for Wireless Energy Transfer on its Output Characteristics," 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916434. (**Scopus**) Особистий внесок – експериментальні зразки перетворювачів.

60.Обрубов А.В. Властивості резонансних перетворювачів як керованих об'єктів // Сучасні проблеми автоматики та електротехніки: Збірник матеріалів всеукраїнської НТК з міжнародною участю СПАЕ-2023.

### **Навчальні посібники**

61.Мікропроцесорні системи управління резонансними перетворювачами постійної напруги: навчальний посібник / Г.В. Павлов, А.В. Обрубов, О.В. Нікітіна, М.В. Покровський; За ред. Г.В. Павлова. – Миколаїв: НУК, 2010 – 156 с. Особистий внесок – аналіз процесів резонансного перетворювача.

62.Павлов Г.В. Розрахунок цифрових систем управління імпульсними перетворювачами. / Павлов Г.В., Обрубов А.В., Щербінін Т.В. – Миколаїв: НУК, електронне видання 2013. - 118 с. Особистий внесок – визначення математичних залежностей для розрахунків статичних характеристик.

Якість та кількість публікацій відповідають “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Обрубова Андрія Валерійовича “Методи та моделі дослідження електромагнітних процесів резонансних перетворювачів електроенергії”, що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, є кваліфікаційною науковою працею, виконаною здобувачем самостійно, за своїм науковим рівнем та практичною та теоретичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам п.7 та 9 “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”, що їх пред’являють до докторських дисертацій, та паспорту спеціальності

05.09.12 – напівпровідникові перетворювачі електроенергії.

РЕКОМЕНДУВАТИ дисертаційну роботу “Методи та моделі дослідження електромагнітних процесів резонансних перетворювачів електроенергії”, подану Обрубовим Андрієм Валерійовичем на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, до захисту у спеціалізованій раді Д 26.002.19 за спеціальністю 05.09.12 – напівпровідникові перетворювачі електроенергії.

Головуючий на засіданні  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри  
електронних пристроїв та систем  
Національного технічного  
університету України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”

Євген ВЕРБИЦЬКИЙ

Рецензент  
доктор технічних наук, професор

Анатолій КУЗЬМИЧЄВ

Рецензент  
доктор технічних наук, професор

Тетяна ТЕРЕЩЕНКО

Рецензент  
доктор технічних наук, професор

Сергій ДЕНИСЮК