

ВІДГУК

офіційного опонента
на дисертаційну роботу Заграничного Артура Володимировича
«Багаторівневі інвертори в системі ядерного магнітного резонансу»,
що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.09.12 – «Напівпровідникові перетворювачі
електроенергії»

Актуальність теми дисертації, її зв'язок з державними науковими програмами.

Використання перетворювачів електроенергії в системах електроживлення пристроїв ядерного магнітного резонансу дозволяє підвищити ефективність технологій видобутку нафти. При побудові багаторівневих інверторів для систем електроживлення потужних пристроїв ядерного магнітного резонансу необхідно вирішувати важливі задачі забезпечення якості вихідних електромагнітних параметрів та енергоефективності перетворювачів. У зв'язку з цим, дисертаційна робота Заграничного А.В., метою якої є подальший розвиток теорії побудови напівпровідникових перетворювачів з покращеними параметрами зондувальної напруги, що використовуються для електроживлення пристроїв ядерного магнітного резонансу є актуальним напрямом розвитку перетворювальної техніки.

Актуальність дисертаційної роботи підтверджується також тим, що дослідження за темою роботи виконувались в рамках виконання держбюджетної фундаментальної науково-дослідної роботи «Розробка наукових засад побудови багаторівневих інверторів напруги для альтернативних джерел живлення в системі Smart Grid» (№ДР 0112U001536), що виконувалась в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» на кафедрі «Електронних пристроїв та систем».

Зміст роботи. Дисертація складається із змісту, вступу, 4 розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 127 сторінок, з них: 71 рисунок, 9 таблиць, списку використаних джерел із 81 найменування.

У вступі обґрунтовано актуальність та доцільність роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, викладено наукову новизну і практичне значення роботи, об'єкт, предмет та методи дослідження, показано особистий внесок здобувача в друкованих працях, наведено дані про апробацію результатів роботи і публікації.

У першому розділі проведено аналіз наукових робіт з предмету дослідження. Розглянуто основні вимоги до системи, що забезпечує форму напруги зондувального пристрою. Обґрунтована доцільність використання багаторівневих інверторів з обмежувальними діодами з можливістю фазового підлаштування. Показано, що для мінімізації втрат у перетворювачі та підвищення точності формування зондувальної напруги пристрою необхідно розробити відповідні алгоритми керування, які можуть бути реалізовані за допомогою мікропроцесорної системи керування з асинхронною широтно-імпульсною модуляцією.

В другому розділі проведено математичний опис зондувальної напруги, що відображає важливість отримання трьох гармонік у вихідному сигналі інвертора та збереження сталого співвідношення між їх амплітудами. На основі використання канонічних методів синтезу отримано чотири прості схеми пасивної частини перетворювача для реалізації передавальної функції. Розроблена математична модель перетворювача з постійною структурою та постійними параметрами, яка описує вирази для струмів і напруг всіх елементів перетворювача, що дає можливість реалізувати різні алгоритми керування, в тому числі з підлаштуванням частоти та фази зондувального сигналу.

У третьому розділі розроблено двоканальну систему керування параметрами пилкоподібної напруги (періодом та амплітудою). Запропонована методика розрахунку фільтру для отримання зондувальної напруги за законом Хана. Наведено методику розрахунку умов стійкості у вигляді алгебраїчних виразів, на основі яких можливе застосування простих алгоритмів керування перетворювачем на інтервалах сталості його структури.

В четвертому розділі проведено комп'ютерне моделювання багаторівневих інверторів для формування зондувальної напруги Хана. Показано ефективність використання алгоритмів керування перетворювачем на основі асинхронного керування, що дозволяє отримати зондувальний сигнал необхідної точності. Моделювання системи визначило діапазони, в яких можуть змінюватись параметри пасивної частини перетворювача, при цьому зберігаючи задані параметри зондувальної напруги.

У загальних висновках сформульовані основні результати, які дозволили оцінити вклад автора дисертаційної роботи у напрямі досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів.

До основного наукового результату можна віднести математичну модель багаторівневого інвертора, яка дає можливість отримати характеристики електромагнітних процесів перетворювача та можливість реалізувати різні алгоритми його керування, в тому числі з підлаштуванням частоти та фази зондувального сигналу.

Цінність для науки і практики результатів роботи полягає в тому, що на основі результатів наукових досліджень розроблено методики розрахунку параметрів фільтру для отримання зондувальної напруги за законом Хана та умов стійкості перетворювача, а також запропоновано схему перетворювача на основі топології п'ятирівневого інвертора. Результати досліджень впроваджено в навчальний процес Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується коректністю постановки мети і задач дисертаційного дослідження, використанням, як загальнопризнаних фундаментальних методів, так і методів математичного моделювання.

Нові наукові результати, що отримані в дисертаційній роботі, обґрунтовані чіткими математичними викладками. Більшість результатів підтверджені співставленням чисельних розрахунків та імітаційного моделювання, які підтверджують достовірність теоретичних висновків. Зроблені дисертантом

припущення дозволяють досягти достатню для інженерних розрахунків точність результатів.

Сформульовані в роботі висновки і рекомендації, виходять з критичного аналізу отриманих результатів, їх співставленні з відомими та отриманими раніше даними, є достатньо аргументовані.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності . Під час вивчення та аналізу дисертаційної роботи випадків порушення академічної доброчесності виявлено не було.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях. За темою дисертації опубліковано 16 наукових праць, 9 з яких – у наукових фахових виданнях України, з них 1 – у виданнях України, які включені до міжнародної наукометричної бази Scopus, 7 тез доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях. Опубліковані роботи у повній мірі висвітлюють основний зміст, результати, висновки і рекомендації дисертації.

Апробація роботи. Основні результати і положення дисертації доповідались та обговорювались на міжнародних науково-технічних конференціях: «Електроніка і Нанотехнології - 2011» (м. Київ, 2011), «Силова електроніка та енергоефективність - 2013» (м. Алушта, 2013), «Проблеми сучасної електротехніки - 2014» (м. Київ, 2014), «Smart-технології в енергетиці та електроніці – 2016, 2021» (смт. Лазурне, 2016, 2021), «Інтелектуальні енергетичні системи – ESS'17» (м. Київ, 2017).

Зауваження щодо змісту дисертації.

1. Головним науковим результатом дисертаційної роботи слід вважати математичну модель трирівневого інвертора напруги. Однак в роботі не зроблено оцінку достовірності математичної моделі. Математичну модель не використано, наприклад, для розрахунку статичних характеристик, які б могли бути порівняні зі статичними характеристиками отриманими шляхом моделювання.

2. Оскільки перетворювач для систем ядерного магнітного резонансу має вузьке прикладне значення, автору доцільно було звернути увагу на найважливіші характеристики перетворювача, такі як його потужність, діапазони зміни вихідних

параметрів, регулювальні та зовнішні характеристики, що дало б змогу більш глибоко оцінити можливості перетворювача і складність поставлених задач.

3. В дисертаційній роботі не показано зв'язок математичної моделі перетворювача і процесом побудови асинхронної системи керування з широтно-імпульсною модуляцією.

До формулювань наукової новизни є наступні зауваження.

4. Перший пункт наукової новизни не пояснює в чому саме складається **науковий внесок в перетворювальну техніку**, а лише декларує можливість досягнення поліпшення спектрального складу зондувальної напруги шляхом використання багаторівневих інверторів у системі живлення пристрою для ядерного магнітного резонансу.

5. В другому пункті наукової новизни, перш за все, слід було б звернути увагу на отриманий в роботі **науковий результат, який покладено в основу побудови системи керування** і дає принципові переваги, інакше просто розробка двоканальної системи керування параметрами пилкоподібної напруги - за періодом та амплітудою, не може розглядатися, як наукова новизна.

6. При формулюванні третього пункту наукової новизни слід було б вказати, який саме **отримано науковий результат** при застосуванні коефіцієнта інтермодуляційних спотворень при аналізі зондувальної напруги складної форми, а не лише декларація про необхідність застосування цього коефіцієнту.

7. П'ятий пункт наукової новизни лише декларує, що вперше використано асинхронну широтно-імпульсну модуляцію для управління пристроєм ядерного магнітного резонансу і не розкриває в чому саме є **науковий внесок безпосередньо в перетворювальну техніку**.

8. В дисертаційній роботі відсутній перелік умовних позначень з їх розшифровкою.

Відзначені зауваження і недоліки не позначаються на загальній високій оцінці дисертаційної роботи. Досконале знання специфіки проблеми – одна з основних особливостей дисертаційної роботи, що представляється до захисту.

Висновок. Дисертаційна робота Заграничного Артура Володимировича «Багаторівневі інвертори в системі ядерного магнітного резонансу» представляє собою самостійно підготовлену завершену науково-дослідну роботу, в якій розв'язано важливу науково-прикладну проблему, що полягає у подальшому розвитку теорії побудови напівпровідникових перетворювачів з покращеними параметрами зондувальної напруги, що використовуються для електроживлення пристроїв ядерного магнітного резонансу. Актуальність обраної теми дисертації, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, новизна та повнота викладу в опублікованих працях повністю відповідають вимогам до кандидатських дисертацій. Дисертаційна робота за своїм змістом та напрямом досліджень відповідає паспорту спеціальності 05.09.12 – «Напівпровідникові перетворювачі електроенергії».

Дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 року, щодо кандидатських дисертацій, а її автор Заграничний Артур Володимирович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.12 – «Напівпровідникові перетворювачі електроенергії».

Офіційний опонент:
доктор технічних наук, професор,
проректор з наукової роботи
Національного університету
кораблебудування
імені адмірала Макарова



Г.В. Павлов