

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Заграничного Артура Володимировича
на тему «**Багаторівневі інвертори в системі ядерного магнітного резонансу**», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.12 – напівпровідникові перетворювачі електроенергії
14 – електрична інженерія

Актуальність теми виконаних досліджень та її зв'язок з державними науковими програмами.

Одним з перспективних напрямів поліпшення енергетичних та техніко-економічних характеристик промислових та побутових комплексів є стабільність та подальший розвиток енергетичного сектору держави. Одним з ефективних джерел енергії є нафта, видобуток якої пов'язаний з використанням електроенергії. Для моніторингу фізичної властивості пластів корисних копалин застосовується магнітно-ядерний резонанс (ЯМР) - це породжує актуальну проблему створення систем живлення пристроїв для реалізації ЯМР, які в своїх системах управління використовують автопідстроювання частоти перетворювача з врахуванням фазового зсуву між вихідним струмом та напругою. Означені особливості вимагають вирішення актуальних задач з подальшого розвитку теорії процесів в системах електроживлення пристроїв ЯМР та практичної реалізації отриманих теоретичних результатів в розробках систем живлення зі складною формою зондувальної напруги.

У дисертаційній роботі переконливо обґрунтовано існування проблеми, що поставлена, і запропоновано її вирішення шляхом застосування інверторів з багаторівневою вихідною напругою, які керуються з використанням принципу автопідстроювання частоти.

Актуальність теми дисертації підтверджується зв'язком з пріоритетними напрямками розвитку науки техніки України. Робота була виконана в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» на кафедрі електронних пристроїв та систем в рамках держбюджетної фундаментальної науково-дослідної роботи «Розробка наукових засад побудови багаторівневих інверторів напруги для альтернативних джерел живлення в системі Smart Grid», зареєстрованої під номером № 0112U001536.

Оцінка змісту дисертації.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 81 найменувань та одного додатку. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 127 сторінок, у тому числі 113 сторінок основного тексту, 71 рисуноків та 9 таблиць. Дисертація написана чіткою ясною мовою, характеризується логічним викладанням та чіткою структурованістю.

У вступі

Обґрунтовано актуальність теми дисертацій, сформульовано мету і задачі дослідження наукову новизну і практичне значення роботи, наведено дані про особистий внесок автора, апробацію результатів роботи і публікації.

У першому розділі розглянуто суть методу ядерного магнітного резонансу, проаналізовано форми зондувальної напруги, що використовують в пристроях які реалізують цей процес. Запропоновано принципи побудови напівпровідникових перетворювачів електроенергії для формування зондувальної напруги. З метою підвищення енергоефективності перетворювачів та точності формування зондувальної напруги запропоновано необхідні алгоритми управління, для реалізації яких розроблено мікропроцесорні системи, що дозволяють реалізувати процес асинхронний широтно-імпульсний модуляції.

Другий розділ присвячено математичному опису зондувальної напруги з метою отримання у її складі трьох гармонік з необхідним співвідношенням їх амплітуд. Використовуючи канонічні методи синтезу, автор отримав чотири схеми силової складової перетворювачів, за результатами аналізу яких розроблена модифікована схема з мінімальною кількістю реактивних елементів, що здатна реалізувати задану вхідну функцію на своєму виході. Отримана математична модель системи формування зондувальної напруги дозволяє дослідити ефективність алгоритмів управління з підвладштуванням частоти та фази зондувального сигналу.

У третьому розділі розглянута система асинхронного керування багаторівневим інвертором з широтно-імпульсною модуляцією вихідної напруги. Розглянуто стійкість систем з такими перетворювачами з метою можливості використання двох резонансних контурів на їх виході. Розглянуто методи підвищення точності систем ЯМР та напрямки використання систем живлення, в пристроях, що реалізують цей процес.

Четвертий розділ присвячено моделюванню електромагнітних процесів у системах живлення пристроїв ядерного магнітного резонансу з використанням MathLab Simulink.

За результатами комп'ютерного моделювання встановлена доцільність використання багаторівневих інверторів для отримання зондуваної напруги з трьома та п'ятьма рівнями, що дозволяє отримати спектр зондуваної напруги з мінімальною кількістю вищих гармонік.

Аналіз, що проведено, показав ефективність алгоритмів управління інвертором на основі синхронного принципу формування модульованого сигналу на його виході. За результатами моделювання знайдені діапазони регулювання, в яких при зміні параметрів пасивних складових системи зберігаються параметри зондувальної напруги, що задана.

Наукова новизна роботи

- доказана ефективність використання багаторівневих інверторів для поліпшення спектрального складу зондувальної напруги;

- розроблено двоканальну систему керування параметрами пилкоподібної напруги - за періодом та амплітудою;
- доказано що, аналіз зондувальної напруги складної форми доцільно проводити з застосуванням коефіцієнта інтермодуляційних спотворень;
- запропонована модель перетворювача, та система управління, яка дозволяє реалізувати асинхронну широтно-імпульсну модуляцію напруги на його виході;
- використання асинхронної широтно-імпульсної модуляції для управління процесом ядерного магнітного резонансу дозволило реалізувати в системі режим з автопідлаштуванням резонансної частоти;

Практичне значення отриманих результатів

розроблена методика розрахунку фільтру для отримання зондувальної напруги за законом Хана, що ґрунтується на синтезі за канонічними методами Кауера та Форстера та використанні принципів дуальності, що дозволяє створити LC-фільтри з покращеною формою зондувальної напруги та знизити втрати в перетворювачі;

розроблена методика розрахунку умов стійкості у вигляді алгебраїчних виразів, на основі якої можливе застосування простих алгоритмів керування перетворювачем на інтервалах сталості його структури;

запропонована схема перетворювача на основі топології п'ятирівневого інвертора дозволяє отримати напругу з необхідними параметрами та зменшити коефіцієнт інтермодуляційних спотворень ;

результати дослідження впроваджені в навчальний процес Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського";

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій

Результати дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими, що підтверджується коректністю прийнятих припущень, використанням сучасної теорії аналізу, теорії автоматичного регулювання та комп'ютерного моделювання систем живлення, побудові інверторів зі складною формою вихідної напруги, алгоритмів та систем їх керування.

Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджуються збігом теоретичних результатів дисертаційного дослідження, отриманих в результаті використання альтернативних методів дослідження, а також співпадінням результатів моделювання з даними, що відомі з літературних джерел, присвячених дослідженню проблеми, яка поставлена в дисертації .

Повнота викладу результатів 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.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації.

Автореферат в повній мірі відображає зміст та положення дисертації.

Оформлення дисертації

Оформлення відповідає «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 (пп. 9, 10, 12, 13) та ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення». Стиль викладення відповідає загальноприйнятому і має достатній науковий рівень.

Зауваження по дисертаційній роботі

1. В п.1 «наукової новизни» бажано було вказати, за якими параметрами поліпшено спектральний склад зондувальної напруги.
2. В п.3 «Особливого внеску здобувача» мова повинна йти не про стійкість перетворювача, а про стійкість замкненої системи, ланкою якої є перетворювач.
3. Не варто було приділяти велику увагу до подробиць, що стосуються фізики магнітно-ядерного резонансу. Достатньо було зосередитися лише на тих особливостях, що формують вимоги до системи живлення, яка забезпечує його протікання в необхідному режимі.
4. В п.1 висновків до розділу 1 “..показана доцільність використання перетворювача в ключовому режимі роботи“. А ще, в якому режимі роботи може працювати сучасний напівпровідниковий перетворювач електроенергії ?
5. В п.3 висновків до розділу 3 сказано, що “.. запропонована математична модель описує вирази для струмів і напруги всіх елементів перетворювача “. Мабуть мова йде про те ,що запропонована модель дозволяє скласти відповідні диференційні рівняння і описати процеси встановлення струму та напруги у вихідному контурі системи за результатами вирішення цих рівнянь.
6. Часові діаграми та принципова схема фільтру подані під однаковими номерами (рис 3.3).
7. Не дано необхідних пояснень згідно структури лінеаризованої схеми, рис.3.4. Необхідно було пояснити наявність в структурі пропорційної ланки (K), ланки чистого запізнення e^{-pt} та ланки інтегрування $1/p$. Чому в структурній схемі системи відсутня дискретна ланка перетворювача електроенергії та його система управління з асинхронною широтно-імпульсною модуляцією.
8. В процесі аналізу впливу зворотного зв'язку враховано, що коефіцієнт зворотнього зв'язку дорівнює K, а в лінеаризованій системі САР, рис. 3.4, ланцюг зворотного зв'язку має в своєму складі ланку чистого запізнення (e^{-pt}) та інтегратор $1/p$.

Висновок.

Дисертація Заграничного Артура Володимировича. «Багаторівневі інвертори в системі ядерного магнітного резонансу» є завершеною та самостійною науково-дослідною роботою, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності є суттєвими для розвитку теорії аналізу та розробки систем перетворювальної техніки, що використовуються в процесі добутки корисних копалин.

Дисертаційна робота здобувача за своїм рівнем, обсягом і якістю досліджень відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567 із змінами, внесеними згідно постанови Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 року № 656, від 30 грудня 2015 року № 1159 та від 27 липня 2016 року № 567, а її автор, Заграничний Артур Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.12 – напівпровідникові перетворювачі електроенергії.

Офіційний опонент, д. т. н., проф.
завідувач кафедри електроніки,
автоматики, робототехніки та
мехатроніки Національного університету
«Чернігівська політехніка»

Ю.О. Денисов

29.08.2024

Підпис Денисова Ю.О., засвідчую
Вчений секретар Національного університету
«Чернігівська політехніка» д. держ. упр., проф.



І.М. Олійченко