МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКДАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІЖЕНЕРІЇ

КОЦАН АРСЕН ВАЛЕРІЙОВИЧ

УДК 621.391

АНАЛІЗ ТА МЕТОДИ ПОБУДОВИ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВИСОКОЮ ЯКІСТЮ ВИХІДНИХ НАПРУГ

172 “Телекомунікації та радіотехніка”

Автореферат
дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня “магістр”

Тернопіль 2019

Роботу виконано на кафедрі радіотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент, декан ФПТ **Яськів Володимир Іванович,** Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук, завідувач кафедри біотехнічних систем **Яворська Євгенія Богданівна,** Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 24 грудня 2019 р. о $9^{.00}$ годині на засіданні екзаменаційної комісії №25 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9 “Сатурн”, ауд. 612

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. В даний час радіоелектронна апаратура в основному живиться від імпульсних джерел вторинного електроживлення (ДВЕЖ). Такі джерела мають високі значення ККД (від 70 до 90% і більше) і масо-габаритних показників (питома потужність 100-500 Вт / дм^3 і більше). Однак вони мають підвищений рівень як високочастотних (ВЧ) завад по входу, так і ВЧ-пульсації і імпульсні завади на їх виході (як правило, близько 0,5-2%). Дуже багато видів електронної апаратури вимагає застосування джерел живлення з більш низьким рівнем пульсацій і електромагнітних завад (надалі – завади). Зокрема, такі джерела потрібні для електроживлення прецизійної високочутливої апаратури: давачів фізико-хімічного складу речовин, аналізаторів спектру, підсилювально-вимірювальних трактів (каналів) і т.д. Вони також необхідні для використання в аналогових, аналого-цифрових та цифро-аналогових пристроях і системах, в яких мінімальний рівень сигналу становить частки і одиниці мілівольт.

У дуже багатьох роботах [1, 2] в основному розглянуті загальні питання електромагнітної сумісності (ЕМС) і проблеми її забезпечення в імпульсних ДВЕЖ. Зокрема, описані: причини виникнення, види та шляхи поширення завад в імпульсних ДВЕЖ, методи та рекомендації по зменшенню завад по входу та виходу до регламентованих значень. При цьому робота [3], присвячена в основному проблемам проектування потужних імпульсних ДВЕЖ, що не втратила свого значення в аспекті забезпечення ЕМС і в наш час. В роботі [4] більш детально викладається проблематика забезпечення ЕМС імпульсних ДВЕЖ: характер і особливості виникнення завад у компонентах (активних, пасивних) перетворювачів, раціональний вибір і розрахунок фільтрів мережевих завад, вибір необхідних компонентів фільтрів, оптимізація характеристик фільтрів, рекомендації щодо раціонального заземлення. Розглянуто методи, апаратура і особливості вимірювання завад (кондуктивних і випромінюванням). У той же час в зазначених роботах не розглянуті конкретні особливості побудови імпульсних ДВЕЖ з низьким рівнем ВЧ-пульсацій і завад на виході. Для мінімізації рівня вихідних ВЧ-пульсацій і завад в імпульсних ДВЕЖ в структурному плані найбільш переважаючими є:

1) Однотактні перетворювачі напруги (ОПН) – внаслідок простоти схемної конфігурації, простоти сполучення силової і керуючої частин перетворювача, а головне – принципової відсутності явища наскрізних струмів.

Серед однотактних перетворювачів забезпечити мінімум завад легше в прямоходових перетворювачах (ОПН-П) з обмоткою розмагнічення або типу “косого” моста внаслідок наступних чинників:

а) менша величина паразитних параметрів (індуктивності Ls, ємності Cs) в силовому трансформаторі, оскільки він виконує функцію тільки трансформатора, а не трансформатора-дроселя, як в зворотноходовому перетворювачі ОПН-З;

б) незалежність вибору індуктивності вхідного дроселя в вихідному фільтрі завдяки зауваженням (а).

У прямоходових перетворювачах найменшу величину комутаційних завад, зокрема несиметричного виду, мають квазірезонансні перетворювачі (КвРП), у яких перемикання силових ключів відбувається при нульовому струмі.

2) Двотактні схеми перетворювачів (півмостові, мостові) відрізняються більшою складністю і, незважаючи на деякі переваги (наприклад, подвоєна частота пульсацій на виході), мають такі суттєві принципові недоліки, як можлива наявність наскрізних струмів через силові ключі при їх перемиканні.

При протіканні наскрізних струмів утворюються кондуктивні завади великої інтенсивності, не кажучи вже про збільшення динамічних втрат потужності (тобто зниження ККД). Серйозні труднощі представляє і явище підмагнічування силового трансформатора при роботі на LC-фільтр, який також призводить до збільшення динамічних втрат і рівня завад.

В цілому при проектуванні імпульсних ДВЕЖ (AC/DC-перетворювачів) з покращеними показниками ЕМС необхідно:

– розробити оптимальний вхідний пристрій на стороні мережі змінного струму;

– вибрати раціональну структуру перетворювача;

– оптимально вибрати силові транзистори для перетворювача напруги;

– вибрати по швидкодії фіксуючі (рекупіюючі) діоди;

– розрахувати ланки (snabber і clamper) для силового ключа [6];

– провести розрахунок силового ВЧ-трансформатора з оцінкою його паразитних параметрів;

– вибрати швидкодіючі випрямні діоди відповідно частоті перетворення;

– оптимізувати вихідний фільтр в низьковольтному вихідному випрямлячі;

розробити оптимальні конструктивні рішення (компоновка, електромонтаж та екранування.

Мета і задачі дослідження. Метою є створення цифрової системи управління вихідними ключами перетворювачів напруги.

Для досягнення вказаної мети, в роботі поставлено та розв'язано наступні задачі:

– проведено аналітичний огляд існуючих технічних вимог, які пред'являються до джерел живлення постійного струму;

– на основі проведеного аналізу вимог прийнято рішення використати імпульсний перетворювач напруги;

– проведено порівняльний аналіз аналогового та цифрового управління перетворювачами напруги;

– запропоновано модель м'якого старту, що складається з кола придушення перерегулювання і ланки придушення викидів струму;

– запропоновано бланкування переднього фронту в будь-який час, і користувач може вибирати, який фронт ШІМ необхідно бланкувати

– запропоновано модель адаптивного і нелінійного управління силовою частиною перетворювача;

– проведена необхідна модифікація силової частини прецизійного джерела живлення постійного струму (модуля силових ключів) і його блоку управління;

– проведено тестування модифікованого джерела живлення постійного струму і проаналізовані отримані результати.

Об'єкт дослідження. Моделі та алгоритми управління силовими ключами напівпровідникових перетворювачів напруги.

Предмет дослідження. Системи цифрового управління напівпровідниковими силовими ключами перетворювачів напруги..

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених задач використовувалися основні положення і методи теорії автоматичного управління, теорія експерименту, теорія ймовірності та методи математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів. У магістерській роботі вперше отримані наступні нові наукові результати:

– запропоновано модель м'якого старту, що складається з кола придушення перерегулювання і ланки придушення викидів струму;

– запропоновано бланкування переднього фронту в будь-який час, і користувач може вибирати, який фронт ШІМ необхідно бланкувати

– запропоновано модель адаптивного і нелінійного управління силовою частиною перетворювача;

– проведена необхідна модифікація силової частини прецизійного джерела живлення постійного струму (модуля силових ключів) і його блоку управління.

Апробація результатів досліджень. Окремі результати роботи доповідались VIII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій". Тернопіль, ТНТУ, 27 – 28 листопада 2019 р.

Практичне значення отриманих результатів. Впровадження цифрової системи управління та базі запропонованої моделі дозволить покращити вихідні параметри перетворювача напруги.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки. Розрахунково-пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, бібліографії. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 107 арк. формату А4.

СНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обробки неортогональних складних сигналів. Це є проблемою у вирішенні завдання подальшого вдосконалення радіотехнічних пристроїв, систем та комплексів. Мета і задачі дослідження. Основною задачею роботи є:

– виявлення складних сигналів з попередньою кореляційної обробкою і з оцінкою дисперсії шуму в прийнятому повідомленні;

– роздільної здатності і оцінки параметрів складних сигналів на основі перетвореного функціоналу правдоподібності в області їх неортогональності;

– розробка методів адаптивної фільтрації складних сигналів на фоні неортогональних по відношенню до сигналу завади;

– розробка методів оптимізації за часом алгоритмів пошуку глобального мінімуму функціоналу правдоподібності при обробці складних сигналів..

У першому розділі дипломної роботи "Огляд джерел вторинного живлення електронної апаратури" проведено аналіз трансформаторних джерел живлення та імпульсних джерел живлення.

У другому розділі "Імпульсні перетворювачі напруги та управління ними" проведено аналіз топологій напівпровідникових перетворювачів напруги Проведено порівняння аналогового та цифрового управління імпульсними джерелами живлення. Обґрунтовано переваги цифрового управління силовими ключами напівпровідникових перетворювачів напруги.

У третьому розділі "Модель управління імпульсним джерелом живлення" запропоновано: модель м'якого старту, що складається з кола придушення перерегулювання і ланки придушення викидів струму; бланкування переднього фронту в будь-який час, і користувач може вибирати, який фронт ШІМ необхідно бланкувати; адаптивного і нелінійного управління силовою частиною перетворювача.

У четвертому розділі "Дослідження прецизійних джерел живлення постійного струму" в результаті експериментальних досліджень в схему живлення додано імпульсне стабілізоване джерело живлення, яке значно знизило вхідні пульсації. Також було вдосконалено блок управління силовими ключами змінивши алгоритм обробки сигналів з давачів відповідно до запропонованої математичної моделі.

У четвертому розділі "Спеціальна частина" розглянуто питання використання середовища MATLAB для математичного моделювання.

У п'ятому розділі розглянуто питання економічної доцільності проведення науково-дослідної роботи.

У шостому розділі дипломної роботи "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" проаналізовано вимоги з охорони праці і техніки безпеки при використання.

Розглянуто застосування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення на потенційно небезпечних об'єкту. Запропоновано заходи підвищення надійності захисту промислово-виробничого персоналу об'єкту (цеху) підчас роботи в умовах радіоактивного забруднення місцевості.

У сьомому розділі дипломної роботи "Екологія" проведено аналіз джерел електромагнітних полів та методи зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Відчуження земель під лінією електропередач. Радіоекологія – це розділ медицини, пов'язаний з медичною екологією, екологією людини, що вивчає дії радіоактивних випромінювань на організми: людей, тварин, рослин.

У загальних висновках щодо дипломної роботи описано отримані в процесі виконання дипломної роботи магістра результати, що відображають сучасний стан досліджень в області обробки складних сигналів.

ВИСНОВКИ

Наукова новизна отриманих результатів. У магістерській роботі отримані наступні нові наукові результати:

– запропоновано модель м’якого старту, що складається з кола придушення перерегулювання і ланки придушення викидів струму;

– запропоновано бланкування переднього фронту в будь-який час, і користувач може вибирати, який фронт ШІМ необхідно бланкувати;

– запропоновано модель адаптивного і нелінійного управління силовою частиною перетворювача.

Практичне значення отриманих результатів. Впровадження методів та алгоритмів цифрового управління силовою частиною напівпровідникового перетворювача напруги та проведеної необхідної модифікації силової частини прецизійного джерела живлення постійного струму (модуля силових ключів) і його блоку управління, за результатами проведено тестування модифікованого джерела живлення постійного струму і проаналізовані отримані результати дозволять:

1. Збільшити стабільність та точність вихідних параметрів перетворювача.
2. За рахунок проведення бланкування зменшити наскрізні струми.
3. Зменшити вартість проектованої системи.

АНОТАЦІЯ

Коцан А.В. Аналіз та методи побудови перетворювачів електроенергії з високою якістю вихідних напруг.

Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня магістра 172 – “Телекомунікації та радіотехніка”. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль 2019.

У дипломній роботі магістра проведено аналіз та дослідження вторинних джерел електроживлення. Проаналізовано сучасний стан методів та алгоритмів аналогового та цифрового управління імпульсними напівпровідниковими перетворювачами напруги. Розроблено модель цифрового управління імпульсними перетворювачами напруги. Проведено моделювання оптимального алгоритму управління ІПН.

Предметом даної дипломної роботи є напівпровідникові перетворювачі напруги.

Ключові слова: алгоритм, аналогове управління, модель цифрового управління, напівпровідниковий перетворювач напруги, цифрове управління

ANNOTATION

Kotsan A.V. Analysis and methods of construction of electricity converters with high quality of output voltages

The diploma paper for obtaining the Master's degree 172 – Telecommunications and radio engineering – Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil 2019.

In the master's thesis the analysis and research of secondary power sources were carried out. The current state of methods and algorithms of analog and digital control of pulsed semiconductor voltage converters is analyzed. The model of digital control of impulse voltage converters is developed. The optimal algorithm of control of the impulse voltage converter is simulated.

The subject of this thesis is semiconductor voltage converters.

Keywords: algorithm, analog control, digital control model, semiconductor voltage converter, digital control