

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

КЛЮК ВАСИЛЬ АНДРІЙОВИЧ

УДК 621.391

**РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ DC/DC ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ
СИСТЕМ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИКИ**

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 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №26 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 все більше уваги приділяється альтернативним джерелам енергії, в тому числі сонячної енергетики, в зв'язку зростанням цін на поновлювані джерела енергії. Однак генерування сонячної енергії має ряд проблем, пов'язаних з вартістю фотопанелей, їх утилізацією і недосконалістю пристроїв перетворення енергії цих систем. Все це вимагає створення джерел живлення на сучасній елементній базі і систем їх управління, що дозволяють досягати високих показників енергоефективності. До подібних джерел відносяться мережеві (рис. 1) і автономні інвертори (рис. 2) сонячних панелей (СП), що мають у своїй структурі ланку постійного струму на вході DC-AC перетворювача. У випадку з автономним інвертором споживачеві електроенергії потрібно резервне джерело живлення в зв'язку з відсутністю сонячного світла в нічний час. цей факт припускає наявність акумуляторної батареї (АБ) на вході ланки постійного струму і контролера заряду, який так само може бути виконаний у вигляді перетворювача постійної напруги з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ). У складі мережевого інвертора СП ланка постійного струму необхідна як для розширення діапазону роботи пристрою, так і для відстеження точки максимальної потужності вольтамперної характеристики СП.

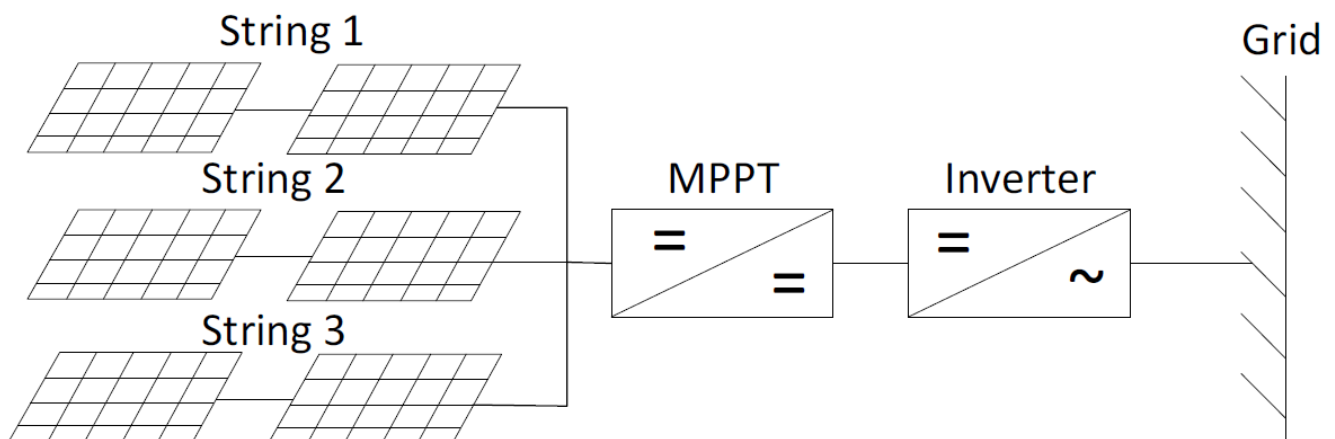


Рисунок 1. Структурна схема мережного інвертора сонячної панелі

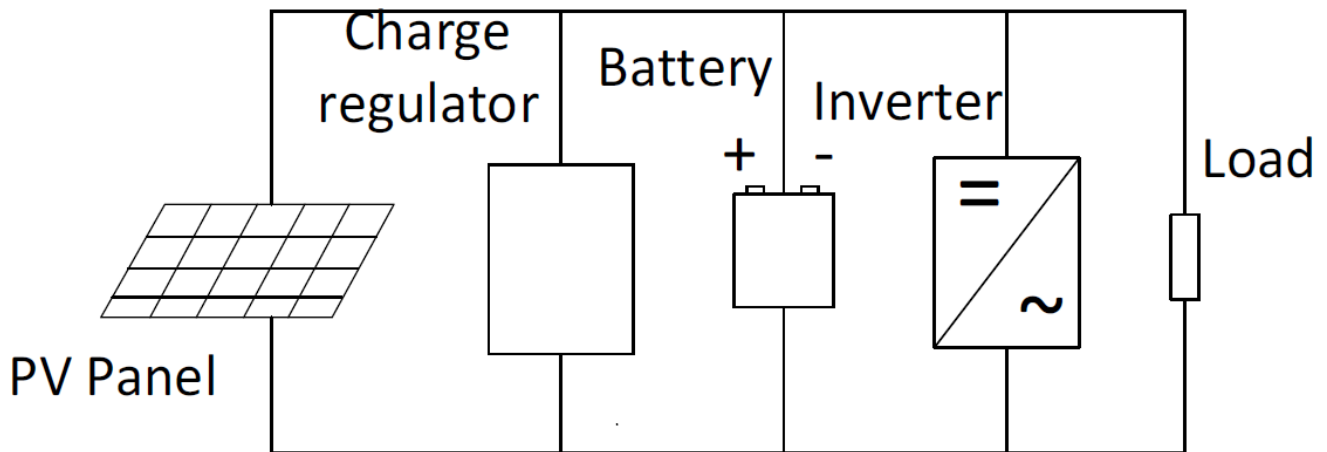


Рисунок 2. Структурна схема автономного інвертора сонячної панелі

Як правило, в якості ланки постійного струму на вході інверторів обох типів використовується підвищуючий перетворювач напруги (ППН), оскільки напруга сонячних панелей як правило невелика. У той же час ППН має найкращі співвідношення простоти і енергоефективності в порівнянні з іншими типами DC/DC перетворювачів (понижуючий, інвертуючий перетворювач, виконаний за схемою Кука) [1].

Математичний опис напівпровідникових перетворювачів електричної енергії з імпульсною модуляцією представляється системою нелінійних диференціальних рівнянь. Основним елементом, що визначає нелінійність контуру регулювання силовим перетворювачем, є імпульсний модулятор. Наявність нелінійності призводить до неоднозначних рішень, а значить, можливі випадки одночасного існування різних форм вихідного сигналу, що визначаються комутаційною функцією. Основним режимом роботи замкнутих систем перетворення електричної енергії є режим роботи з тактовою частотою коливань ШІМ (одно цикловою). Однак, динаміка таких систем набагато різноманітніша, так як мають місце субгармонійні режими з частотами коливань, кратними частоті ШІМ, можливі так само режими квазіперіодичні, і, нарешті, явно хаотичні.

У роботах вчених А.І. Андриянова і А.А. Малаханова [7], [8] показано, що аномальні біфуркаційні явища притаманні динаміці перетворювачів і є невід'ємними властивостями самої структури ППН, його математичної моделі. Цей факт вимагає дослідження динаміки створюваного пристрою, виявлення областей можливих аномальних режимів і докази того факту, що вони з робочою областю ППН не перетинаються. Питання виявлення допустимої області параметрів особливо актуальних для сонячних інверторів, оскільки вхідна напруга для цих пристроїв є функцією освітленості СП, яка може змінюватися в широкому діапазоні [2].

Мета і задачі дослідження. розробка комплексу програм для автоматизованого аналізу і синтезу параметрів системи управління ППН з однополярною неререверсивною модуляцією першого роду (ОНМ-1), не схильною до біфуркаційних явищ.

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

- проведено огляд алгоритмів пошуку точки максимальної потужності;
- досліджено біфуркаційні і хаотичні явища в нелінійних імпульсних системах та види аномальних режимів та нелінійність рівнянь динаміки імпульсно-модуляційних систем;
- проведено моделювання підвищувального перетворювача напруги;
- зпроектовано математичну модель ППН зі зворотним зв'язком по струму;
- побудовано біфуркаційні діаграми;
- проведено біфуркаційний аналіз динаміки підвищувального перетворювача напруги;
- проведено імітаційне моделювання відстеження точки максимальної потужності;
- досліджено підвищувальний перетворювач напруги в режимі стабілізатора напруги.

Об'єкт дослідження. Потік енергії, яка дискретно передається в навантаження.

Предмет дослідження. Біфуркаційні і хаотичні явища в нелінійних імпульсних системах.

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

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

- зпроектовано математичну модель ППН зі зворотним зв'язком по струму;
- проведено біфуркаційний аналіз динаміки підвищувального перетворювача напруги;
- проведено імітаційне моделювання відстеження точки максимальної потужності.

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 Smart модуля управління з ціллю оптимізації процесів в автономному об'єкті. Основними є такі:

- розроблений алгоритм пошуку точки максимальної потужності дозволить більш ефективно контролювати управління напівпровідниковим перетворювачем для геліосистем.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки. Розрахунково-пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, бібліографії. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 108 арк. формату А4.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано необхідність математичного опису напівпровідникових перетворювачів електричної енергії з імпульсною модуляцією системою нелінійних диференціальних рівнянь. Основним елементом, що визначає нелінійність контуру регулювання силовим перетворювачем, є імпульсний модулятор. Наявність нелінійності призводить до неоднозначних рішень, а значить, можливі випадки одночасного існування різних форм вихідного сигналу, що визначаються комутаційною функцією. Основним режимом роботи замкнутих систем перетворення електричної енергії є режим роботи з тактовою частотою коливань ШІМ (одно цикловою). Однак, динаміка таких систем набагато різноманітніша, так як мають місце субгармонійні режими з частотами коливань, кратними частоті ШІМ, можливі так само режими квазіперіодичні, і, нарешті, явно хаотичні.

У першому розділі дипломної роботи “Огляд існуючих DC/DC перетворювачів” проведено: аналіз нелінійної динаміки імпульсних перетворювачів на основі біфуркаційного аналізу; огляд типових схем імпульсних перетворювачів постійної напруги, контролерів точки максимальної потужності та алгоритмів пошуку точки максимальної потужності.

У другому розділі “Об’єкт і методи дослідження” проведено аналіз біфуркаційних і хаотичних явищ в нелінійних імпульсних системах та нелінійність рівнянь динаміки імпульсно-модуляційних систем

У третьому розділі “Моделювання підвищувального перетворювача напруги” проведено: проектування математичної моделі ППН зі зворотним зв’язком по струму; побудовано біфуркаційні діаграми; біфуркаційний аналіз динаміки підвищувального перетворювача напруги; імітаційне моделювання відстеження точки максимальної потужності

У четвертому розділі “Експериментальні дослідження” проведено експериментальні дослідження значення точності знаходження точки максимальної потужності при роботі неадаптивного алгоритму збурення і спостереження, який задовольняє теоретичним і експериментальним даними (95-96%).

Для збільшення точності (до 99%) екстремального регулювання потужності найбільш прийнятний алгоритм зміни кроку регульованого параметра (струм, напруга, потужність СП або шпаруватість ключа) при визначенні максимуму потужності.

У п’ятому розділі “Спеціальна частина” розглянуто питання використання середовища MATLAB для математичного моделювання.

У шостому розділі розглянуто питання економічної доцільності проведення науково-дослідної роботи.

У сьомому розділі дипломної роботи “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях” проаналізовано вимоги з охорони праці і техніки безпеки при використанні електронно-обчислювальних машин.

Розглянуто вимоги види радіоактивного впливу на персонал. Заходи захисту в умовах ранньої фази радіаційної аварії. Небезпеки впливу іонізації атмосфери та

радіозавод на стан радіоелектронної апаратури зв'язку, радіомовлення і телебачення та заходи захисту

У восьмому розділі дипломної роботи “Екологія” проведено аналіз електромагнітне забруднення довкілля його вплив на людину. Шляхи його зменшення. Радіоекологія, як розділ екології, що вивчає концентрацію і міграцію радіоактивних нуклідів в біосфері і вплив іонізуючих випромінювань на організми, їх популяції і угруповань – біоценози.

У загальних висновках щодо дипломної роботи описано отримані в процесі виконання дипломної роботи магістра результати, що відображають сучасний стан досліджень в області математичного моделювання напівпровідникових перетворювачів напруги.

ВИСНОВКИ

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

- зпроектовано математичну модель ППН зі зворотним зв'язком по струму;
- проведено біфуркаційний аналіз динаміки підвищувального перетворювача напруги;
- проведено імітаційне моделювання відстеження точки максимальної потужності.

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. Розроблений алгоритм пошуку точки максимальної потужності дозволить більш ефективно контролювати управління напівпровідниковим перетворювачем для геліосистем.

АНОТАЦІЯ

Клюк В.А. Розробка та дослідження DC/DC перетворювача для систем геліоенергетики.

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 явищ біфуркації. Аналіз методу пошуку точки максимальної потужності. Досліджено біфуркаційні і хаотичні явища в нелінійних імпульсних системах. Доведено необхідність використання нелінійності рівнянь динаміки імпульсно-модуляційних систем. Розроблено математичну модель підвищувального перетворювача напруги зі зворотним зв'язком по струму. Проведено біфуркаційний аналіз динаміки підвищувального перетворювача напруги. Проведено імітаційне моделювання ППН. Проведено експериментальні дослідження ППН.

Предметом даної дипломної роботи є імпульсні напівпровідникові перетворювачі напруги.

Ключові слова: бурифікація, динаміка, імпульсно-модуляційна система, нелінійна імпульсна система, точка максимальної потужності

ANNOTATION

Kliuk V.A. Design and research of DC / DC converter for solar systems.

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

In master's thesis the analysis and research of bifurcation phenomena were carried out. Analysis of the method of finding the maximum power point, Bifurcation and chaotic phenomena in nonlinear impulse systems are investigated. The necessity of using nonlinearity of equations of dynamics of impulse-modulation systems is proved. A mathematical model a voltage converter was developed with feedback of current. The bifurcation analysis of the dynamics of the voltage converter was carried out. A simulation of the voltage boost converter was performed. Experimental studies of the voltage boost converter were performed.

The subject of this thesis is pulsed semiconductor voltage converters.

Keywords: drilling, dynamics, impulse-modulation system, nonlinear impulse system, point of maximum power