

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА СВІТЛОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

ТРОФІМОВ ВІТАЛІЙ ОЛЕГОВИЧ

УДК 621.38.002

**ОДНОКАСКАДНІ ЕЛЕКТРОННІ БАЛАСТИ
З КОРЕКЦІЄЮ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ
ДЛЯ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП**

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Автореферат
дипломної роботи магістра

Тернопіль
2018

Роботу виконано на кафедрі світлотехніки та електротехніки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри світлотехніки та електротехніки
Лупенко Анатолій Миколайович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту
Тарасенко Микола Григорович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 20 лютого 2018 р. о 9^{.00} годині на засіданні екзаменаційної комісії №39 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46006, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46а, навчальний корпус №7, ауд. 504.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність вибраного напрямку досліджень. Перетворення електричної енергії у енергію світлового випромінювання здійснюється джерелами світла, до найефективніших з яких на сьогодні поряд із світлодіодними джерелами світла належать розрядні джерела світла – типовим представником яких є люмінесцентні лампи (ЛЛ), які мають високу світлову віддачу, тривалий термін служби, добру кольоропередачу. Однак безпосереднє живлення ЛЛ від промислової мережі є неможливим через особливості їх фізичних процесів, зумовлених, у першу чергу, дуговим розрядом, який є основою їх робочого режиму роботи і характеризується від'ємним диференціальним опором, статичною і динамічною нелінійностями та інерційністю. Тому вони потребують специфічних технічних засобів, які забезпечують їх живлення та функціонування у всіх режимах роботи – підігрівання, запалювання, номінальному. Традиційно впродовж майже 80-річного використання ЛЛ для цього застосовували електромагнітні пускорегулювальні апарати (ПРА), основою яких є струмостабілізуючий дросель. Вони мають низьку енергоефективність, значні масогабаритні показники та потребують гостродефіцитних матеріалів.

Досягнення сучасної силової та інформаційної електроніки створили умови для переходу від традиційних електромагнітних ПРА до якісно нових пускорегулювальних апаратів, які отримали назву електронні пускорегулювальні апарати (ЕПРА) або, електронні баласты (ЕБ), причому у зарубіжній літературі остання назва є домінуючою, тому в подальшому ця назва, як компактніша, буде використовуватися в даній роботі. Такі ЕБ забезпечують високочастотне живлення (30-200 кГц) ЛЛ та виконують функції силових інтерфейсів мережі живлення та розрядного джерела світла. У порівнянні із електромагнітними апаратами вони мають значні переваги, основні з яких – це забезпечення високої якості споживання електроенергії, підвищення коефіцієнта корисної дії, додаткове енергозбереження до 70% за рахунок регулювання потужності джерел світла, висока комфортність світлового середовища, збільшення терміну служби джерел світла, кращі масогабаритні показники і ін.

Однак висока вартість таких ЕБ є однією з перепон на шляху їх широкого застосування. Звідси постає задача створення таких ЕБ, які, поєднуючи високий рівень енергоефективності, електромагнітної сумісності та регламентовані режими роботи джерел світла, мали б менші вартісні показники, ніж відомі структури. Цього цього можна досягнути шляхом об'єднання вихідного каскаду ЕБ та каскаду коректора коефіцієнта потужності в однокаскадну структуру.

Принципова можливість такого об'єднання, обумовлена приблизно однаковими їх робочими частотами, а отже можливістю спільного використання активних ключів (транзисторів) для виконання функцій обох каскадів в одному каскаді.

Тому питання створення високоефективних енерго- і ресурсощадних недорогих ОЕБ, неоднозначність його вирішення привертають значну увагу дослідників, спрямовану на подолання або послаблення цих проблем шляхом пошуку компромісних рішень, що задовольняють вимоги стандартів на

електроспоживання і на освітлювальні пристрої, з одного боку та мають низьку вартість, малі вагу і габарити, з іншого.

Таким чином, створення енергоефективних та ресурсощадних електронних пускорегулювальних апаратів з високочастотним живленням таких розрядних джерел світла як люмінесцентні лампи є **актуальною задачею**.

Мета і методи дослідження. Метою дослідження є розгляд та аналіз високочастотних однокаскадних електронних баластів, які забезпечують високу якість споживання електричної енергії промислової мережі та регламентовані режими роботи люмінесцентних ламп. У роботі використовувались аналітичні та чисельні методи дослідження електричних кіл, спектрального аналізу, методи комп'ютерного моделювання електричних кіл із нелінійними елементами.

Об'єкт дослідження: процеси перетворення параметрів електричної енергії в колах живлення та регулювання люмінесцентних ламп.

Предмет дослідження: однокаскадні структури енергоефективних електронних баластів для високочастотного живлення люмінесцентних ламп із високим рівнем електромагнітної сумісності.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Розглянуто аналітичний опис зв'язків між характеристиками та параметрами резонансного інвертора напруги електронного баласта та активного коректора коефіцієнта потужності, що спрощує структуру ЕБ та зменшує його вартісні показники.

2. Розглянуто структуру однокаскадних електронних баластів, у яких коректор коефіцієнта потужності та резонансний інвертор напруги працюють синхронно, що дало змогу побудувати однокаскадні структури ЕБ, які підтримують режими роботи ЛЛ за умови забезпечення показників електромагнітної сумісності.

3. Розглянуто математичну модель вихідного каскаду електронних баластів шляхом врахування нелінійності розрядних джерел світла.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що поєднання у однокаскадній структурі синхронно працюючих коректора коефіцієнта потужності та резонансного інвертора напруги дає змогу зменшити обсяг електронних компонентів ЕПРА, знизити вартісні показники при одночасному забезпеченні її електромагнітної сумісності. Розроблені імітаційні моделі ЕПРА в системі схемотехнічного моделювання MicroCap-9, дають можливість підняти якість та зменшити терміни проектування таких ЕПРА.

Апробація. Окремі результати роботи публікувалися у збірнику тез VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 2017 р.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 105 арк. формату А4, графічна частина – 14 аркушів формату А4.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розглянуто актуальність вибраного напрямку досліджень, мету та методи дослідження, об'єкт та предмет дослідження, новизну та практичну цінність результатів дослідження.

В аналітичній частині проведено аналіз особливостей ЕБ для розрядних джерел світла, їх класифікація та особливості схемних рішень та сформульовано науково-прикладні задачі дослідження.

У науково-дослідній частині виконано дослідження вихідного каскаду ЕБ, встановлено аналітичні співвідношення між параметрами його схеми та люмінесцентної лампи.

У технологічній частині проведено експериментальні та теоретичні дослідження характеристик люмінесцентних ламп на основі яких розроблено математичну та імітаційну модель люмінесцентної лампи.

У проектно-конструкторській частині досліджено однокаскадний електронний баласт із знижувальним коректором форми споживаного струму, встановлено аналітичні співвідношення, які дають змогу проектувати такий ЕБ. Проведено його імітаційне моделювання та експериментальне дослідження.

У спеціальній частині виконано аналіз досліджено однокаскадний електронний баласт із знижувально-підвищувальним коректором форми споживаного струму, проведено його імітаційне моделювання.

У частині «Обґрунтування економічної ефективності» проведено розрахунки техніко-економічної ефективності прийнятих рішень із впровадження описаної розробки.

У частині «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто питання впливу умов освітленості на зорову функцію людини, проаналізовано негативні виробничі фактори, що знижують продуктивність праці та здійснено аналіз питань актуальності електробезпеки та електротравматизму.

У частині «Екологія» здійснено аналіз екологічності сучасних джерел освітлення та описано тенденції розвитку сучасних джерел освітлення.

У загальних висновках щодо дипломної роботи описано результати роботи по розробці та моделюванню однокаскадної структури ЕПРА, підтверджено їх експериментальними даними та сформульовано переваги застосування роботи.

У графічній частині приведено схеми одно-, дво- та трикаскадної структури ЕПРА, узагальненої схеми однокаскадної структури ЕПРА, його математична модель та схеми імітаційних моделей, а також графіки результатів моделювання та обчислень, отриманих у результаті моделювання.

ВИСНОВКИ

1. Прийняті в дипломній роботі наукові та інженерні рішення дали змогу удосконалити структуру ЕБ, зокрема коректор коефіцієнта потужності на основі знижувального перетворювача постійної напруги забезпечив значення коефіцієнту потужності 0,96, а на основі знижувально-підвищувального перетворювача - 0.98.

2. Поєднання в однокаскадній структурі ЕПРА синхронно працюючих на високій частоті коректора коефіцієнта потужності та резонансного інвертора

напруги дало змогу зменшити обсяг електронних компонентів, знизити вартісні показники ЕПРА при однокаскадному забезпеченні вимог електромагнітної сумісності.

3. Застосування системи схемотехнічного моделювання дає змогу дослідити імітаційну модель ЕПРА та отримати графіки основних залежностей напруг, струмів та спектру струму мережі, на базі яких проведено обчислення коефіцієнту гармонік та коефіцієнту потужності.

4. Результати виконаного дослідження дослідження можуть бути впровадженні у навчальний процес підготовки фахівців за спеціальністю 141-Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ

1. В.О. Трофімов. Однокаскадні електронні баласты з корекцією коефіцієнта потужності для люмінесцентних ламп. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – Том III. – С. 126.

АНОТАЦІЯ

Трофімов В.І. Однокаскадні електронні баласты з корекцією коефіцієнта потужності для люмінесцентних ламп.

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2018.

У дипломній роботі виконано аналіз, розробку та моделювання однокаскадних структури ЕПРА із корекцією коефіцієнта потужності для люмінесцентних ламп, які забезпечують коефіцієнт потужності близький до 1, покращують якість електроенергії в мережі та підвищують термін служби люмінесцентних ламп.

Ключові слова: ВИСОКОЧАСТОТНІ ЕПРА, ЛЮМІНЕСЦЕНТНА ЛАМПА, ОДНОКАСКАДНА СТРУКТУРА, РЕЗОНАНСНИЙ ІНВЕРТОР, КОРЕКТОР КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ.

ANNOTATION

Trofimov V. Single-stage electronic ballasts with power factor correction for fluorescent lamps.

141 «Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics». – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University. – Ternopil, 2018.

The analysis, development and simulation of single-stage electronic ballasts for fluorescent lamps with power factor correction were considered. Such electronic ballasts provide power factor close to 1, improve the quality of electrical grid and increase the lifetime of fluorescent lamps.

Key words: HIGH FREQUENCY ELECTRONIC BALLAST, FLUORESCENT LAMP, SINGLE-STAGE STRUCTURE, RESONANT INVERTER, POWER FACTOR CORRECTOR.