

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

**МОКРИЦЬКИЙ МИКОЛА БОГДАНОВИЧ**

УДК 621.38.002

**ЗНИЖУВАЛЬНІ КОРЕКТОРИ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ  
В ЕЛЕКТРОННИХ БАЛАСТАХ ЛЮМІНЕСЦЕТНИХ ЛАМП**

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**Автореферат**  
дипломної роботи магістра

Тернопіль  
2018

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

**Керівник роботи:** доктор технічних наук, професор, професор кафедри електричної інженерії  
**Лупенко Анатолій Миколайович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій  
**Золотий Роман Захарійович**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 грудня 2018 р. о 9<sup>00</sup> 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.

Люмінесцентні лампи, завдяки підвищеній енергоефективності і своїй властивості створювати розсіяне світло знайшли масове використання для внутрішнього освітлення в промислових, громадських і комерційних спорудах. Однак, якість освітлення і тривалість строку служби люмінесцентної лампи залежать від пристрою, що забезпечує її запалювання і підтримування робочого режиму. Традиційно електроживлення ламп проводиться струмом мережі з частотою 50 Гц від електромагнітних пускорегулюючих апаратів, в яких високу напругу для запалювання отримують від дроселя після розмикання біметалевого ключа, який забезпечує протікання через себе струму підігріву електродів при замкнутому стані контактів.

Електронні пускорегулюючі апарати для люмінесцентних ламп мають суттєві переваги перед традиційними електромагнітними пускорегулюючими апаратами (ПРА). Основною відмінністю між електромагнітними ПРА і електронними ПРА є їх робочі частоти: електромагнітні ПРА працюють, як правило, на частоті 50 Гц, в той час як електронні ПРА – на частотах в діапазоні від 20 до 70 кГц і вище. Завдяки значно вищій робочій частоті електронні ПРА мають значно меншу вагу, габарити, відсутність мигань, відсутність акустичних шумів. Суттєвими їх перевагами є високий коефіцієнт потужності „комплекту електронний баласт-люмінесцентна лампа”, малий коефіцієнт гармонік. Робота на високій частоті збільшує світлову віддачу люмінесцентних ламп (ЛЛ), усуває стробоскопічний ефект світлового потоку лампи, підвищує її термін служби, покращує умови запалювання.

Основна функція електронного баласту полягає у забезпеченні стабільної роботи ЛЛ, оскільки вона має від'ємний диференціальний опір в робочих ділянках вольт-амперної характеристики. Електронні ПРА (ЕПРА) мають вищий коефіцієнт корисної дії і великий термін служби.

Інша важлива функція сучасних ЕПРА – це забезпечення високої якості споживаної електроенергії, що обумовлюється відповідними стандартами МЕК. Так стандарт Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) ІЕС-1000-3-2 стосовно класу С, до якого відносяться світлотехнічні пристрої з потужністю до 100 Вт встановлює коефіцієнт потужності 0,9, а коефіцієнт спотворень струму, споживаного від мережі, повинен бути меншим 32%.

Важливим показником електромагнітної сумісності ЕБ з мережею є коефіцієнт потужності, який визначається як відношення активної потужності в ЕБ до повної потужності, яку повинно забезпечити джерело електроенергії для нормального функціонування ЕБ. Тому в ЕБ для забезпечення високого коефіцієнта потужності використовують коректори коефіцієнта потужності.

Традиційно коректори коефіцієнта потужності в ЕБ виконують на базі підвищувального перетворювача постійної напруги, який має вихідну напругу більшу за вхідну, а це потребує використання високовольтних транзисторів, які мають високий опір каналу у відкритому стані, що погіршує коефіцієнт корисної дії ЕБ та вимагає використання компонентів, які витримують підвищені напруги. Поряд

з цим, застосування знижувальних перетворювачів як коректорів КП невиправдано відійшло на задній план.

Перевагами знижувальних перетворювачів постійної напруги над підвищувальними та знижувально-підвищувальними перетворювачами, які широко використовують у високочастотних ЕБ, є можливість використання транзисторів з дещо нижчою максимальною напругою, а також те, що перенапруги в аварійних режимах ЕБ стають обмеженими в силу властивостей знижувального перетворювача, а отже, технічна реалізація ЕБ з таким перетворювачем буде простішою, а сам ЕБ стає надійнішим.

Таким чином, незважаючи на значні здобутки у створенні ЕБ з коректорами коефіцієнта потужності, має місце низка нерозв'язаних задач, які потребують свого вирішення. Однією із таких задач є розробка таких ЕБ, які б мали високий коефіцієнт потужності, коефіцієнт корисної дії, забезпечували умови нормальної роботи люмінесцентних ламп при прийнятних масогабаритних показниках та невисокій вартості.

Тому тематика даної дипломної роботи, в якій виконано спробу дослідження високочастотних електронних баластів із активним коректором коефіцієнта потужності на базі знижувального перетворювача постійної напруги, який об'єднано в однокаскадній структурі із інвертором вихідного каскаду, є актуальною задачею.

**Мета роботи:** дослідження схем електронних баластів із корекцією коефіцієнта потужності на базі знижувального перетворювача постійної напруги.

**Об'єкт дослідження:** процеси перетворення параметрів електричної енергії в колах високочастотного живлення та керування розрядними джерелами світла.

**Предмет дослідження:** методи побудови, структура та імітаційне моделювання високочастотного електронного баласта з коректором коефіцієнта потужності для люмінесцентних ламп.

**Методи дослідження:** аналітичні та чисельні методи аналізу електричних кіл, спектрального аналізу, імітаційне моделювання пристроїв силової електроніки.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- Отримано аналітичні співвідношення між параметрами резонансного інвертора напруги високочастотного ЕБ та напругою і струмом люмінесцентної лампи, як його навантаження;
- Проаналізовано електричні режими високочастотного коректора коефіцієнта потужності, виконаного на базі знижувального перетворювача постійної напруги, що дало змогу проводити вибір компонентів схеми такого коректора;
- Виконано імітаційне моделювання однокаскадної структури ЕБ з коректором коефіцієнта потужності, результати якого показують, що такий ЕБ забезпечує вимоги стандарту МЕК ІЕС 1000-3-2 щодо коефіцієнта потужності;
- Розглянуто питання застосування інформаційних технологій при проектуванні ЕБ, охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях та екології.

**Практичне значення отриманих результатів.** Проаналізована та змодельована структура однокаскадних ЕБ з корекцією коефіцієнта потужності, виконаного на базі знижувального перетворювача постійної напруги забезпечує коефіцієнт потужності близький до 1 при зменшенні його вартісних показників у порівнянні із традиційними ЕБ. Впровадження такого ЕБ дасть змогу підвищити якість

споживаної електроенергії та збільшити термін служби комплексу ЕБ — люмінесцентна лампа.

**Апробація.** Окремі результати роботи публікувалися у збірнику тез VII 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 – 109 арк. формату А4, графічна частина – 16 слайдів.

## 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.

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

У **науково-дослідній частині** розглянуто математичну модель вихідного каскаду ЕБ, встановлено аналітичні співвідношення між параметрами його схеми та люмінесцентної лампи.

У **технологічній частині** проведено аналіз перетворювачів постійної напруги (знижувального, підвищувального та знижувально-підвищувального) в режимі неперервних струмів з метою реалізації функції корекції коефіцієнта потужності в ЕБ.

У **спеціальній частині** проведено аналіз перетворювачів постійної напруги (знижувального, підвищувального та знижувально-підвищувального) в режимі переривчастих струмів з метою вибору режиму їх роботи в коректорі коефіцієнта потужності для ЕБ.

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 **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 ЕБ, підтверджено їх експериментальними даними та сформульовано переваги застосування роботи.

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

## ВИСНОВКИ

1. Розглянуто питання електромагнітної сумісності електронних баластів (ЕБ) з мережею живлення. Показано, що реактивна потужність та потужність нелінійних спотворень входять до складу повної потужності ЕБ і відіграють негативну роль в мережі живлення. Одним із найважливіших показників якості споживання електроенергії є коефіцієнт потужності. Для забезпечення його значення, близького до одиниці, використовують коректори коефіцієнта потужності. В огляді літературних джерел стосовно корекції коефіцієнта потужності наведено основні схеми коректорів.

2. Розглянуто особливості побудови ЕБ з коректорами коефіцієнта потужності на базі знижувального перетворювача постійної напруги, який має вихідну напругу меншу за вхідну. Перевагами такого перетворювача над підвищувальним та знижувально-підвищувальним перетворювачами, які широко використовують у високочастотних ЕБ, є те, що перенапруги в аварійних режимах ЕБ стають обмеженими в силу властивостей знижувального перетворювача, а отже, технічна реалізація ЕБ з таким перетворювачем буде простішою, а сам ЕБ стає надійнішим.

3. На основі такого знижувального перетворювача реалізовано однокаскадний ЕБ, в якому коректор коефіцієнта потужності та інвертор високочастотного живлення люмінесцентної лампи об'єднані в один каскад, використовуючи спільний транзистор та драйвер цього транзистора.

4. Виконане імітаційне моделювання дало змогу дослідити схему ЕБ та отримати часові залежності напруги та струму мережі, на базі яких проведено верифікацію ЕБ. Отримано значення коефіцієнту потужності, що дорівнює 0.98.

5. Розрахунки економічної ефективності показують доцільність впровадження технічних рішень у виробництво

## ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ

1. М. Б. Мокрицький. Знижувальні коректори коефіцієнта потужності в електронних баластах люмінесцентних ламп

Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей VII міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 28–29 листоп. 2018.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – Том III. – С. 85.

## АНОТАЦІЯ

М. Б. Мокрицький. ЗНИЖУВАЛЬНІ КОРЕКТОРИ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРОННИХ БАЛАСТАХ 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 структур електронних баластів 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:** КОРЕКТОР КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ, ЕЛЕКТРОННИЙ БАЛАСТ, ЛЮМІНЕСЦЕНТНА ЛАМПА, РЕЗОНАНСНИЙ ІНВЕРТОР.

## ANNOTATION

M. B. Mokrytskij BUCK POWER FACTOR CORRECTORS IN ELECTRONIC BALLASTS OF 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:** POWER FACTOR CORRECTOR, ELECTRONIC BALLAST, FLUORESCENT LAMP, RESONANT INVERTER.