

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

**Щур Володимир Юрійович**

*УДК 314.628*

**Оптимізація процесу проектування пуско-регулюючих пристроїв  
ламп денного світла**

8.05090103 – Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2017

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

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук,  
в.о. завідувача кафедри радіотехнічних систем  
**Дунець Василь Любомирович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри біотехнічних систем  
**Дедів Леонід Євгенович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 26 лютого 2017 р. о 10<sup>00</sup> 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, ауд. 9-612.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Багато десятків років на роботі і в побуті людей супроводжують люмінесцентні освітлювальні лампи (лампи денного світла), які в порівнянні із класичними лампами розжарювання мають більш високий коефіцієнт корисної дії світловипромінювання, підвищений термін роботи, наближений до природного спектральний склад світла.

Для забезпечення значного терміну роботи таких ламп з метою їх запуску та підтримання стабільного режиму світіння в їхній конструкції застосовуються виключно електронні пуско-регулюючі пристрої (ПРП), що являють собою по суті імпульсні перетворювачі постійного струму, які працюють в імпульсному режимі із частотами перетворення, що перевищують 50 кГц. Однак актуальною технічною задачею є розроблення методів оптимального проектування електронних ПРП з мінімальними затратами часу та забезпеченням максимальної якості кінцевого продукту.

Для розрахунків режимів роботи вузлів електронних пуско-регулюючих пристроїв (ЕПРП) використовуються автоматизовані програмні продукти, що працюють на основі методів Штрауха та диференціальної апроксимації електричних параметрів розрядних ламп. Однак на результат проектування впливають додаткові фактори, які повинні бути обов'язково враховані на етапі схемо-технічного проектування ПРП. Зокрема, це врахування рівня випромінюваних електромагнітних завад, ефективного використання електроенергії та зовнішніх шумів.

Актуальною задачею є обґрунтування методу оптимізації процесу проектування пуско-регулюючих пристроїв ламп денного світла з врахуванням згаданих вище додаткових факторів, що впливають на якість кінцевого продукту.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження* є обґрунтування методів оптимізації процесу проектування пуско-регулюючих пристроїв ламп денного світла. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналітичний огляд літературних джерел за тематикою дослідження;
2. Провести аналіз стану проблеми проектування пуско-регулюючих пристроїв лампам денного світла та методів розрахунку режимів роботи схем ПРП;
3. Проаналізувати фактори, що впливають на процес проектування ЕПРП, а саме рівень випромінюваних електромагнітних завад, ефективне використання електроенергії та зовнішні шуми;
4. Провести аналіз автоматизованих засобів проектування ЕПРП, що використовуються сьогодні;
6. Обґрунтувати спосіб оптимізації процесу проектування електронних пуско-регулюючих пристроїв.

*Об'єкт дослідження:* процес оптимізації процесу проектування пуско-регулюючих пристроїв ламп денного світла.

*Предмет дослідження:* метод оптимізації процесу проектування пуско-регулюючих пристроїв.

*Методи дослідження* побудовано на основі статистичної теорії прийняття

рішення та чисельних методів.

Наукова новизна отриманих результатів. Обґрунтовано спосіб оптимізації процесу проектування електронних пуско-регулюючих пристроїв ламп денного світла з використанням додаткових факторів, що впливають на якість кінцевого продукту, а саме рівень випромінюваних електро-магнітних завад, ефективного використання електроенергії та зовнішні шуми.

Апробація результатів дисертації. Викладені в роботі результати доповідалися і обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016.)

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 145 сторінках, списку використаних джерел з 22 назв на 2 сторінках, додатків на 1 сторінці. Загальний обсяг роботи становить 149 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** шляхом аналізу та порівняння відомих способів реалізації систем передачі даних по радіоканалу сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

У **першому розділі** «Аналіз стану проблеми проектування пуско-регулюючих пристроїв лампам денного світла» проведено аналіз стану проблеми проектування пуско-регулюючих пристроїв лампам денного світла.

Проаналізовано принцип роботи ламп денного світла та особливості будови ламп денного світла.

Проведено класифікацію схем пуско-регулюючих пристроїв ламп денного світла та розглянуто класифікацію режимів і розрахункових задач при проектуванні пуско-регулюючих пристроїв. На основі аналізу режимів роботи розрядних ламп та ПРА сформульовано розрахункові завдання при проектуванні пуско-регулюючих пристроїв, а саме розрахунок схем включення в пусковому режимі, розрахунок усталених режимів схем включення з нормально працюючої лампою, розрахунок схем включення з аномально працюючою лампою як в режимі розгоряння, так і в сталому режимі.

Оскільки перше завдання вирішується традиційними електротехнічними методами без урахування специфіки розрядної лампи, друге і третє завдання по суті вирішуються однаковими методами, проте є відмінність в підході до оцінки режимів роботи.

У **другому розділі** «Методи розрахунку режимів роботи схем пуско-регулюючих пристроїв» розглянуто методи розрахунку режимів роботи схем ПРП, а саме загальні відомості про методи розрахунку режимів роботи ПРП.

Розглянуто розрахунок схем ПРП з використанням принципу Штрауха та розрахунок схем ПРП з використанням принципу диференціальної апроксимації електричних параметрів розрядних ламп.

Проаналізовано стабільність роботи розрядних ламп та аналіз аномальних режимів у колах з розрядними лампами. Встановлено, що лампа з різних причин може працювати в так званих аномальних режимах, параметри яких істотно відрізняються від нормального режиму. Наприклад, в ртутних лампах низького тиску при дезактивації одного з катодів істотно зростає напруга перезапалювання розряду в той напівперіод горіння, коли катодом служить дезактивованим електродом. Розглянуто режими роботи лампи, а саме пусковий режим, режим розгоряння лампи високого тиску та аномальний, несиметричний.

**У третьому розділі «Фактори, що впливають на процес проектування пуско-регулюючих пристроїв»** проаналізовано фактори, що впливають на процес проектування ЕПРП, зокрема фактори, що визначають рівні електромагнітних завад та стійкість до їхнього зовнішнього впливу на роботу ПРП, фактори, що ставлять обмеження щодо ефективного використання енергії в ЕПРП, та фактори, що визначають типи шумів, створювані ЕПРП.

Проаналізовано джерела електромагнітних завад в ЕПРП. Встановлено, що завади, які генерують ПРП, характеризують високі рівні 70...120 дБ (в окремих випадках до 140 дБ), широкий частотний спектр (від одиниць...десятків кілогерц до десятків...сотень мегагерц, одиниць...десятків гігагерц). Таким чином, застосування ЕПРП, разом зі зменшенням маси й габаритних розмірів, призводить до генерації завад, що погіршує несприятливу в сучасних умовах насичення радіоелектронними засобами різних сфер діяльності людини, електромагнітну обстановку – сукупність електромагнітних явищ, наявних в даному місці. У зв'язку з цим дослідження джерел і шляхів поширення електромагнітних завад, які генерують ЕПРП, з метою розроблення ефективних засобів зниження їх рівнів до встановлених відповідними нормувальними документами, стають не менш важливими, а в деяких випадках головними у проектуванні електронної апаратури різного призначення. Дуже важливо, щоб заходи та засоби забезпечення електромагнітної сумісності були впроваджені саме на етапі проектування апаратури.

Розглянуто методи ефективного використання електроенергії в ЕПРП, зокрема застосування коректора коефіцієнта потужності, який призначений для забезпечення високих вимог щодо якості напруги електромережі щодо створюваних електромагнітних завад.

Проаналізовано типи шумів ПРП. Встановлено, що їх можна умовно розділити на низькочастотний і високочастотний. Низькочастотний шум в діапазоні частоти від 50 до 700 Гц створюється корпусом світильника і спричинений вібрацією і магнітними полями розсіювання ПРП. Пуско-регулюючий пристрій має малі розміри в порівнянні із довжиною звукових хвиль в цьому частотному діапазоні і практично не випромінює шуму. Боротьба з низькочастотним шумом здійснюється шляхом зменшення вібрацій, що передаються від ПРП до світильника. Високочастотний шум світильників обумовлений шумом ПРП. Пуско-регулюючий пристрій залежно від конструкції може випромінювати значні шуми в області частот від 0,5 до 10 кГц. Корпус світильника, як правило, впливає на високочастотний шум ПРП незначно.

Для оптимізації процесу проектування пуско-регулюючих пристроїв пропонується проводити проектування з використанням автоматизованої системи,

яка мала б можливість використовувати як методи розрахунку режимів роботи ламп денного світла так і факторів, що впливає на якість кінцевого продукту.

У четвертому розділі «Спосіб оптимізації процесу проектування електронних пуско-регулюючих пристроїв» проаналізовано автоматизовані засоби проектування ЕППП, зокрема Design Ballast. Встановлено недоліки існуючого сьогодні автоматизованого програмного забезпечення по проектуванню ЕППП. Обґрунтовано метод оптимізації процесу проектування ППП з використанням системного підходу.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано програму MATLAB як програмне середовище для проведення експериментальних досліджень.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 56299,19 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» сформульовано рекомендації по плануванню заходів з охорони праці, види планування та контролю стану охорони праці, виявлення, оцінка та зменшення ризиків небезпечних подій. У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій та долікарська допомога при шоку

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, основні джерела забруднення довкілля, що виникають у результаті виготовлення пуско-регулюючих пристроїв, та заходи щодо зменшення забруднення довкілля

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розв'язано актуальну задачу оптимізації процесу проектування пуско-регулюючих пристроїв ламп денного світла.

При цьому отримано такі результати:

1. Проведено аналітичний огляд літературних джерел за тематикою дослідження та сформульовано актуальність проведеного дослідження;

2. Проаналізовано принцип роботи ламп денного світла та особливості їх роботи. Проведено класифікацію схем пуско-регулюючих пристроїв ламп денного світла та розглянуто класифікацію режимів і розрахункових задач при проектуванні пуско-регулюючих пристроїв. На основі аналізу режимів роботи розрядних ламп та ПРА сформульовано розрахункові завдання при проектуванні пуско-регулюючих пристроїв, а саме розрахунок схем включення в пусковому режимі, розрахунок усталених режимів схем включення з нормально працюючою лампою, розрахунок схем включення з аномально працюючою лампою як в режимі розгоряння, так і в сталому режимі. Розглянуто розрахунок схем ППП з використанням принципу

Штрауха та розрахунок схем ПРП з використанням принципу диференціальної апроксимації електричних параметрів розрядних ламп.

3. Проаналізовано стабільність роботи розрядних лампах та аналіз аномальних режимів у колах з розрядними лампами. Встановлено, що лампа з різних причин може працювати в так званих аномальних режимах, параметри яких істотно відрізняються від нормального режиму.

4. Проаналізовано фактори, що впливають на процес проектування ЕПРП, зокрема фактори, що визначають рівні електромагнітних завад та стійкість до їхнього зовнішнього впливу на роботу ПРП, фактори, що ставлять обмеження щодо ефективного використання енергії в ЕПРП, та фактори, що визначають типи шумів, створювані ЕПРП. Для оптимізації процесу проектування пуско-регулюючих пристроїв пропонується проводити проектування з використанням автоматизованої системи, яка мала б можливість використовувати як методи розрахунку режимів роботи ламп денного світла так і факторів, що впливає на якість кінцевого продукту.

4. Проаналізовано автоматизовані засоби проектування ЕПРП, зокрема Design Ballast. Встановлено недоліки існуючого сьогодні автоматизованого програмного забезпечення по проектуванню ЕПРП. При цьому аналіз програмних продуктів показав, що при проектуванні використовуються лише методи розрахунку та оцінювання значень струмів та напруг в режимі включення та роботи ламп денного світла. В окремих випадках можливим є автоматизоване проектування коректорів коефіцієнта потужності ПРП. Однак обмеженою є елементна база, що використовується для реалізації як драйвера керування ПРП так і коректора коефіцієнта потужності. Крім того не враховується при проектуванні забезпечення електромагнітної сумісності та способи екранування. Також не враховується оцінювання теплових режимів роботи силових елементів схеми та оптимальне їх компонування на друкованій платі при конструюванні друкованого вузла.

5. Обґрунтовано спосіб оптимізації процесу проектування електронних пуско-регулюючих пристроїв ламп денного світла, що полягає у врахуванні при проектуванні на окремих його етапах усіх перерахованих вище факторів.

## **ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ**

1. Щур В.Ю. Покращення електромагнітної сумісності пуско-регулюючих пристроїв ламп денного світла / В.Ю.Щур, Л.Є.Дедів // 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. – 30.

## АНОТАЦІЯ

Щур В.Ю. Оптимізація процесу проектування пуско-регулюючих пристроїв ламп денного світла. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 8.05090103 – Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси, Тернопільський національний технічний університети імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2017.

Дипломну роботу магістра присвячено питанням оптимізації процесу проектування пуско-регулюючих пристроїв ламп денного світла. Проаналізовано принципи роботи ламп денного світла та способи реалізації електронних пуско-регулюючих пристроїв. Проаналізовано методи розрахунку режимів роботи ламп денного світла та фактори, що впливають на процес проектування електронних пуско-регулюючих пристроїв. Проаналізовано програмні засоби автоматизованого проектування пуско-регулюючих пристроїв та запропоновано метод їх оптимізації.

Ключові слова: пуско-регулюючий пристрій, проектування, оптимізація.

## SUMMARY

Shchur V. Optimizing the process of fluorescent devices start-regulating devices design. - Manuscript.

Master's thesis, specializing 8.05090103 – Radioelectronic devices, systems and complexes, Ivan Pul'uj Ternopil State Technical University, Ternopil, 2017.

Master's thesis is devoted to questions of process of fluorescent devices start-regulating devices design optimization. The principles of fluorescent lamps work and ways electronic starting-regulating devices implementing was analyzed. The methods of calculation of modes of fluorescent electronic starting-regulating devices and factors influencing the process of designing electronic starting-regulating devices was analyzed. The methods of electronic starting-regulating software devices design was analysis and method of them optimization was grounded.

Keywords: start-regulating device, design, optimization.