

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

Бондарець Олександр Васильович

УДК 621.3

Кінетика післясвічення світлодіодів

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль2019

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

Керівник роботи: доктор технічних наук, професор кафедри електричної інженерії
Андрійчук Володимир Андрійович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики
Федак Сергій Ігнатович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 23 грудня 2019 р. о 9⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №39 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус №7, ауд. 310

Актуальність теми. Світлодіодне освітлення – один з найперспективніших напрямів технологій штучного освітлення, який базується на використанні світлодіодів як джерела світла. Застосування напівпровідникових джерел світла та світлових приладів на їх основі дозволяє суттєво знижувати рівень споживання електроенергії на освітлення. Завдяки високій світловіддачі, великому терміну служби, відсутності пульсацій, екологічності світлодіодні прилади на даний час займають найбільший сегмент на ринку джерел світла. Одним із способів зміни світлового потоку світлодіода є живлення його за допомогою імпульсів. В зв'язку з тим актуальним є дослідження їх кінетики післясвічення. Залишкове свічення при імпульсному живленні обмежує частотний діапазон, тому вивчення кінетики затухання світлового потоку дозволить визначити максимальну частоту та тривалість імпульсів напруги живлення.

Мета роботи: на основі аналізу післясвічення світлодіодів різного спектрального складу випромінювання визначити максимальну частоту та коефіцієнт заповнення імпульсної напруги живлення.

Об'єкт дослідження: Процес живлення напівпровідникових джерел світла імпульсами струму високої частоти.

Предмет дослідження: Кінетика післясвічення при імпульсному живленні та визначення максимальної частоти імпульсної напруги.

Методи дослідження: статистичні методи аналізу результатів вимірювань, числові методи інтегрування функцій, методи апроксимації експоненціальним поліномами, методи розрахунку електричних кіл з несинусоїдними напругами.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Для світлодіодів білого, синього та червоного кольорів свічення визначено час затухання світлового потоку при імпульсному збудженні.
2. Визначено максимальну частоту напруги живлення та коефіцієнт заповнення імпульсів при різних значеннях амплітуди напруги, для яких світловий потік світлодіода дорівнює номінальному.
3. Отримано експериментальні дані залежностей параметрів світлодіодної матриці від різних режимів імпульсного живлення та визначено оптимальний режим імпульсного живлення.

Практична цінність результатів дослідження:

1. Розроблена установка для дослідження свічення світлодіодів при імпульсному живленні, що дозволяє проводити вимірювання світлотехнічних і електротехнічних параметрів та кінетики їх затухання при різних режимах імпульсного живлення.
2. Розроблено електричну схему імпульсного живлення світлодіодної матриці на базі мікросхеми LM3445 з гальванічною та без гальванічної розв'язки.
3. Запропоновано блок імпульсного живлення світлодіодного світлового приладу, який містить фільтр електромагнітних перешкод, випрямляч, коректор коефіцієнта потужності та імпульсний стабілізатор струму, до виходу якого підключені світлодіоди.

Апробація.

1. О.В. Бондарець, В.А. Андрійчук, докт. техн. наук, проф. М.С. Наконечний, Я. О. Філюк. Кінетика післясвічення світлодіодів // зб. тез доповідей 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. – С. 11.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 розділів, висновків та переліку посилань. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 125 арк. формату

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** дана характеристика актуальності тематики магістерської роботи, визначено об'єкт та предмет досліджень, сформульовано наукову новизну та практичну цінність роботи, її апробацію.

У **першому розділі** Проведено аналіз сучасного стану розвитку напівпровідникових джерел світла. Визначено характеристики світлодіодів. Охарактеризовано вплив режиму роботи на експлуатаційні характеристики напівпровідникових джерел світла. Проаналізовано методи регулювання світлового потоку напівпровідникових джерел світла.

У **другому розділі** описано методику дослідження кінетики післясвічення світлодіодів. Розглянуто блок-схему експериментальної установки. Представлено спектральний розподіл випромінювання досліджуваних світлодіодних джерел світла, осцилограми імпульсів напруги, струму та фотоструму білого СД. Приведені осцилограми світлового та електричного імпульсів для 560 нм та 450 нм смуг свічення білого світлодіода. На осцилограмі можна виділити дві складові після свічення – швидка з часом затухання 150 нс та повільна з часом 4,3 мкс. З осцилограми видно, що в смузі свічення 450 нм переважає швидка складова затухання, тоді як повільна не перевищує 20%. Для довгохвильової ділянки спектру білого світлодіода співвідношення між складовими затухання свічення складає 50%. Таким чином на основі дослідження кінетики післясвічення світлодіода білого свічення можна стверджувати, що максимальна частота напруги при імпульсному живленні з різною наповненістю імпульсів 400 кГц.

Також приведені осцилограми імпульсу напруги та світлового імпульсу синього та червоного світлодіодів. Криві затухання світлового потоку описуються експоненціальною залежністю з постійним часом затухання 1,4 мкс для синього світлодіода та 2,2 мкс для червоного. Дані часи післясвічення вказують на те, що червоні та сині світлодіоди можна живити імпульсною напругою з максимальною частотою слідування імпульсів 400 кГц з широтно-імпульсною модуляцією ступеня заповнення. В даному розділі представлені результати вимірювання енергетичних характеристик випромінювання СД.

У **третьому розділі** дано опис лабораторної установки для проведення світлотехнічних і електротехнічних вимірів. Знято експериментальні дані залежності світлового потоку від напруги живлення, коефіцієнта заповнення імпульсів при різних значеннях частоти слідування імпульсів і потужності світлодіодної матриці.

Приведено результати апроксимації експериментальних динах методом найменших квадратів.

У четвертому розділі зроблено вибір схеми імпульсного живлення світлодіодних джерел світла. Дано опис пристрою живлення світлодіодної лампи на основі ІМС LM3445. Представлено розрахунок системи імпульсного живлення на основі широтно-імпульсної модуляції сигналу. В даному розділі приведений аналіз контура регулювання струму з врахуванням імпульсного характеру керування. Описана математична модель контура регулювання струму з ШІМ напруги живлення.

У п'ятому розділі розглянуто особливості будови та експлуатації імпульсного блоку живлення для світлодіодних ламп. В даному блоці мережева змінна напруга проходить через фільтр електромагнітних перешкод на випрямляч. Потім випрямлена напруга проходить через ступінь корекції коефіцієнта потужності і живить імпульсний стабілізатор струму, до виходу якого підключені світлодіоди. Дано опис кожного із елементів схеми.

У шостому розділі дано економічне обґрунтування науково-дослідного проекту систем управління освітлювальними установками різного призначення та на основі різних джерел світла.

У сьомому та восьмому розділах розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в електротехнічній галузі, а також збереження екології оточуючого середовища.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз сучасного стану розвитку напівпровідникових джерел світла. Визначено характеристики світлодіодів. Охарактеризовано вплив режиму роботи на експлуатаційні характеристики напівпровідникових джерел світла.

2. Проаналізовано методи регулювання світлового потоку напівпровідникових джерел світла. Аналізом публікацій встановлено, що найбільш енергоефективним є живлення напівпровідникових джерел світла імпульсами прямокутної форми.

3. Наведено основні характеристики імпульсного живлення та їх вплив на світловий потік світлодіодів середньої та високої потужності. Встановлено, що для малопотужних вивідних напівпровідникових джерел світла, які використовуються для створення декоративного світлового ефекту або як інструмент дисплейного та рекламного освітлення, необхідним є проведення досліджень при імпульсних режимах їх живлення.

4. Розроблено методику та змонтовано установку для вимірювання кінетики післясвічення білого червоного та синього світло діодів. Встановлено, що затухання світлового імпульсу описується експоненціальною залежністю і має для білого світло діода дві складові – швидко та повільну. Для смуги 450 нм $\tau_1=0,15$ мкс, а $\tau_2=2,3$ мкс. Для смуги 560 нм $\tau_1=0,15$ мкс, а $\tau_2=2,3$ мкс. Затухання світлового потоку для синього світло діода також описується експонентою і має одну складову з $\tau=1,4$ мкс, а для червоного $\tau=2,2$ мкс.

5. На основі проведених досліджень кінетики після свічення трьох типів світлодіодів – білого, синього та червоного встановлено, що максимальною частотою імпульсної напруги живлення є 400 кГц з різним ступенем заповнення імпульсів.

6. Розроблено методику та змонтовано установку для вимірювання енергетичних характеристик напівпровідникових джерел світла як при постійному, так і імпульсному живленні.

7. На основі осцилограм напруг, струмів та фотострумів, отриманих при частоті слідування імпульсів 100 кГц проведено розрахунок світлової віддачі малопотужних напівпровідникових джерел світла білого, синього, червоного та зеленого кольорів свічення. На основі даного розрахунку встановлено, що залежності світлової віддачі від коефіцієнта заповнення імпульсу мають максимуми в тих випадках, коли амплітуди імпульсів напруги дорівнюють робочим значенням або є більшими. Встановлено параметри імпульсних джерел живлення, при яких світлова віддача є максимальною.

8. Отримано залежності світлових потоків СД від коефіцієнта заповнення імпульсів. Розраховано значення коефіцієнта заповнення імпульсів при різних значеннях напруги імпульсного живлення, для яких світловий потік СД дорівнює номінальному. Встановлено, що зі збільшенням амплітуди імпульсів напруги D зменшується, що дозволяє обрати такий режим живлення з широтно-імпульсною модуляцією, при якому буде максимальна світлова віддача СД.

9. Запропонована електрична схема імпульсного блоку живлення світлодіодної лампи на основі ІМС LM3445, виконаного згідно з схемотехнікою понижаючого перетворювача з гальванічною та без гальванічної ізоляції навантаження.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. О.В. Бондарець, В.А. Андрійчук, докт. техн. наук, проф. М.С. Наконечний, Я. О. Філюк. Кінетика післясвічення світлодіодів // зб. тез доповідей 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. – С. 11.

АНОТАЦІЯ

В дипломній роботі магістра описано методику дослідження кінетики післясвічення світлодіодів. Розглянуто блок-схему експериментальної установки. Представлені результати вимірювань післясвічення світлодіодів різного спектрального складу та світлодіодної матриці на їх основі. На основі отриманих результатів вибрано частоту слідування імпульсів 400 кГц з різною ступінню заповнення періодичного імпульсного сигналу. Проведено дослідження залежності світлового потоку при імпульсному живленні від параметрів ШІМ напруги живлення. Дано техніко-економічне обґрунтування переходу від ламп розжарення та розрядних ламп до систем освітленням з використанням світлодіодних джерел світла.

Ключові слова: світлодіодні джерела світла, світлодіодні світлові прилади, кінетика післясвічення, імпульсне живлення, широтно-імпульсна модуляція.

Abstract

The master's thesis describes the method of studying the kinetics of the afterglow of LEDs. The block diagram of the experimental setup is considered. The results of measurements of the afterglow of LEDs of different spectral composition and the LED matrix on their basis are presented. Based on the obtained results, the pulse repetition rate of 400 kHz with different degree of filling of the periodic pulse signal was selected. The dependence of the light flux at pulsed power on the PWM parameters of the supply voltage is investigated. The feasibility study of the transition from incandescent and discharge lamps to lighting systems using LED light sources is given.

Keywords: LED light sources, LED light devices, afterglow kinetics, pulse power, pulse width modulation.