

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

ФЕРА ВАСИЛЬ ІВАНОВИЧ

УДК 628.93

**СТАБІЛІЗАЦІЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ СВІТЛОДІОДІВ ПРИ
ДОПОМОЗІ ТЕПЛОВИХ ТРУБ**

141 Електроенергетика електротехніка та електромеханіка

Автореферат
дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2019

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

Керівник роботи: кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри електричної інженерії
Закордонець Володимир Савич,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри АВ
Савків Володимир Богданович
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: а м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46а, корпус №7, к. 310.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи В даний час, в якості енергозберігаючих технологій все частіше застосовуються світлодіодні джерела світла. Такі джерела є перспективними при їх використанні як в промислових так і в громадських об'єктах. Це зв'язано з рядом їхніх переваг перед традиційними освітлювальними приладами. Забезпечуючи високу освітленість, вони споживають мало енергії, дозволяють отримати будь-який колір випромінювання, мають великий термін експлуатації. Завдяки відсутності скляної колби світлодіоди мають невеликі розміри, високу механічну міцність та за рахунок низької напруги живлення безпечні в експлуатації. Однак, незважаючи на високий ККД, близько 75% підведеної електричної енергії перетворюється в тепло. З появою потужних освітлювальних приладів на основі світлодіодів (100 Вт і більше) ефективний відвід тепла є важливим фактором їх нормальної роботи. Адже при перегріві знижується світловий потік світлодіодів, погіршуються їх світлові характеристики, зменшується термін роботи. Основним і визначальним параметром при теплових розрахунках режимів роботи світлодіодів є температура р-п-переходу. Вона не повинна перевищувати максимально допустиму, вище якої в напівпровідниковому кристалі починаються процеси деградації. Зменшується світловий потік, зменшується яскравість свічення, знижується світлова проникність оптичної системи. В зв'язку із сказаним, особливої актуальності набуває проблема забезпечення адекватного температурного режиму світлодіодів і світлодіодних ламп.

Мета роботи полягає у виявленні параметрів, які найбільше впливають на процес охолодження світлодіодів та підтримання їх температури на необхідному рівні.

Об'єктом дослідження є світлодіоди та світлодіодні охолоджувальні системи.

Предметом дослідження є світлодіоди.

Наукова новизна отриманих результатів.

- Побудовано теплову математичну модель світлодіода, яка описує вплив основних параметрів: потужності, квантової ефективності, теплового опору, температури зовнішнього середовища на його тепловий режим.
- Розраховано тепловий режим світлодіода в складі системи охолодження на базі локального радіатора.
- Розраховано тепловий режим світлодіода в складі системи охолодження на базі теплової труби.
- Сформульовано рекомендації по збільшенню світлового потоку та світлової віддачі світлодіодів при одночасній стабілізації їх теплового режиму.

Практична цінність результатів дослідження.

- Запропоновано конструкцію системи охолодження світлодіодної лампи з локальним радіатором.

- Запропоновано конструкцію системи охолодження світлодіодної лампи на основі теплової труби.
- Запропоновано конструкцію світлодіодної лампи оснащеної радіальною системою теплових труб з'єднаних з виносним радіатором.
- Представлені результати дослідження направлено на збільшення світлового потоку існуючих світлодіодів ламп при одночасній стабілізації їх теплового режиму.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів. «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 27 – 28 листопада 2019 р.

Структура роботи. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, висновків, переліку та посилань. Обсяг розрахунково-пояснювальної записки – 101 арк. формату А4.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі встановлено актуальність тематики дипломної роботи, визначено основні завдання, які необхідно вирішити в роботі, відмічено наукову новизну та практичну цінність результатів виконання роботи.

В аналітичній частині проведений аналіз існуючих світлодіодних джерел світла. На основі аналізу наукових публікацій встановлено, що масове впровадження енергоощадних напівпровідникових технологій може суттєво зменшити енерговитрати на різні види освітлення. Встановлено, що енергоефективність сучасних напівпровідникових джерел світла складає 20÷35%, інша частина енергії виділяється у вигляді тепла. Встановлено, що порушення теплового режиму приводить до значного підвищення температури р-п-переходу при якій в кристалі починаються процеси деградації. Зменшується світловий потік, зменшується яскравість свічення, знижується світлова проникність оптичної системи і суттєво знижується світловий потік, світловіддача та термін експлуатації приладу.

В науково-дослідній частині запропонована математична тепла модель світлодіода, яка описує вплив основних параметрів: потужності, квантової ефективності, теплового опору системи охолодження, температури зовнішнього середовища на його тепловий режим. Розраховано температуру активної зони світлодіода з охолоджувальною системою на базі локального радіатора. Розраховано температуру активної зони світлодіодної матриці з охолоджувальною системою на базі теплової труби. Зазначено, що основними шляхами збільшення світловіддачі та світлового потоку існуючих джерел світла є їх активне охолодження при одночасному збільшенні прямого струму.

В технологічній частині описані явища переносу тепла, які лежать в основі роботи теплових труб, зокрема капілярно-конденсаційний ефект. Описана будова теплових труб, методика та порядок їх застосування. Наведені основні співвідношення для розрахунку діапазону теплопередаючих можливостей та робочих температур для ефективного використання теплових труб. Приведено вітчизняні типи теплових труб та їх зарубіжні аналоги.

В проектно-конструкторській частині визначено основні методи та способи охолодження світлодіодів. Сформульовано загальні рекомендації по збільшенню їх світлового потоку та світлової віддачі при одночасній стабілізації температури р-п-переходу. Зроблено порівняльну характеристику пасивних та активних систем охолодження та визначено їх переваги та недоліки. Обґрунтовано вибір конструкції та межі їх застосування.

В спеціальній частині наведена інформація про основні параметри сучасних освітлювальних світлодіодів з білим кольором свічення. Їх особливістю є висока щільність світлового потоку, що дозволяє при мінімальних витратах реалізувати як окремі світильники, так і системи освітлення різного призначення в яких би поєднувалися велика світловіддача, високий ККД і зручність застосування. Показано, що витрати на розробку світильників, побудованих на основі дискретних світлодіодів, істотно менші, від аналогічних світильників на традиційних джерелах світла.

В частині «Обґрунтування економічної ефективності» на основі представленої методики оцінки енергоефективності освітлення виробничих приміщень розраховано економічний ефект від заміни світильників ЖСП-07 ВОР 600 з лампою потужністю 600 Вт (базовий варіант) на світильники INDUSTRY LED з світлодіодними модулями потужністю 270 Вт. В розрахунку відображені статті витрат: матеріальних ресурсів, енергетичних ресурсів та обслуговування обладнання. Показано, що річна економія електроенергії може скласти 1250 кВт·год, що становить 66,3% від базової установки. Показано, що світлодіодна система освітлення повертає додаткові капіталовкладення за 3.73 роки. З цього часу витрати на базовий варіант перевищать додаткові капіталовкладення і почнеться пряма економія матеріальних ресурсів.

В частині «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто вплив електричного струму на організм людини, причини електротравматизму на виробництві та дію електричного струму на робітників та службовців суб'єкта господарювання та забезпечення першої медичної допомоги при електротравмах. Вивчені особливості впливу інфрачервоного та електромагнітного випромінювання на організм людини.

В частині «Екологія» проаналізовано негативний вплив інфрачервоного та електромагнітного випромінювання на навколишнє середовище. Показана актуальність проблеми екології в енергетиці та шляхи її вирішення.

У загальних висновках до дипломної роботи описано прийняті в роботі технічні рішення, які забезпечують підвищення енергоефективності світлодіодів. Дані узагальнені рекомендації щодо використання різноманітних методів та засобів охолоджувальних систем.

ВИСНОВКИ

1. Теплова труба (ТТ) є одним з найбільш ефективних пасивних методів охолодження СД. Причому, ефективність охолодження збільшується із збільшенням її довжини, периметра, коефіцієнта тепловіддачі і коефіцієнта теплопровідності. Застосування ТТ дозволить значно скоротити розміри і масу пасивної системи охолодження.

2. Система охолодження СД на базі теплової труби має вищу ефективність в порівнянні з мідним радіатором, що має ідентичний профіль і площу поверхні. Така перевага обумовлена рівномірним розподілом температури по поверхні ТТ, і ефективнішим відведенням теплової енергії.

3. Використання схеми охолодження на базі теплової труби дозволить збільшити світловий потік світлодіода (збільшити потужність) без збільшення температури активної зони. Це дозволить зменшити кількість світлодіодів в світильнику і його вартість без скорочення терміну експлуатації.

4. Теплові труби мають відносно вузький діапазон ефективного використання. При перевищенні розрахункової температури вся охолоджуюча рідина може перейти в пару, і навпаки, при недостатній температурі рідина погано випаровується. Це призведе до різкого зниження теплопровідності системи охолодження СД з усіма негативними наслідками.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

Закордонєць В.С., Фера В.І. Розрахунок системи охолодження світлодіода на базі теплової труби. // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 27-28 листопада 2019., м.Тернопіль. – С.34.

АНОТАЦІЯ

Фера В.І. Стабілізація теплового режиму світлодіодів при допомозі теплових труб.

141 Електроенергетика електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2019. с.34.

В дипломній роботі побудовано теплову математичну модель систем охолодження світлодіода на базі локального радіатора та на базі теплової труби. Розв'язано систему диференціальних рівнянь, яка включає стаціонарне рівняння теплопровідності та рівняння термогенерації Джоуля доповнених тепловими граничними умовами. Розраховано розподіл температури в структурних елементах системи охолодження в залежності від потужності світлодіода, параметрів охолоджувальної системи і температури середовища.

Сформульовано рекомендації по збільшенню світлового потоку світлодіодних ламп при одночасній стабілізації їх температурного режиму.

Ключові слова: СВІТЛОДІОД, СВІТЛОДІОДНА ЛАМПА, ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, КВАНТОВА ЕФЕКТИВНІСТЬ, СВІТЛОВИЙ ПОТІК, СВІТЛОВА ВІДДАЧА, ТЕПЛОВА ТРУБА, ТЕПЛОВИЙ ОПІР.

ABSTRACT

Fera I. Stabilization of temperature mode of LEDs with the help of heat pipes. 141 «Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics». - Ternopil Ivan Puluj National Technical University. - Ternopil, 2019.

The mathematical thermal model of the cooling system of the LED based on the thermal tube was constructed. The system of differential equations was solved, which includes stationary equation of thermal conductivity and the equation of Joule's thermal generation, both supplemented by thermal boundary conditions. The distribution of temperature in structur elements of the cooling system was calculated in dependance on the power of LED, the parameters of thermal pipe and surrounding temperature.

Key words: LED, LED LAMP, ENERGY EFFICIENCY, QUANTUM EFFICIENCY, LUMINOUS FLUX, LIGHT OUTPUT, THERMAL PIPE, HEAT RESISTANCE.