

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

**ЗАКІН ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ**

**УДК 621.326**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ  
СИСТЕМ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ**

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**Автореферат**  
дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль  
2018

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

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електричної інженерії  
**Костик Любов Миколаївна,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:** кандидат технічних наук, старший викладач кафедри фізики  
**Сіткарь Оксана Андріївна**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 24 грудня 2018 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №36 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46а, корпус №7, ауд.310.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Освітлювальні мережі зовнішнього освітлення міст є невід'ємною частиною енергетичного господарства країни. На потреби всього освітлення в розвинених країнах витрачається до 20% всієї виробленої електроенергії, що вимагає підвищення енергоефективності освітлювальних установок та покращення якості освітлення.

Економне освітлення передбачає, перш за все, використання джерел світла з малим енергоспоживанням, а це в основному розрядні лампи високого тиску. Використання таких джерел світла в освітлювальних мережах вимагає якіснішого і надійнішого живлення освітлювальних установок.

Освітлювальні установки зовнішнього освітлення крупних міст є складною структурою, яка включає, крім самих джерел світла, розгалужену систему освітлювальних мереж, велику кількість незалежних джерел живлення, які розташовані по всій території міста, системи автоматики і контролю. Інструкціями і вказівками по проектуванню і експлуатації зовнішнього освітлення міст рекомендується управління освітлювальними мережами здійснювати з обмеженого числа місць. Це дає можливість з одного диспетчерського пункту управляти режимом роботи освітлювальних мереж цілого міста. Як джерела живлення освітлювальних мереж використовуються міські трансформаторні підстанції, які використовуються з цією ж метою і для комунально-побутових споживачів. Головне завдання освітлювальних мереж – забезпечити надійну роботу джерел світла при якісному живленні. При створенні економічного і ефективного зовнішнього освітлення міста необхідне створення системи гнучкого управління режимом роботи освітлювальних установок.

Тому визначення умов експлуатації і шляхів підвищення ефективного використання зовнішнього освітлення міст є актуальним завданням. Для цього необхідно визначити структуру створення освітлювальних мереж та параметри, способи управління і контролю освітлення міст, що впливають на якість в цілому.

**Метою роботи** є розробка шляхів підвищення ефективності систем зовнішнього освітлення за рахунок раціонального вибору джерел світла, систем контролю та управління в установках зовнішнього освітлення.

**Об'єктом дослідження** є системи зовнішнього освітлення, фізичні процеси у натрієвих лампах високого тиску.

**Предмет дослідження** – електричні мережі зовнішнього освітлення, джерела світла для установок зовнішнього освітлення, системи контролю і управління освітлювальних установок зовнішнього освітлення.

**Методи дослідження.** Стандартні методи вимірювання електричних і світлотехнічних параметрів джерел світла та освітлювальних установок, емпіричні методи розрахунку показників ефективності.

### **Наукова новизна отриманих результатів:**

- обґрунтовано доцільність використання натрієвих ламп високого тиску для установок зовнішнього освітлення;
- наведено результати впливу зовнішніх факторів: напруги живлення, напруги на лампі, температури навколишнього середовища, світлотехнічної арматури

на величину світлового потоку та термін служби дугових натрієвих ламп високого тиску;

- запропоновано систему управління установками зовнішнього освітлення населених пунктів;
- запропоновано систему контролю аварійних ситуацій і локалізації аварійних режимів в освітлювальних мережах;
- обґрунтовано вибір системи вибіркового управління освітлювальними установками з каскадною структурою.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у можливості використання отриманих результатів дослідження при проектуванні, створенні та модернізації установок зовнішнього освітлення, систем їх контролю та керування.

**Апробація.** Основні положення роботи і її результати доповідалися на VII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 28-29 листопада 2018 р. (Тернопіль 2018 р.)

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (32 найменування). Загальний обсяг текстової частини: 119 сторінок, 4 таблиці, 25 рисунків.

## 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** проаналізовано сучасний стан систем контролю та управління в освітлювальних мережах зовнішнього освітлення. Аналіз публікацій по управлінню освітлювальними мережами міст показує, що найбільш перспективним є управління освітлювальною установкою з використанням живлячих мереж освітлення як каналу інформації. Реалізовано три методи управління в освітлювальних мережах: управління частотою в діапазоні 175 Гц до 2 кГц; деформація хвилі струму або напруги; управління частотою в діапазоні низьких радіочастот від 3 кГц до 155 кГц. Описно основні методи регулювання потужності установок зовнішнього освітлення населених пунктів: за допомогою тиристорних регуляторів і обмежувачів напруги та автоматичних регулюючих пристроїв.

В **науково-дослідній частині** приведено нормативні вимоги до установок зовнішнього освітлення залежно від категорії вулиць і доріг. Обґрунтовано вибір натрієвих ламп високого тиску для установок зовнішнього освітлення на основі їх переваг: висока світлова віддача (до 160 лм/Вт), великий термін експлуатації (15-20 тисяч годин роботи), значно менший спад світлового потоку в процесі експлуатації (15-20%) у порівнянні з лампами ДРЛ і ДРИ. Проаналізовано основні параметри, які впливають на світлотехнічні параметри натрієвих ламп високого тиску, та запропоновано шляхи вдосконалення конструктивних параметрів та експлуатаційних факторів джерел світла. Проаналізовано вплив зовнішніх факторів на експлуатаційну надійність натрієвих ламп високого тиску. Встановлено ряд змінних параметрів, які необхідно враховувати при оцінці системи лампа – ПРА – світильник, основними з яких є діапазон напруги на лампі, діапазон повного

опору ПРА, коливання напруги живлення, зміна напруги на лампі в процесі її роботи, зміна напруги на лампі в результаті відбивання світлової енергії на пальник.

В **технологічній частині** приведено загальну структурну схему електропостачання і управління освітлювальними установками зовнішнього освітлення, описано її елементи. Приведено систему управління потужністю мереж зовнішнього освітлення з каскадною структурою, яка дозволяє використовувати різні режими освітлення – вечірній, нічний, ранковий, що реалізується формуванням одноразових фазових відсічень в півперіодах заданої полярності або деформацією півхвилі напруги джерела живлення. Запропонована система управління і регулювання потужністю трифазної мережі зовнішнього освітлення за допомогою додаткового дроселя. Описано схему пристрою для системи управління і регулювання потужністю трифазною мережею зовнішнього освітлення.

В **конструкторській частині** представлено систему контролю аварійних ситуацій в освітлювальних мережах. В основу способу для контролю ділянки мережі зовнішнього освітлення покладений контроль напруги в проводах кінця ділянки мережі і передача даних контролю за допомогою струмових імпульсів на початок ділянки. Розглянуто шляхи автоматизації управління мережами зовнішнього освітлення: встановлення фотореле в пунктах живлення та застосування програмних пристроїв управління за річним графіком роботи. Представлена система автоматичної локалізації аварійних ситуацій в установках зовнішнього освітлення та описано принцип її роботи для вечірнього і нічного режиму освітлення.

В **спеціальній частині** обґрунтовано необхідність створення системи вибіркового управління освітлювальних установок в каскаді зовнішнього освітлення. Представлена схема побудови системи вибіркового управління одним об'єктом в каскадній схемі управління мережами зовнішнього освітлення. Подано осцилограми струму і напруги сигналів телекерування.

В **частині «Обґрунтування економічної ефективності»** розглянуто питання обґрунтування економічної ефективності, методи її оцінки та шляхи підвищення ефективності основних вкладень. Розраховано річну економію електроенергії та термін окупності заміни ламп ДРЛ-400 на ДНаТ-250 для установки зовнішнього освітлення.

В **частині «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** розглянуто вплив електричного струму на організм людини, описано порядок надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

В **частині «Екологія»** описано актуальність охорони навколишнього середовища, методи захисту від впливу електромагнітних полів.

У **загальних висновках до дипломної роботи** описано прийняті в роботі технічні рішення і організаційно-технічні заходи, які забезпечують підвищення енергоефективності установок зовнішнього освітлення.

У **графічній частині** приведено ілюстративний матеріал щодо електричних, світлотехнічних та експлуатаційних параметрів натрієвих ламп високого тиску, схеми електропостачання та управління освітлювальними установками.

## ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано сучасний стан систем контролю та управління в освітлювальних мережах зовнішнього освітлення. Аналіз публікацій по управлінню освітлювальними мережами міст показує, що найбільш перспективним є управління освітлювальною установкою з використанням живлячих мереж освітлення як каналу інформації.

2. Описно основні методи регулювання потужності установок зовнішнього освітлення населених пунктів: за допомогою тиристорних регуляторів і обмежувачів напруги та автоматичних регулюючих пристроїв.

3. Обґрунтовано вибір натрієвих ламп високого тиску для установок зовнішнього освітлення, проаналізовано основні параметри, які впливають на світлотехнічні параметри ламп, запропоновано шляхи їх вдосконалення, проаналізовано вплив зовнішніх факторів на експлуатаційну надійність натрієвих ламп високого тиску, запропоновано вираз для розрахунку терміну експлуатації ламп ДНаТ 400 в пристроях зовнішнього освітлення.

4. Встановлено ряд змінних параметрів, які необхідно враховувати при оцінці системи лампа – ПРА – світильник, основними з яких є діапазон напруги на лампі, діапазон повного опору ПРА, колювання напруги живлення, зміна напруги на лампі в процесі її роботи, зміна напруги на лампі в результаті відбивання світлової енергії на пальник.

5. Приведено загальну структурну схему електропостачання і управління освітлювальними установками зовнішнього освітлення, описано її елементи.

6. Запропонована система управління і регулювання потужністю трифазної мережі зовнішнього освітлення, описано схеми пристроїв для такої системи.

7. Представлено систему контролю аварійних ситуацій в освітлювальних мережах, проаналізовано шляхи автоматизації управління мережами зовнішнього освітлення.

8. Представлена схема побудови системи вибіркового управління одним об'єктом в каскадній схемі управління мережами зовнішнього освітлення.

9. Розраховано річну економію електроенергії та термін окупності заміни ламп ДРЛ-400 на ДНаТ-250 для установки зовнішнього освітлення.

10. Розроблені заходи з охорони праці, безпеки життєдіяльності та екології при експлуатації установок зовнішнього освітлення.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Костик Л.М., Заїкін О.С., Матюшко К.В. Підвищення енергетичної ефективності установок зовнішнього освітлення // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 28–29 листопада 2018 р. – С.26.

## АНОТАЦІЯ

**Заїкін О.С. Підвищення енергетичної ефективності систем зовнішнього освітлення.** 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2018.

У роботі проаналізовано сучасний стан систем контролю та управління в освітлювальних мережах зовнішнього освітлення, методи регулювання потужності установок зовнішнього освітлення. Вибрано джерела світла та елементи їх живлення, проведено аналіз впливу зовнішніх факторів на експлуатаційні характеристики ламп ДНаТ. Запропоновано структурну схему електропостачання і управління установками зовнішнього освітлення населених пунктів. Розроблено схеми систем контролю аварійних ситуацій та вибіркового управління освітлювальними установками.

**Ключові слова:** ОСВІТЛЮВАЛЬНА УСТАНОВКА, СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ.

## ANNOTATION

**Zaikin O.S. Improving the Efficiency of System of External Illumination.** 141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. – Ternopil Ivan Puluj National Technical University. - Ternopil, 2018.

The current state of the systems of control and management in the lighting networks of external illumination, methods of regulation of power of the outdoor lighting installations is analyzed in the work. The sources of light and their elements of power were selected, an analysis of the influence of external factors on the performance characteristics of sodium lamps was performed. The structural scheme of electric power supply and control of outdoor lighting installations of settlements is proposed. Circuits of systems of control of emergency situations and selective control of lighting installations are developed.

**Key words:** LIGHTING INSTALLATION, SYSTEM OF CONTROL AND MANAGEMENT, EFFICIENCY OF LIGHTING SYSTEM.

