

Рой В.Ф., Рой Ю.В.

ХНУМГ ім. Бекетова, Харків.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

З метою підвищення енергоекономічності освітлювальних установок пропонується впровадження малопотужних натрієвих ламп високого тиску, які мають найвищу світлову віддачу серед сучасних розрядних джерел світла і незначний спад світлового потоку при тривалому строку служби. Для забезпечення стабільної роботи ламп тину ДНаТ пропонується схема комбінованого пускорегулюючого пристрою, що забезпечує надійне запалення розряду і оптимізацію режимів роботи лампи на протязі усього регламентного строку експлуатації.

Ключові слова: розрядна лампа високого тиску, освітлювальна установка, комбінований пускорегулюючий апарат, генератор імпульсів, стабілізація струму лампи, строк служби.

Енергоекономічність споживачів електроенергії є нагальною вимогою сьогодення, оскільки це обумовлене не тільки необхідністю всебічної економії електроенергії, але також і з проблемами екології, оскільки зростання споживання електроенергії супроводжується збільшенням спалення копалинних ресурсів і відповідно, шкідливих викидів в навколишнє середовище. Безпосереднє це стосується також і світлотехнічної галузі, яка споживає біля 20% електроенергії, що виробляється в Україні і ця частка має чітку тенденцію до подальшого зростання. Освітлювальні установки (ОУ), окрім вирішення проблеми забезпечення об'єктів ЖКГ і промисловості нормованими рівнями освітлення, широко використовуються також в різних галузях народного господарства в якості технологічного обладнання. Найбільш дієвим засобів підвищення енергоефективності та розширення функціональних можливостей освітлювальних установок є використання енергоекономічних джерел світла (ДС) - розрядних ламп високого тиску в комплекті зі спеціальними пускорегулюючими електричними апаратами (ПРА), що забезпечують надійне запалення розряду та стабілізацію режиму роботи таких ламп. Розрядні лампи типу ДНаТ потужністю 250 - 400 Вт, які мають високу світлову віддачу при тривалому строку служби і характеризуються високою стабільністю світлового потоку на протязі усього строку служби (спад світлового потоку не перевищує 20% за 10000 годин горіння) є найбільш ефективними перетворювачами електричної енергії в світлову і широко використовуються в ОУ зовнішнього освітлення. Вони мають підвищену габаритну яскравість розрядної колби, (світлова віддача таких ламп, досягає 150 лм/Вт), а висхідні при повільній зміні струму вольт-амперні характеристики свідчать, що такі ДС є одними з найбільш перспективних джерел випромінювання використання яких дозволить більш ефективно використовувати електроенергію як для освітлення, так і в різноманітних технологічних установках. Тому розширення сфери використання таких джерел випромінювання, зокрема використання РЛ типу ДНаТ потужністю (35 – 100) Вт, що також

мають високі світлотехнічні показники і досить широку сферу застосування – від систем загального освітлення, до спеціальних технологічних установок.

Для ефективного впровадження таких ДС необхідно вирішити ряд технічних проблем, пов'язаних з особливостями режиму їх роботи, і специфікою їх електродинамічних характеристик, обумовлених дуже малою інерційністю розряду, що на порядок менша, ніж у люмінесцентних ламп. Вирішення проблеми застосування малопотужних РЛВТ розглядалось в ряді опублікованих робіт і незважаючи на деякий прогрес в цьому напрямку, залишається ряд питань, що потребують пошуку відповідних технічних рішень. Важливою проблемою використання малопотужних РЛВТ, є високий коефіцієнт імпульсу таких ламп, що вимагає спеціального технічного рішення щодо параметрів і режимів роботи пускорегулюючих апаратів. Існуючі електромагнітні ПРА для НЛВТ, що використовуються в комплекті з лампами середньої та високої потужності, містять генератор запалювальних імпульсів амплітудою 1,5-4,5 кВ, який, при погасанні лампи (наприклад, внаслідок зниження напруги живлення) тривалий час (понад 5-7 хвилин) не здатний завдяки насиченню магнітопроводу імпульсного трансформатора перезапалити лампу, доки в ній не відбудеться повна деіонізація розрядного проміжку. Процес запалення розряду в лампи супроводжується суттєвим (в декілька разів) зростанням струму в ланцюгу живлення лампи, що призводить до посиленого розпилення емісійного покриття електродів і значного (~ до 20%) зменшення строку служби лампи. Це супроводжується значним перевантаженням всієї схеми в цілому, що потребує збільшення запасу електричної міцності усіх її елементів. Причиною виникнення такого аномального режиму лампи є наявність розкиду емісійних характеристик електродів, пов'язаних з недосконалістю технології їх виготовлення, що

призводить до виникнення несиметричного розряду завдяки перегріву одного з електродів, коли в лампі одночасно існують дуговий та тліючий розряди. Проблема, що також потребує відповідних технічних рішень є те, що при різких коливаннях напруги живлення (~ 5 В/с) навіть у невеликих межах, напруга згасання лампи зростає до $0,9U_{ном}$, що є неприйнятним з точки зору ефективної роботи сучасних ОУ.

Строк служби НЛВТ пов'язаний з поступовим зростанням напруги на лампі, обумовлений з інтенсивністю протікання фізико-хімічних процесів в об'ємі розрядної колби, зменшенням натрію в процесі горіння розряду внаслідок дифузії через керамічну стінку пальника, взаємодії його з емісійним покриттям електродів. Внаслідок процесу запилення приелектродних ділянок розрядної колби в процесі роботи лампи відбувається зростання температури електродів і всієї оболонки за рахунок зниження її світлопропускання, тому термін роботи таких ламп складає в середньому ≈ 20 тис. годин. Оскільки ці лампи працюють при низьких співвідношеннях $U_L / U_M \approx 0,45 \div 5$, (U_L – напруга на лампі; U_M – напруга живлячої мережі), то вони мають відносно низький коефіцієнт потужності ($\cos\phi$) і великі струми, що, в свою чергу, потребує значних габаритів пускорегулюючих апаратів і виростання спеціальних запалюючих пристроїв. [2]. У малопотужних НЛВТ, що мають малий діаметр розрядної колби і, відповідно, в них інтенсивніше відбувається явище амбіполярної дифузії, що призводить до викривлення вольт-амперних характеристик (ВАХ), спотворення форми напруги, збільшення піку перезапалення і зниження ефективності роботи ламп і освітлювальних установок в цілому.

Спостерігається також сильна залежність електричних і світлотехнічних характеристик від напруги мережі, а також значні (до 70%) пульсації світлового потоку. Це пов'язано з можливістю виникнення діодного ефекту при запаленні такої лампи, внаслідок чого пусковий струм може зрости до 5 разів понад номінального, що призведе до інтенсивного розпилення електродів і скорочення строку служби. Від цього залежить також коефіцієнт імпульсу (відношення піка перезапалення $U_{пз}$ до U_L), який згідно [3,4] досягає 1,8 – 2,2, що значно більше, ніж у розрядних ламп типу ДРЛ.

Метою даного дослідження було підвищення ефективності та енергоекономічності широкого класу ОУ і за рахунок використання енергоефективних джерел світла – малопотужних натрієвих ламп високого тиску. Важливою умовою забезпечення ефективної роботи НЛВТ типа ДНаТ є підтримання оптимальних електричних параметрів

(напруги живлення, потужності, струму, амплітуди запалюючого імпульсу) у відповідності з Європейським стандартом EN 12464-1. Ці вимоги можуть бути забезпечені відповідними параметрами електричної схеми пускорегулюючого апарату і її сумісністю з параметрами живлячої мережі. Критеріальним фактором, що визначає реальний строк служби НЛВТ, є перехід її в циклічний режим “запалення-погасання” внаслідок зростання напруги на лампі ($2 \div 5$ В на 1000 годин горіння) до деякої критичної величини – напруги погасання. При цьому, величина напруги перезапалення безпосередньо визначається електродинамічними властивостями позитивного стовпа розряду в лампі, зокрема, ступенем деіонізаційних процесів і температурного режиму електродів. Для надійного надійної роботи лампи і виключення можливості виникнення діодного ефекту необхідно в кожний напівперіод змінної напруги живлення прикладати до електродів напругу $U_{пз}$, достатньою для її перезапалення. Необхідно також здійснювати стабілізацію струму лампи на протязі всього терміну експлуатації, що безпосередньо визначає її строк служби. Одним з напрямком забезпечення найбільш ефективної роботи розрядних ламп високого тиску, є робота їх в комплекті з електронним ПРА, який дозволяє знизити втрати електроенергії і реалізувати ряд додаткових важливих функцій, що підвищують енергоекономічність освітлювальної установки в цілому. Електронні ПРА мають перед електромагнітним суттєві переваги це, насамперед, стабілізація потужності і світлового потоку лампи, що забезпечує підвищений строк служби лампи; зменшення споживаної потужності до 20 %; відсутність стробоскопічного ефекту за рахунок відсутності низькочастотних пульсацій світлового потоку; наявність захисту у разі виникнення аварійних режимів (короткого замикання на виході або перегорання лампи); можливість регулювання рівня освітленості робочих приміщень; підвищене значення коефіцієнта потужності; електромагнітну сумісність з живлячою мережею. Але електронні ПРА мають менший строк служби і надійність, обумовлені великою кількістю комплектуючих компонентів і меншою стійкістю до перевантажень, особливо до дії підвищеної температури, що не дозволяє розміщувати їх безпосередньо в корпусі світильника. Оскільки електронні ПРА використовують підвищені частоти, виникає проблема «акустичного резонансу» в разі, якщо частота інвертора ПРА співпадає з особистою акустичною резонансною частотою лампи або її конструктивних елементів. При цьому можливе утворення стоячих хвиль в колбі і генерування лампою звука з рівнем гучності до 130 Дб, а також імовірним відривом розрядної колби від

комутаційних траверс і руйнуванням колби лампи. Можливо також виникнення явища несиметричного розряду в процесі запалення лампи, обумовлене електричною розбіжністю параметрів електродів, що призводить до аномально високих струмів, які скорочують строк служби лампи завдяки інтенсивному розпиленню емісійного покриття електродів на стінки колби лампи. Це супроводжується підвищенням температури прикатодної зони пальника і зниженням світлового потоку лампи внаслідок прискореного запилення колби. Отже, переваги електронних ПРА значною мірою нівелюються суттєвими проблемами, вирішення яких потребує ще більшого ускладнення і здорожчання функціональної схеми апарату. Оптимальним варіантом забезпечення ефективної роботи комплексу НЛВТ-ПРА є створення комбінованого (гібридного) ПРА, який базується на основі електромагнітного з додатковим електронним блоком, що поєднує простоту і надійність першого з функціональними перевагами електронного.

Оскільки визначним фактором, що суттєво впливає на строк служби лампи, є підвищення напруги живлячої мережі U_m , що призводить до різкого зростання напруги на лампі U_d . Підвищення U_m суттєво збільшує теплове навантаження на елементи конструкції лампи, при цьому прискорюється процес втрати Na в пальнику і зростає градієнт напруги на електродах.

При дослідженні режимів малопотужних ДНаТ використовувалась як стандартна методика при частоті живлення 50 Гц, так і методика заснована на вимірюванні миттєвих величин напруги і струму з подальшим розрахунком діючих значень цих параметрів згідно відомим співвідношенням при живленні підвищеною частотою:

Забезпечення ефективної роботи РЛ типу ДНаТ може бути досягнуто за рахунок розробки схеми комбінованого (гібридного) ПРА, яка об'єднує переваги електронних апаратів і простоту та надійність електромагнітних і відповідає сучасними вимогами щодо енергоекономічності, а також міжнародним стандартам. Розроблена нами схема комбінованого ПРА для малопотужних НЛВТ дає змогу забезпечити надійне запалення та перезапалення лампи завдяки примусовому ініціюванню розряду двічі за період синусоїдальної живлячої напруги, що дозволяє усунути виникнення небезпечного аномального режиму, пов'язаного з виникненням «діодного ефекту». Особливостями схеми є використання магнітопроводу дроселя одна з обмоток якого працює в ланцюгу стабілізації струму лампи, а інша – в ланцюгу генератора запалюючих імпульсів, чим досягається підвищена потужність генерованих імпульсів і подача двічі за

період напруги живлення запалюючих імпульсів як в позитивний, так і в негативний напівперіоди. Генератор високовольтних імпульсів складається з тиристора, в коло навантаження якого ввімкнена первинна обмотка дроселя, вторинна обмотка якого виконує роль струмостабілізуючого елементу розрядної лампи, що обмежує потужність імпульсного генератора до нормованої величини і одночасно, разом зі вторинною обмоткою дроселя, виконує роль мережового фільтра імпульсних сигналів. В момент ввімкнення напруги живлення на електроди лампи з вторинній обмотки дроселя подається напруга мережі одночасно з високовольтним запалюючим імпульсом, амплітуда

якого $U_m = \frac{C2}{C2 + C3} \frac{W2}{W1}$ знаходиться в межах 1,5-

4,5 кВ в залежності від стану лампи (тут $W1, W2$ – число витків запалення на фоні напруги живлення 50 Гц являє собою швидко затухаючі ударно збуджені коливання, частота яких визначається індуктивністю розсіювання та розподіленою ємністю дроселя і складає величину ~ 5 кГц. Після запалення розряду в лампі відбувається шунтування її розрядним проміжком ланцюгу генератора імпульсів і він вимикається. У випадку погасання лампи генератор автоматично вмикається і лампа за час порядку 5 с. перезапалюється. Час повторного запалення НЛВТ після 5-ти секундного відключення від мережі живлення складає порядку 10-15 секунд, тобто фактично відбувається «горяче» перезапалення лампи, що також є особливістю роботи даної схеми, оскільки у існуючих стандартних запалюючих пристроях типу УІЗУ процес повторного запалення після погасання лампи триває на протязі 5 – 7 хвилин.

Струм лампи після запалення розряду досягає номінального для даного типу НЛВТ величини і на індуктивному елементі, який є датчиком струму лампи, з'являється напруга, яка контролюється блоком керування. Для стабілізації струму лампи і обмеження її потужності використовується зворотній зв'язок БК по струму лампи, величина якого фіксується на індуктивності. Для НЛВТ потужністю 35 – 50 Вт стійка робота при нормованому рівні світлового потоку спостерігалась у 90 % дослідних ламп; для НЛВТ потужністю 75 – 100 Вт - у 100 % ламп. Схема двохступеневої фільтрації імпульсних сигналів дозволяє знизити інтенсивність імпульсних радіоперешкод в мережі змінного струму до рівня 60 дБ від величини спожитої потужності, що відповідає нормам міжнародного стандарту ІЕС EN 61000-3-2, який регламентує граничні значення складових спожитого комплектом НЛВТ-ПРА мережового струму. Проведені нами дослідження

експериментальних зразків комбінованого ПРА для свідчать, що він забезпечує надійну і ефективну роботу НЛВТ малої потужності 35-100 Вт, що дозволяє суттєво розширити сферу їх застосування в енергоекономічних ОУ різноманітного призначення. При цьому, зокрема, досягається надійне запалення розряду і стабільна робота ламп типу ДНаТ на протязі всього регламентного строку служби; відсутній акустичний резонанс і несиметричний розряд; не спостерігається надмірного розпилення емісійного покриття електродів на колбу лампи і, відповідно, її перегрів; автоматичне регулювання струму лампи забезпечує стабільність режиму її роботи на протязі всього строку експлуатації.

Запропонований комбінований ПРА для малопотужних розрядних ламп типу ДНаТ вирішує важливу проблему підвищення ефективної роботи ОУ з НЛВТ малої потужності.

Автор: РОЙ Віктор Федорович
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, д.т.н., професор

Література

1. Погребной Ю.В. Современные натриевые лампы высокого давления. *Новости светотехники.* /ред. Ю.Б Айзенберг.- М.: Дом света. -1998.- Вып.7.- 16 с. Белоконов Л.А. Зажигающие устройства для разрядных ламп высокого давления. / Л. А. Белоконов, Н. Л. Белоконов // *Світло Люкс.*- 2005.- № 6.- С. 42-44.
2. Ward P.C. Analysis of high pressure sodium lamp voltage rise / P. C. Ward // *JIES.* 1982. -V.11.- No 2.- С. 94- 97.
3. Ward P.C. Determination of high pressure sodium lamp voltage rise as a function of ballast characteristic curve parameters/ P.C. Ward // *JIES:* 1983.-V.13.- No.1.- С.157-161.
4. Хайнц Р. Характер работы разрядных ламп высокого давления /Р. Хайнц // *Светотехника.*- 2005.-№ 4.- С.16-20.
5. Е.А. Обжерин, В. Д. Поляков, В. А. Пузанов Особенности анализа и расчёт современных систем питания ламп высокой интенсивности. / // *Светотехника.* - 2006.- № 6.- С.49-54.

Автор: РОЙ Юрій Вікторович
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, аспірант.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В. Ф. Рой, Ю.В. Рой

С целью повышения энергоэкономичности осветительных установок предлагается использование разрядных ламп высокого давления типа ДНаТ мощностью 35-100 Вт, которые являются наиболее эффективными преобразователями электрической энергии в световую. Для обеспечения стабильной работы таких источников света разработана электрическая схема комбинированного пускорегулирующего аппарата, обеспечивающего: надёжное зажигание разряда в лампе, полное отсутствие акустического резонанса и несимметричного разряда, не наблюдается чрезмерного распыления эмиссионного покрытия электродов на колбу лампы, регулирование тока лампы обеспечивает стабильность режима её работы на протяжении всего срока службы.

Ключевые слова: разрядная лампа высокого давления, осветительная установка, комбинированный пускорегулирующий аппарат, генератор импульсов, стабилизация тока лампы, срок службы.

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY IN LIGHTING INSTALLATIONS

V.F. Roy, J.V. Roy

The authors suggest using high pressure high pressure discharge lamps (DNaT-type, high-pressure sodium lamps, 35-100W) in different illumination equipment in order to increase its efficiency and optimize power consumption. Known problem of this solution is low reliability of the lighting and limited lifetime. It is addressed by using brand new combined starting and current control device, which reliably starts the discharge process in the lamp, ensures absence of acoustic resonance and non-symmetric discharge, provides stable illumination, and protects electrodes surface from the extra emission by controlling current. Illumination equipment produced by suggested schedule must be very efficient and reliable devices with long lifetime.

Keywords: high pressure discharge lamp, illumination equipment, combined starting and control device, impulse generator, current amperage stabilization, lifetime extension.