

УДК 628.984

Г.М.КОЖУШКО, канд. техн. наук  
*Полтавський завод газорозрядних ламп*

## **ВПЛИВ ДЕЯКИХ ФАКТОРІВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ НАДІЙНІСТЬ НАТРІЄВИХ ЛАМП ВИСОКОГО ТИСКУ**

Наводяться дані дослідження експлуатаційної надійності натрієвих ламп високого тиску при зміні напруги живлення, температури навколишнього середовища, параметрів ПРА та конструкцій світлових приладів. Запропоновані шляхи підвищення тривалості роботи натрієвих ламп.

Надійність роботи і термін експлуатації натрієвих ламп високого тиску (НЛВТ) значною мірою залежать від умов експлуатації – напруги живлення, конструкції світильника, кліматичних факторів та ін.

Відомо, що тривалість роботи обмежується, головним чином, поступовим зростанням напруги на лампі (на 1-5 В) за кожен тисячу годин роботи. Зростання напруги пов'язане зі зменшенням кількості натрію в розрядній трубці, а також з утепленням розрядної трубки в результаті розпилення електродних матеріалів [1].

Причинами зменшення натрію в пальнику, окрім руйнування металокерамічних ввідів, є:

- утворення сполук натрію з киснем (сполуки не розкладаються), що входить до складу оксиду і виділяється з кераміки, а також в результаті безпосередніх реакцій з нагрітою до високої температури керамікою, що супроводжуються утворенням алюмінату натрію;
- зменшення кількості натрію внаслідок дифузії через кераміку і металокерамічні спаї.

Лампи потужністю 50-150 Вт менш надійні і мають нижчу стабільність параметрів упродовж терміну експлуатації, ніж лампи середньої потужності (250 Вт і більше). Причини цього автор [2] вбачає в наявності помітного випрямляючого ефекту при займанні ламп малої потужності, який може досягати 2 хв. При цьому через лампу проходить підвищений струм, у результаті чого відбувається інтенсивне розпилення катодних матеріалів і утворення на внутрішній поверхні розрядної трубки непрозорого нальоту. Запалюючий імпульс і величина пускового струму впливають на значущість ефекту випрямлення, тому енергія імпульсу повинна забезпечувати швидкий перехід від тліючого розряду до дугового. Для запобігання виникненню ефекту випрямлення струму вказаним автором рекомендовано використовувати в ПРА пристрій для блокування постійного струму.

У роботі [3] також зазначено, що в результаті ефекту випрямлення, котрий може в 5 разів перевищувати пусковий струм, має місце

інтенсивне розпилення і зростання напруги на лампі. Термін експлуатації при цьому складає всього 2000-4000 год. Випрямлення відбувається в тих випадках, коли є електричний контакт електродного вузла і рідкої фази амальгами. У катодний напівперіод електрод, оточений амальгамою, не працює, а дуга фіксується і блукає по поверхні амальгами. Несиметричність роботи електродів і час періоду випрямлення зростає зі збільшенням числа вмикань лампи. Запропонована конструкція керамічного закриваючого елемента, що забезпечує електроізоляцію ніобієвого вводу від амальгами. Це дозволило збільшити термін експлуатації НЛВТ малої потужності в 6 разів.

Суттєвий вплив на термін експлуатації мають коливання мережі живлення. У [4] наведено порівняльні дані випробувань НЛВТ потужністю 400 Вт в лабораторних умовах при стабілізованій напрузі живлення і коливаннях напруги в мережі живлення  $\pm 5\%$ . При стабілізованій мережі живлення термін експлуатації склав 20 тис. годин, а при коливаннях  $\pm 5\%$  – 14 тис. годин.

Для НЛВТ поряд з несподіваними відмовами (механічними пошкодженнями, розгерметизацією пальника та ін.) прийнято критерій поступових відмов: незворотні зміни електричних параметрів, зростання напруги на лампі та збільшення напруги перезаймання. Зростання напруги на лампі та збільшення напруги перезаймання приводять до звуження діапазону напруги живлення, в якому лампи працюють без періодичного згасання. У роботі [5] визначено, що в умовах реальної експлуатації ламп відхилення напруги від номіналу досягає  $\pm 12\%$ , що значно перевищує рекомендовані публікацією МЕК 662 значення  $\pm 5\%$ .

Проведені нами дослідження показують, що поряд з добовими коливаннями напруги в мережі мають місце різкі короточасні зміни напруги до 20 В. Наявність різких змін напруги більше 4 В може призвести до погасання окремих ламп, а при зростанні цього відхилення відповідно збільшується і число ламп, що згасли. Згасання ламп призводить до повторного запалювання з тривалим періодом подачі імпульсу займання на гарячий пальник, що скорочує термін роботи лампи та імпульсного запалюючого пристрою.

Досліджували надійність роботи НЛВТ у процесі експлуатації при зміні напруги живлення, параметрів ПРА, температури навколишнього середовища та конструкції світильника. Дослідження проводили для ламп з штенгельною і безштенгельною конструкціями пальників виробництва Полтавського заводу газорозрядних ламп (ПЗ ГРЛ), а також окремих партій ламп фірм "Osram" (Німеччина) і "СЕС" (США).

Для ламп виробництва ПЗ ГРЛ встановлено, що понад 50% ламп

виходять з ладу внаслідок підвищеної напруги  $U_L$ , в результаті чого лампи, не розгоряючись, гаснуть, 21% – внаслідок розгерметизації пальника і виходу натрію, більше 14% не запалюються, інші - виходять з ладу з різних причин, притаманних усім газорозрядним лампам ВТ і неспецифічних тільки для НЛВТ.

Вивчення межових значень напруги на лампах типу ДНаТ 400 (з штенгельною конструкцією пальника), при яких вони згасають (номінальна напруга живлення 220 В, відхилення  $\pm 10\%$ ), показали, що значення напруги згасання ламп ( $U_{Л.зг.}$ ) були наступні:

Напруга мережі живлення $U_M, В$	Напруга згасання $U_{Л.зг.}, В$
198	140-148
220	156-162
242	175-182

Виміри проводили методом променевого нагрівання холодної зони пальника.

На рис.1 наведено залежність напруги мережі, при якій згасають лампи ( $U_{М.зг.}$ ), від напруги на лампі  $U_L$  (при  $U_M = 220 В$ ).

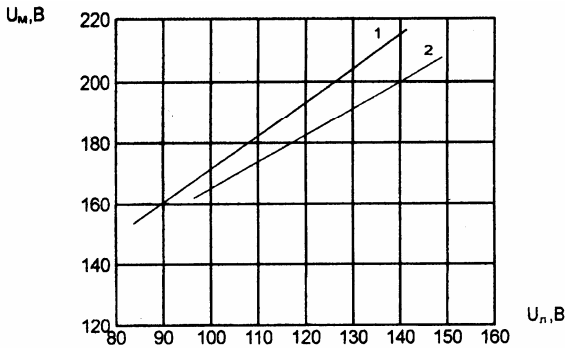


Рис.1 – Результати вимірів значень  $U_M$ , при яких згасає натрієва лампа потужністю 400 Вт:

1 – лампи ПЗ ГРЛ; 2 – лампи фірми "GEC" США, "Osram" Німеччина

Виходячи з результатів власних досліджень, а також досліджень, виконаних у [5], нами запропоновано вираз, що дозволяє приблизно розрахувати термін експлуатації ламп ДНаТ 400 в пристроях зовнішнього освітлення,

$$t_{гор.е} = (U_{л.зг.} + U_{л.зг.}(U_m / 220 - 1)) - (U_{л.пoch.}(1 + K(U_m / 220 - 1)) + \Delta U_{арм}K_m - \Delta U_{зовн}))t_{гор.стенд}(U_{л.зг.} - U_{пoch.})(220/U_m)^2,$$

де  $t_{гор.е}$  – тривалість горіння ламп в умовах експлуатації (без урахування процесів займання та розгоряння ламп), год.;  $t_{гор.стенд}$  – тривалість горіння ламп в умовах стендових випробувань (при  $U_m = 220 \text{ В} \pm 2\%$ ), год.;  $U_{л.зг.}$  – порогове значення напруги на лампах при  $U_m = 220 \text{ В}$ , при якому лампи можуть згасати, В;  $U_{л.пoch.}$  – напруга на лампах після 100 год. горіння, В;  $U_m$  – напруга мережі, при якій експлуатується лампа, В;  $K$  – коефіцієнт, що враховує зміни на лампах при відхиленні напруги від номінальної;  $\Delta U_{арм}$  – підвищення напруги на лампах при встановленні їх у світильниках при номінальній напрузі мережі, В;  $\Delta U_{зовн}$  – зниження напруги на лампах внаслідок низької температури зовнішнього середовища, що визначається регіоном розміщення, В.

Наведений вище вираз справедливий для конкретної конструкції ламп і враховує тільки зміни напруги на лампах, відхилення напруги електромережі і вплив температури зовнішнього середовища на напругу  $U_{л.}$ . При цьому не враховуються конструктивні особливості ламп. Залежно від конструкції розрядної трубки (штенгельна або безштенгельна) лампи мають різну чутливість до змін напруги електромережі. При випробуваннях ламп безштенгельної конструкції (потужність 250 Вт) було визначено, що збільшення напруги електромережі на 10% приводить до збільшення потужності на 40% замість 30% для ламп з пальниками штенгельної конструкції.

Приймаючи за вихідні дані значення тривалості горіння, одержані при стендових випробуваннях, можна оцінити відносну зміну тривалості горіння при відхиленні напруги електромережі в межах  $\pm 10\%$  в різному освітлювальному обладнанні та в різних кліматичних зонах.

Розрахункові залежності наведено на рис.2. При цьому було взято такі вихідні дані:  $t_{гор.стенд} = 12000$  год.;  $U_{л.зг.} = 125 \text{ В}$ ;  $U_{л.пoch.} = 100 \text{ В}$ ;  $U_m = 242 \text{ В}$ ;  $K = 2,4$  при  $U_m = 242 \text{ В}$  і  $K = 1,6$  при  $U_m = 198 \text{ В}$ ;  $\Delta U_{арм} = 12 \text{ В}$  для закритих світильників і  $\Delta U_{арм} = 9 \text{ В}$  – для відкритих світильників;  $\Delta U_{зовн}$  – для півдня – 1,7 В, середньої смуги –

2,7 В, півночі – 3,7 В.

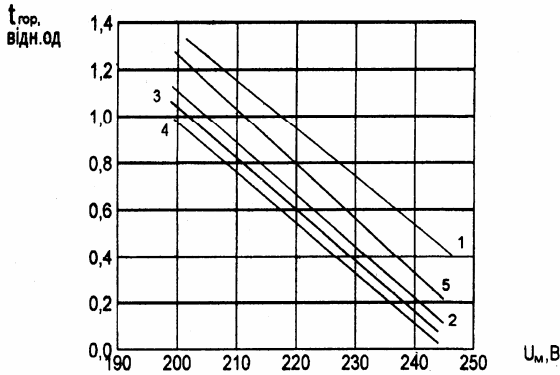


Рис.2 – Залежність відносної тривалості горіння натрієвих ламп типу ДНаТ 400 від напруги живлення у закритих світильниках для різних кліматичних районів: 1 – стендові випробування; 2 – північні райони; 3 – район середньої смуги; 4 – південні райони; 5 – райони Заполяр'я

З наведених вище досліджень видно, що термін експлуатації ламп ДНаТ-400 в схемах з індуктивними дроселями найбільш суттєво залежить від напруги живлення.

Висновки, одержані авторами [5], що стосуються роботи ламп типу ДНаТ-250 при  $U_M=105\% U_{ном}$  з серійними дроселями для цих ламп, також підтверджують зниження надійності комплексу "лампа-ПРА" нижче нормованої. Крива для  $U_M=242$  В практично в усьому діапазоні змін напруги не задовольняє вимогам МЕК по чотиристоронній діаграмі, побудованій в координатах "Потужність - напруга на лампі".

При  $U_L=110$  В потужність лампи перевищить допустиму величину  $P_{max}=290$  Вт і при подальшій експлуатації її в такому режимі буде скорочуватись економічно виправданий термін експлуатації.

Термін експлуатації та інші характеристики НЛВТ суттєво залежать від системи "лампа – ПРА - світильник". Аналіз характеристик з різними типами баластів показав, що значення світлового потоку на протязі терміну експлуатації для системи "лампа - ПРА" відрізняються від відповідних даних, котрі звичайно приводяться в каталогах для номінальної лампи. Ступінь відмінності визначається відхиленням потужності лампи від номінальної, котре в свою чергу визначається характеристикою кривої баласту і характером зміни напруги на лампі

на протязі терміну експлуатації. Термін експлуатації ламп в світільниках суттєво менший, ніж при випробуваннях на стенді тому, що підвищення напруги на лампі в арматурі світільника за рахунок відбитого ІЧ-випромінювання досягає 6-10 В. Стабільність світлового потоку системи "лампа - ПРА" вище, ніж по каталогу для номінальної лампи за рахунок росту потужності. НЛВТ, котрі працюють з баластом для ДРЛ, мають гіршу стабільність у порівнянні з лампами, що працюють із звичайними ПРА для НЛВТ, бо вони працюють на спадаючій ділянці характеристичної кривої баласту.

Припускаючи, що термін експлуатації НЛВТ визначається часом, за який напруга на лампі зростає від 100 до 160 В (при котрій лампа не може працювати стабільно) можна одержати залежність, котра пов'язує термін експлуатації НЛВТ і параметри баласту.

Зважаючи на те, що напруга живлення суттєво впливає на надійність НЛВТ і що це питання недостатньо вивчене для малопотужних НЛВТ, нами проведено дослідження параметрів цих ламп у процесі експлуатації при номінальній, пониженій та підвищеній напругах мережі [6].

Досліджувались лампи потужністю 100 Вт безштенгельної конструкції. Основні характеристики пальника: внутрішній діаметр трубки – 3,8 мм; міжелектродна відстань – 53-54 мм; конструкція тоководів – ніобієвий дріт діаметром 0,9 мм, впаяний в керамічну втулку за допомогою склоцементу на основі  $Al_2O_3$ ,  $CaCO_3$ ,  $BaCO_3$ ,  $H_3BO_3$ .

Одержані результати показали, що тривалість роботи лампи в комплекті з ПРА суттєво залежить від  $U_m$ . Інформація, наведена в [7], про те, що термін експлуатації натрієвих ламп скорочується у випадку зменшення напруги  $U_m$  внаслідок збільшення часу займання і розгоряння, під час стендових випробувань не підтвердилися. Збільшення  $U_m$  до 240 В скорочує термін експлуатації досліджених ламп, більш ніж у 2 рази. Що стосується світлового потоку, то в разі приблизно однакового зростання потужності і спаду світлової віддачі його рівень у процесі експлуатації змінюється мало. У зв'язку з цим доцільно ввести в нормативну документацію запропоновану в [7] залежність терміну експлуатації від напруги мережі живлення  $U_m$ .

Подовження тривалості горіння натрієвих ламп можна досягти кількома шляхами і, в першу чергу, шляхом підвищення якості електроенергії. У [5] показано, що для ламп ДНаТ250 комплект "лампа - ПРА" працює надійно тільки при відхиленні напруги не більш ніж на  $\pm 5\%$  номінальної.

У випадку експлуатації НЛВТ в мережах з великими відхиленнями пропонується вирішувати питання обмеження потужності ламп шляхом застосування спеціальних пристроїв стабілізації напруги мережі або використовувати ПРА, що призначені для експлуатації в мережі з напругою, яка відрізняється від номінальної.

Для підвищення тривалості горіння ламп можна використовувати комплект "лампа - ПРА" з напругою живлення 240 В. У такому разі світловий потік ламп, ввімкнених в мережу з напругою живлення  $U_M=220$  В, буде нижчим на 25%, а тривалість горіння в реальних умовах експлуатації повинна зрости майже в 2 рази.

Одна з можливостей збільшення надійності натрієвих ламп для умов експлуатації з підвищеними відхиленнями  $U_M$  полягає в розробці конструкцій ламп, взаємозамінних за електричними параметрами з існуючими, але з меншим тепловим навантаженням пальника. Зрозуміло, що такі лампи в однакових умовах експлуатації будуть поступатися за світловою віддачею.

Таким чином, при розгляді питань експлуатаційної надійності і нормування терміну експлуатації натрієвих ламп високого тиску необхідно враховувати цілий ряд змінних величин, що впливають на її характеристики. Головні з них такі:

- діапазон напруги на лампі (за рахунок допусків конструкції та технології виробництва);
- 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.

Цю динамічну систему виражають у формі діаграми з обмеженими параметрами лампи, що включає всі змінні величини [8]. Діаграма об'єднує вимоги до лампи, опору ПРА, включаючи також ефект світильника. Вона дає інформацію для розрахунків опору індуктивного баластного з урахуванням допусків на електричні характеристики лампи протягом терміну їх експлуатації і впливу світильників. Враховуючи допуски на ПРА (в межах ліній найменшої і найбільшої потужності), чотиристороння діаграма для даної системи встановлює робочі допуски для будь-якої лампи, що працює з будь-яким індуктивним баластним опором.

1.Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.

2.Molesdole P. Low wattage SON lamps // IPLE Light.J. -1984. V. 49. №3.-P. 168-169.

3. Denbigh P.L. Extending the life of low-power high-pressure sodium lamps // Light. Res. and Technol. 1983. V.15. №4. -P.171-178.
4. De Baggis Enzo. Alimentazione contensione vavabile direte delle lampade a vapare di sodio alta pressione // Luce. – 1984. -V.23. – №5. – P.173-182.
5. Вердеревская А.Н., Волкова Е.Б., Троицкий А.М. Особенности эксплуатации комплекса „Натриевая лампа высокого давления - пускорегулирующий аппарат” // Светотехника. – 1989. – №11. – С.8-11.
6. Иванов В.М., Кожушко Г.М., Корягин О.Г. Напряжение сети и срок службы маломощных натриевых ламп // Светотехника. – 1992. – №7-8. – С.2-3.
7. Танака и др. Влияние режимов включения натриевых ламп высокого давления на характеристики ламп // Мицубиси денки гихо. –1978. V.52. – №10. –P.725-729.
8. Лампы натриевые высокого давления // Публикация 662. МЭК. 1980.  
*Отримано 22.09.2003*

УДК 628.9.06 : 004.05

**Р.Ж.КРУТОВОЙ**

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

## **О СИСТЕМЕ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ НА ОБЪЕКТАХ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Рассматривается один из возможных подходов к созданию системы управления освещением объектов коммунального хозяйства, для освещения которых используется трехфазная система питания.

Одним из направлений повышения эффективности осветительных установок является использование систем автоматического управления (САУ) освещением.

По результатам исследований, проведенных различными авторами, использование таких систем позволяет уменьшить непроизводительные затраты электроэнергии на 20-30% [1].

Разработанные и используемые в настоящее время системы управления освещением можно разделить на несколько групп. Выбор той или иной системы необходимо проводить в зависимости от типа помещений и тех зрительных задач, которые в них решаются.

Одной из таких систем является отключение рядов светильников, которые расположены параллельно световым проемам. Это самое простое и доступное средство управления освещением, не требующее значительных материальных затрат. Однако, учитывая влияние человеческого фактора, ожидать значительного сокращения расхода электроэнергии при использовании данного варианта не приходится.

Более эффективным является использование автоматических и дистанционных систем управления освещением.