



Кожушко Г. М.,
Басова Ю. О.,
Кислиця С. Г.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕСУРСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНИХ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП ПРИ ФОРСОВАНИХ РЕЖИМАХ ВИПРОБУВАНЬ

В статті представлено результати ресурсних випробувань компактних люмінесцентних ламп в режимі частих вмикань. На основі середньої кількості вмикань до відмови запропоновано методику прогнозування середньої тривалості горіння цих ламп. З використанням методики проведена оцінка ресурсних параметрів компактних люмінесцентних ламп різних торговельних марок, присутніх на ринку України.

Ключові слова: лампа компактна люмінесцентна, тривалість горіння, ресурсні випробування.

1. Вступ

Таблиця 1

Одним із факторів, який стримує широке використання компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) в житловому секторі є недостатня інформація про реальні показники якості окремих виробників ламп, особливо про надійність та строк служби КЛЛ [1, 2]. Більшість виробників декларують середню тривалість горіння КЛЛ більше 10 тис. годин, а в реальних умовах часто цей показник значно менший, що викликає недовіру у споживачів. Тому актуальною задачею для створення бар'єрів наповнення ринку неякісною продукцією є дослідження якості КЛЛ, інформування споживачів про реальні характеристики ламп.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Дослідженням якості і надійності КЛЛ присвячена значна кількість робіт [3–8]. В країнах Європейського Союзу для забезпечення необхідного рівня енергоефективності та надійності джерел світла побутового призначення Регламентом ЄС № 244/2009 [9] введені обов'язкові вимоги щодо характеристик ламп та інформації, яка має надаватись на упаковці, каталогах та офіційних сайтах виробника (відповідального продавця) ламп. Мінімальні значення параметрів КЛЛ, які мають забезпечуватись виробником, представлені у табл. 1 [9].

Для перевірки тривалості горіння КЛЛ традиційними методами необхідно кілька років, тому потрібні прискорені методики, зокрема методики, які базуються на фізичному моделювання.

Фізичне моделювання — це заміна вивчення процесу, який протікає в натурі, вивченням подібного процесу. Основна суть моделювання полягає в тому, щоб за результатами дослідів з моделями, які можна провести з меншими витратами часу і коштів, можна було отримати невідомі раніше закономірності. Для правильного фізичного моделювання необхідно, по-перше, встановити умови подібності двох явищ — в моделі і в реальних умовах, і по-друге, визначити, як ними користуватись для передбачення (прогнозування) результатів реальних процесів.

Функціональні вимоги до КЛЛ

Функціональний параметр	Етап 1	Етап 2
Коефіцієнт збереження придатних ламп після 6000 год	≥ 0,50	≥ 0,70
Коефіцієнт збереження світлового потоку	Після 2000 год: ≥ 85 % (≥ 80 % щодо ламп з зовнішньою колбою)	Після 2000 год: ≥ 88 % (≥ 83 % щодо ламп з зовнішньою колбою). Після 6000 год: ≥ 70 %
Кількість циклів вмикання до відказу	≥ половина строку служби, в год; ≥ 10000, якщо час вмикання лампи > 0,3 с (з попереднім підігріванням катодів)	≥ половина строку служби ламп, в год; ≥ 30000, якщо час вмикання лампи > 0,3 с

Для прискореної оцінки ресурсу КЛЛ авторами даної роботи розглядалась модель функціонування ламп в режимах частих вмиканнях, так як їх строк служби визначається, головним чином, швидкістю витрачання емісійного матеріалу катодів, який найбільш інтенсивно витрачається при вмиканні ламп [10, 11].

Враховуючи, що різні режими вмикання КЛЛ суттєво впливають на розпилення та випаровування емісійного матеріалу, окремо випробовувались лампи без попереднього підігрівання та з попереднім підігрівом катодів.

При вмиканні без попереднього підігрівання катодів у лампі використовується, як правило, резонансна схема, яка на сьогодні отримала найбільше розповсюдження завдяки своїй простоті та низькій вартості [12, 13].

Якщо резонансна частота LC-контурі співпадає з першою гармонікою напруги інвертора, то повний опір контуру для цієї гармоніки буде визначатись тільки опором електродів ламп і активним опором для дроселя і в контурі протікає струм, а на реактивних елементах контуру (L, C) виникає висока резонансна напруга, яка достатня для пробою розрядного проміжку і вмикання лампи. Однак ця схема має ряд суттєвих недоліків.

Висока напруга виникає відразу після вмикання інвертора, тобто на лампу подається напруга при холодних або недостатньо прогрітих катодах. Дослідження, проведені в [12] показали, що найбільше розпилення емісійного покриття катодів при вмиканні проходить навіть не при «холодних», а при недостатньо нагрітих катодах. При такій схемі вмикання струм лампи досягає номінального значення без температурної паузи в стадії тліючого розряду протягом кількох періодів після прикладання напруги. Енергія, яка підводиться до катодів за дуже короткий відрізок часу спричиняє зміну температури на поверхні емісійного покриття катоду (за рахунок іонного бомбардування) до 10^5 градусів в секунду, що еквівалентно мікрровибуху [10].

Струм нагрівання катодів при певних умовах може досягти в кілька разів перевищуючи допустимі значення, так як опар холодних електродів значно менший, ніж у гарячих. Це також приводить до скорочення строку служби ламп.

Режим з попереднім підігріванням електродів значно «м'якший» для вмикання КЛЛ. Так як напруга «гарячого» запалювання в кілька разів нижча, ніж «холодного», то на лампу подається напруга значно менша, ніж в резонансній схемі. Для цього використовують різні схемні рішення. Досить часто використовують схеми електронного пристрою живлення з двома інверторами. Для підігрівання електродів використовується окремий інвертор, а основний вмикається з затримкою на 0,5–2 с, після нагрівання катодів до необхідної температури. Після вмикання КЛЛ інвертор підігрівання катодів автоматично відключається. Пускові процеси суттєво зменшують довговічність катодів і, відповідно, строк служби.

В схемі вмикання з попереднім підігріванням катодів відсутня різка зміна температури емісійного покриття, що забезпечує більшу кількість вмикань (в порівнянні з «холодним») і, як результат, більша тривалість горіння. За даними [10] ЛЛ в неперервному режимі горіння при частоті напруги живлення 60 Гц може функціонувати 32000 год., в схемах з попереднім підігріванням катодів (в 3-х годинному циклі вмикання) — 16000 год., а без попереднього підігрівання катодів — до 9000 год.

Метою даної роботи було дослідження кількості циклів вмикань КЛЛ різних торговельних марок та розробка на основі середньої кількості циклів вмикань методики прогнозування середнього строку служби цих ламп.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- 1) провести випробування КЛЛ на середню тривалість горіння у відповідності з міжнародним стандартом СІЕ ІЕС 60969:2001 і на середню кількість вмикань у відповідності з вимогами Регламенту ЄС № 244/2009;
- 2) розробити методику прогнозування середньої тривалості горіння компактних люмінесцентних ламп на основі середньої кількості вмикань;
- 3) оцінити тривалість горіння КЛЛ різних виробників за допомогою запропонованої методики.

3. Результати досліджень компактних люмінесцентних ламп

Припустимо, що при безперервному горінні тривалість горіння лампи буде T_0 . Тоді при горінні лампи з певною кількістю циклів вмикання T_n буде:

$$T_n = T_0 - kn, \quad (1)$$

де k — коефіцієнт пропорційності, який має розмірність часу, тобто це еквівалентна тривалість горіння, яка дорівнює одному вмиканню лампи при певних умовах; n — кількість циклів вмикань.

Для експериментального визначення k достатньо визначити середню тривалість горіння ламп при різній кількості вмикань, наприклад, n_1 і n_2 , тоді згідно з (1) можна записати:

$$\begin{aligned} T_{n1} &= T_0 - kn_1, \\ T_{n2} &= T_0 - kn_2. \end{aligned} \quad (2)$$

Вирішуючи цю систему рівнянь відносно k маємо:

$$k = \frac{T_{n1} - T_{n2}}{n_1 - n_2}. \quad (3)$$

Середня тривалість горіння лампи $T_{\text{сер}}$ при відомій середній кількості вмикань $n_{\text{сер}}$ може бути визначена як:

$$T_{\text{сер}} = kn_{\text{сер}}. \quad (4)$$

Дослідження тривалості горіння КЛЛ (в режимі вмикання ламп 8 разів на добу) і середньої кількості їх вмикань до відмови (1 хв у ввімкненому стані, 3 хв у вимкненому стані) проводили на партіях ламп однієї конструкції, виготовлених за однією технологією. Були взяті лампи торговельної марки «Люмакс» виробництва ТОВ «Газотрон Люкс» потужністю 20 Вт. Схема електронного пристрою живлення ламп передбачала попередній підігрів катодів. Випробування середньої тривалості горіння проводили у відповідності з СІЕ ІЕС 60969 [14] на вибірці 20 шт, а випробування в режимі частих вмикань — на такій же вибірці у відповідності з Регламентом ЄС № 244/2009 [9].

Середня тривалість горіння партії ламп при вмиканні ламп 8 разів на добу була приблизно рівною 15100 год при кількості вмикань 5030. Середня кількість вмикань, яку витримала партія таких же ламп при частих циклах вмикання дорівнювала приблизно 32900. Розрахований на основі цих даних $k = 0,53$ год, тобто одне вмикання дорівнює приблизно 0,53 год функціонування лампи в безперервному режимі горіння. Безумовно, значення k може дещо змінюватись для інших конструкцій ламп і цю залежність необхідно уточнювати для кожної конкретної конструкції, але порядок цієї величини для КЛЛ з попереднім підігріванням катодів буде приблизно таким же. Для ламп без попереднього підігрівання катодів величина k , отримана на основі статистичних даних заводу «Газотрон-Люкс» та власних випробувань приблизно становить 0,65 [15].

Для оцінки тривалості горіння КЛЛ різних торговельних марок були проведені випробування 6 партій ламп, які закуплені через роздрібну торговельну мережу. Випробування проводили при напрузі живлення $220 \pm 2\%$ в режимі 1 хв — у ввімкненому стані, 3 хв — у вимкненому стані. Результати випробувань зведені у табл. 2.

Таблиця 2

Результати випробувань компактних люмінесцентних ламп різних торговельних марок на ресурс (за результатами циклів вмикань)

Торго- вельна марка	Задекларована тривалість горіння, годин	Випробування на ресурс		Середня кіль- кість вмикань, циклів	Прогнозована трива- лість горіння, год (до виходу з ладу 50 % ламп)
		Напрацювання в режимі частих вмикань, циклів	Причини виходу лампи з ладу		
Maxus	12000	6451	перегорання 2-х спіралей	14588	9500
		10528	перегорання 2-х спіралей		
		11251	перегорання спіралі		
		11498	перегорання спіралі		
		14234	перегорання спіралі		
		14727	перегорання спіралі		
		16401	перегорання спіралі		
		18843	відмова пристрою живлення + перегорання спіралі		
		19617	перегорання 2-х спіралей		
		26588	перегорання спіралі		
EuroLamp	12000	179	перегорання спіралі	2912	1900
		486	перегорання 2-х спіралей		
		1681	перегорання спіралі		
		1890	перегорання спіралі		
		2461	перегорання спіралі		
		3620	перегорання спіралі		
		4476	перегорання спіралі		
		4938	перегорання спіралі		
Uniel	12000	6476	перегорання 2-х спіралей	16247	11000
		10173	перегорання 2-х спіралей		
		13378	перегорання спіралі		
		13412	перегорання спіралі		
		16321	перегорання спіралі		
		16661	перегорання спіралі		
		17326	перегорання спіралі		
		17471	перегорання спіралі		
Expert	6000	25235	перегорання спіралі	6751	4200
		5200	відмова пристрою живлення		
		5347	перегорання спіралі		
		5512	перегорання 2-х спіралей		
		5978	перегорання 2-х спіралей		
		7081	перегорання спіралі		
		7425	перегорання 2-х спіралей		
		7491	перегорання 2-х спіралей		
Економка	6000	7522	перегорання 2-х спіралей	6734	4400
		7652	перегорання спіралі		
		4758	перегорання спіралі		
		5684	перегорання спіралі		
		6014	руйнування колби		
		6380	перегорання спіралей		
		7001	перегорання 2-х спіралей		
		7231	перегорання спіралі		
7401	перегорання 2-х спіралей				
8686	перегорання спіралі				
9188	низький світловий потік				

Закінчення табл. 2

Торго- вельна марка	Задекларована тривалість горіння, годин	Випробування на ресурс		Середня кіль- кість вмикань, циклів	Прогнозована трива- лість горіння, год (до виходу з ладу 50 % ламп)
		Напрацювання в режимі частих вмикань, циклів	Причини виходу лампи з ладу		
Двадцят- ка	6000	4050	перегорання спіралі	6013	3900
		5074	перегорання спіралі		
		5099	відмова пристрою живлення		
		5579	перегорання спіралі		
		5890	перегорання спіралі		
		6090	перегорання спіралі		
		6487	перегорання 2-х спіралей		
		6619	перегорання спіралі		
		8318	перегорання 2-х спіралей		
8618	відмова пристрою живлення				

Всі досліджені лампи не мали попереднього підігрівання катодів. Лампи, які вийшли з ладу по іншим причинам, ніж вихід з ладу катодів, при оцінці не враховувались. Зокрема, у ламп «Expert» та «Двадцятка» мали місце відмови з причин виходу з ладу електронних пристроїв живлення.

Для розрахунку тривалості горіння КЛЛ взято значення $k = 0,65$ год/цикл. Точність оцінки тривалості горіння за результатами випробувань в режимі частих вмикань при $k = 0,65$ приблизно 30 %.

4. Обговорення результатів дослідження компактних люмінесцентних ламп на кількість вмикань до відмови

Як видно із триманих результатів, кількість вмикань, яку витримують лампи торговельної марки «EuroLamp» не відповідає вимогам Регламенту ЄС № 244/2009 [8]. Що стосується оцінки ресурсу за результатами в режимі частих вмикань (з врахуванням точності прогнозу), то можна зробити висновок про відповідність задекларованих даних тільки для досліджених ламп торговельної марки «Uniel» і «Maxus».

Аналізуючи отримані дані видно, що задекларовані виробником строки служби суттєво відрізняються від прогнозованих за прискореною методикою. Надійність КЛЛ сьогодні є чи не головним чинником, який викладає недовіру у споживачів, і перш за все у населення. В рекламних матеріалах і на упаковці більшості торговельних марок декларується тривалість горіння 10–12 тис. год і відповідно строк служби 5–8 років. Як показує практика, реально лампи у більшості випадків виходять з ладу протягом 1–3 років. Отримані результати підтверджують, що більшість КЛЛ, які надходять на ринок України (переважно із Китаю) під різними торговельними марками нездатні витримувати кількість вмикань, які забезпечують їх нормальне функціонування протягом часу, як це декларують виробники.

Для вирішення проблеми якості потрібно розширити дослідження споживчих властивостей КЛЛ взятих з ринку, інформувати про їх результати споживачів, виробників, імпортерів, ринковий нагляд. Такі дослідження корисні для розроблення і вдосконалення нормативної бази щодо вимог до надійності ламп. Так, для України

актуальною є задача впровадження Технічного регламенту, розробленого на основі Регламенту ЄС № 244/2009.

Актуальними також є дослідження і аналіз результатів експлуатації КЛЛ в побутовому секторі.

Запропонована в даній роботі методика прискореної оцінки може в певній мірі використовуватись для прогнозу середньої тривалості горіння, хоч і потребує подальшого вдосконалення. Перш за все потрібна більша порівняльна статистика оцінки строку служби ламп різних конструкцій традиційним і прискореним методами (за результатами випробувань в режимі частих вмикань).

5. Висновки

1. Запропонована методика оцінки тривалості горіння КЛЛ за результатами випробування ламп в режимі частих вмикань.
2. Проведені дослідження 6 партій КЛЛ різних торговельних марок на ресурс кількості вмикань та зроблено прогноз щодо відповідності їх середньої тривалості горіння задекларованим даним.
3. Встановлено, що мінімальна кількість вмикань, яку витримують КЛЛ в основному відповідає вимогам Регламенту ЄС № 244/2009, а прогноз щодо середньої тривалості горіння (за результатами середньої кількості вмикань) для більшості досліджених КЛЛ нижчий, ніж декларується виробником.

Література

1. Басова, Ю. О. Дослідження світлотехнічних параметрів та надійності компактних люмінесцентних ламп різних торговельних марок [Текст] / Ю. О. Басова, Г. М. Кожушко // Товарознавчий вісник. — Луцьк, ЛНТУ, 2009. — № 1. — С. 22–32.
2. Басова, Ю. О. Порівняльні дослідження основних характеристик електричних джерел світла [Текст] : тези доповідей II Міжн. наук.-практ. конф. студ., аспірантів та молодих вчених, Дніпропетровськ, 30 березня 2011 р. / Ю. О. Басова, Л. М. Крива // Формування механізмів управління якістю та підвищення конкурентоспроможності підприємств. — Т. 1. — Д.: ДУЕП ім. Альфреда Нобеля, 2011. — С. 36–38.
3. Pramod Bhusal. Lamp Life and its Prediction from Building Automation Data [Text] / Bhusal Pramod // Light & Engineering. — № 1. — 2008. — Р. 60–67.
4. Tetri, E. Profitability of Switching off Fluorescent Lamps: take-a-break [Text] / E. Tetri // Right Light 4. Proceedings of the 4th European Conference on Energy-Efficient Lighting. Copenhagen, Denmark, 19–21 November 1997. — Р. 113–116.

5. Carriere, L. A. Economics of switching fluorescent lamps [Text] / L. A. Carriere, M. S. Rea // IEEE Transactions on Industry Applications. — 1988. — Vol. 24, № 3. — P. 370–379. doi:10.1109/28.2884
6. Tetri, E. Daylight linked dimming: effect on fluorescent lamp performance [Text] / E. Tetri // Lighting Research and Technology. — 2002. — Vol. 34, № 1. — P. 3–10. doi:10.1191/1365782802li020oa
7. Bodart, M. Performances of Compact Fluorescent Lamps with Integrated Ballasts and Comparison with Incandescent Lamps [Text] / M. Bodart, B. Roisin, P. D'Herdt, A. Kerpens, P. Hanselaer, W. R. Ryckaert, D. G. Arnaud // Light & Engineering. — № 2. — 2010. — P. 83–99.
8. Кожушко, Г. М. Дослідження споживних властивостей компактних люмінесцентних ламп процесі їх строку служби [Текст]: Матеріали 1-ої Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 26–27 лютого 2014 р.). / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова, В. І. Давиденко, С. Г. Кислиця // Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практика, освіта. — Полтава: ПУЕТ, 2014. — С. 134–139.
9. Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for non-directional household lamps [Electronic resource]: COMMISSION REGULATION (EC) No 244/2009 of 18 March 2009. — Available at: \www/URL: http://gisee.ru/upload/244-2009.pdf — 10.10.2014 г.
10. Уэймаус, Д. Газоразрядные лампы [Текст]: пер. с англ. / Д. Уэймаус; под ред. Г. Н. Рохлин, М. И. Фугенфиров. — М.: Энергия, 1977. — 344 с.
11. Рохлин, Н. Г. Розрядные источники света [Текст] / Н. Г. Рохлин. — М.: Энергоиздат, 1991. — 720 с.
12. Варфоломеев, Л. П. Электронные пускорегулирующие аппараты для люминесцентных ламп. Новости светотехники [Текст] / Л. П. Варфоломеев; под ред. Ю. Б. Айзенберга. — М.: Дом Света, 1999. — Вып. 1(13). — 12 с.
13. Варфоломеев, Л. П. Электронные пускорегулирующие аппараты и системы управления освещением. Новости светотехники [Текст] / Л. П. Варфоломеев; под ред. Ю. Б. Айзенберга. — М.: Дом Света, 2002. — Вып. 1(36). — 13 с.
14. Self-ballasted lamps for general lighting services — Performance requirements [Electronic resource]: CEI IEC 60969:2001. — Available at: \www/URL: http://webstore.iec.ch/preview/info_iec60969%7Bed1.2%7Db.pdf. — 10.10.2014 г.
15. Басова, Ю. О. Показники якості компактних люмінесцентних ламп [Текст]: тези Всеукр. наук.-практ. конф., 24–25 листопада 2009 р., м. Луцьк / Ю. О. Басова // Проблеми якості вітчизняних товарів. — Луцьк: ЛНТУ, 2009. — С. 26–29.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП ПРИ ФОРСИРОВАННЫХ РЕЖИМАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье представлены результаты ресурсных испытаний компактных люминесцентных ламп в режиме частых включений. На основе среднего количества включений до отказов предложена методика прогнозирования средней продолжительности горения этих ламп. С использованием методики проведена оценка ресурсных параметров компактных люминесцентных ламп разных торговых марок, представленных на рынке Украины.

Ключевые слова: лампа компактная люминесцентная, продолжительность горения, ресурсные испытания.

Кожушко Григорій Методійович, доктор технічних наук, професор, кафедра товарознавства непродовольчих товарів, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна, e-mail: kgm46@rambler.ru.
Басова Юлія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра товарознавства непродовольчих товарів, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна, e-mail: basovay@mail.ru.
Кислиця Світлана Григорівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматики та електроприводу, Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, Україна, e-mail: kislicacv@ukr.net.

Кожушко Григорій Методієвич, доктор технічних наук, професор, кафедра товароведения непродовольственных товаров, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.
Басова Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент, кафедра товароведения непродовольственных товаров, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.
Кислиця Светлана Григорьевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра автоматики и электропривода, Полтавский национальный технический университет им. Ю. Кондратюка, Украина.

Kozhushko Gregory, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine, e-mail: kgm46@rambler.ru.
Basova Julia, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine, e-mail: basovay@mail.ru.
Kyslytsia Svetlana, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Ukraine, e-mail: kislicacv@ukr.net

УДК 001.51: 620.91:658.26

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.30017

Доценко С. И.

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ДИАЛОГОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

В статье предложен метод диалогового управления деятельностью по обеспечению рационального использования энергоресурсов. Метод основан на методологии стандартов ISO 9001 и ISO 14001. Показано, что в случае формирования системы энергоменеджмента в форме автоматизированной системы управления, ее следует классифицировать как диалоговую систему управления, или же, как систему поддержки принятия решений управляемую моделью.

Ключевые слова: модель, энергоресурс, деятельность, энергоменеджмент, система.

1. Введение

Рациональному использованию энергетических ресурсов предприятиями промышленности, жилищно-ком-

мунального сектора и сельского хозяйства Украины уделяется первостепенное значение. Методологической основой решения данной задачи на предприятиях должна стать система энергетического менеджмента (СЭМ).