

ДІАГНОСТИКА КОМПАКТНИХ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП, СПРЯМОВАНА ДЛЯ НАСТУПНОГО РЕМОНТУ

Піхтарь О.В., студент; Жарков В.Я., доц., к.т.н.

(ДВНЗ «Таврійський державний агротехнологічний університет», м. Мелітополь, Україна)

Альтернативою лампам розжарювання (ЛР) є компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ). Завдяки продуманій конструкції вони легко встановлюються в стандартний патрон Е27 для ЛР, розрахований для роботи від мережі 220 В, 50 Гц. Крім більш високого ККД, такі лампи відрізняються тривалим терміном служби (виробники гарантують 8 – 12 тис. год.), і відсутністю мерехтіння, характерного для звичайних люмінесцентних ламп. Однак вартість КЛЛ у 10...20 разів перевищує вартість ЛР і складає 20...35 грн. (для ламп побутового призначення). Проте пересічні громадяни не торопляться обзаводитися КЛЛ – по-перше із-за ціни, а по-друге із-за відсутності будь-якої гарантії від продавця [1].

В даний час більш чверті усієї виробленої електроенергії у світі витрачається на штучне освітлення. Тому проблема заміни енерговитратних ЛР на енергозберігаючі лампи (ЕЗЛ), які у п'ять разів менше споживають електроенергії, є всесвітньою проблемою не тільки економічною, а й екологічною, оскільки така заміна призводить до зменшення витрат палива на електростанціях (ЕС) Об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України, а отже і до зменшення викидів парникових газів, які сприяють потеплінню клімату на нашій планеті. Для подовження роботи цих ламп пропонуємо їх діагностувати та ремонтувати.

Для визначення основних несправностей КЛЛ ми розпочали своє знайомство з енергозберігаючими лампами DELUX китайського виробництва. На зарисованій нами схемі з плати КЛЛ ТМ Delux вказані визначені нами номінали електронних елементів та їхні вітчизняні аналоги [2].

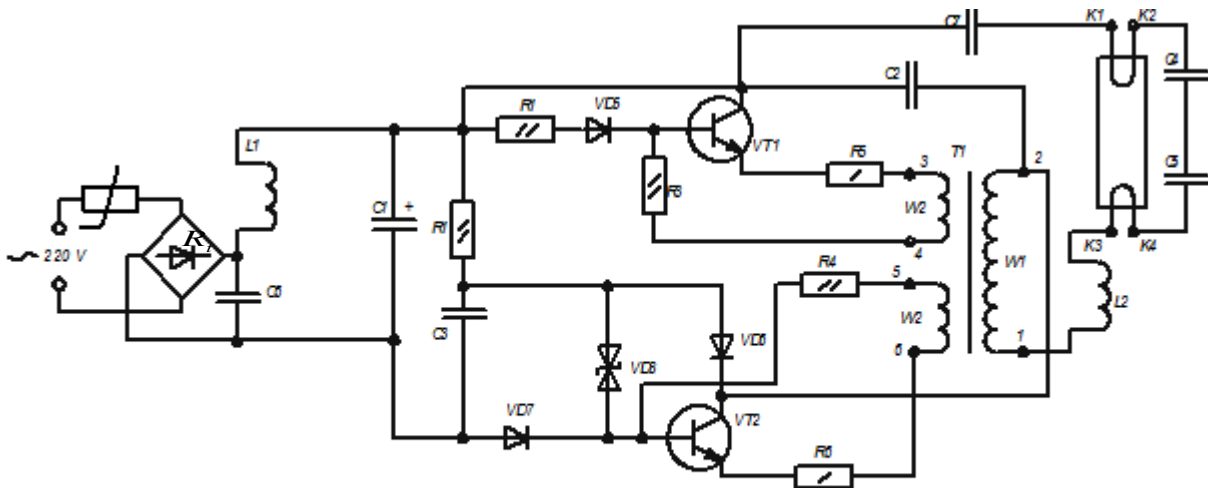


Рисунок 1 – Схема лампи DELUX EQS-04- 28W 6400K 220 V/50 Hz.

Конденсатори: C1 - 10 мФ 400 В; C2 - 1n0J 630 В; C3 - 273J 100 В; C4, C5 – 6n8J 630 В; C7 - 47nJ 400 В; діоди VD1...VD7 - 1N4007 (заміна КД209Г), VD8 - двосторонній стабілітрон 3BLD; транзистори VT1, VT2 - 13003 (заміна КТ940А або КТ962А); Т1 - трансформатор: W1 – 9 витків; W2, W3 – по 2 витки; L1 – індуктивність; L2 – дросель 29 мГ; Резистори: R1, R2 - 1 мОм; R3, R4 - 20 Ом; R5, R6 - 2,2 Ом, RT термістор.

Робота електролампи. Відразу після включення, коли катоди газорозрядної лампи ще холодні, підведеної напруги до лампи недостатньо для її загоряння. На цьому етапі коливальний контур складається з послідовно включених конденсаторів С3, С4 і індуктивності L1, що приводить до збільшення частоти автоколивань. Струм, що протікає через катоди і конденсатор С4, приводить до розігріву катодів і загоряння лампи.

Автоколивальний режим забезпечує трансформатор Т1, первинна обмотка якого включена в коливальний контур, а вторинні - у базові кола транзисторів VT1 і VT2. Частота автоколивань визначається величиною індуктивності L1 і ємності конденсаторів С3 і С4. Для первісного запуску схеми після включення служать елементи R3, VD7 і С6. У момент, коли напруга на конденсаторі С6 зростає до величини, достатньої для пробою стабілітрона VD7, через нього починає протікати струм, і транзистор VT2 відкривається. Діод VD5 розряджає конденсатор С6 при відкриванні транзистора VT2 і виключає вплив пускового кола на роботу схеми в робочому режимі. Струм заряду конденсаторів С3, С4, що протікає по первинній обмотці трансформатора Т1, створює у вторинних обмотках напругу, достатню для закривання транзистора VT2 і відкривання VT1. Це приводить до розряду конденсаторів С3, С4 через відкритий транзистор VT1. Струм у первинній і вторинній обмотках трансформатора Т1 змінює свій напрямок, і транзистор VT1 закривається, а VT2 відкривається, і процес повторюється.

Відразу після включення, коли катоди газорозрядної лампи холодні, підведеної напруги до лампи недостатньо для її загоряння. На цьому етапі коливальний контур складається з послідовно включених конденсаторів С3, С4 і індуктивності L1, що приводить до збільшення частоти автоколивань. Струм, що протікає через катоди і конденсатор С4, приводить до розігріву катодів і загоряння лампи. Після загоряння лампи конденсатор С4 шунтується низьким опором лампи при її світінні, частота автоколивань зменшується до робочої величини, розігрів катодів припиняється. Резистор R7 служить для розряду конденсаторів коливального контуру С3, С4 після вимикання лампи [2].

Основні несправності лампи ТМ Delux, з якими ми зіткнулися при дослідженні цих ламп, наступні.

1. Основним джерелом пошкоджень більшості ламп ТМ Delux була несправність одного з її електродів. Така лампа звичайному ремонту не підлягає. Проте після заміни пошкоджених колб звичайними циліндричними відновлені лампи продовжують нормально працювати.

2. Другим пошкодженням ламп Delux було порушення скрутного з'єднання між електронним баластом і електродами колби. Після виконання з'єднання пайкою електролампа продовжує нормально працювати.

3. Іншим джерелом проблем виявилися резистори R1 і R3, а також конденсатор С1. Після їхньої заміни електронні баласты починають працювати відразу, без усяких проблем. Складностей з їх настроюванням після ремонту не виникало.

4. Якщо після включення не відкривається транзистор VT2, варто перевірити елементи пускового ланцюга R3, VD7, С6.

5. Ще одним джерелом проблем виявилися пошкодження одного із транзисторів VT1 чи VT2. Після їхньої заміни лампи надійно працюють.

6. Також ми зіткнулися з перегоранням термістора R_t , який забезпечує плавний пуск лампи: його опір при нагріві після включення зменшується, а напруга на лампі плавно збільшується, він виконує роль запобіжника. Після заміни термістора лампа надійно працює.

Отже, діагностика КЛЛ дає можливість виявити їх основні несправності, завдяки чому ремонт ламп значно полегшується.

Перерахуємо основні можливі несправності КЛЛ виявлені з урахуванням літературних джерел [3].

1. Нова лампа не засвічується: причиною може бути поганий контакт у патроні, розрив проводів в електродах або повітря в трубці.

2. Нова лампа при вмиканні блимає і не засвічується: при цьому рекомендується декілька раз її ввімкнути, це може ліквідувати блимання. Якщо лампа продовжує блимати, то причиною може бути несправність стартера, тоді його потрібно замінити.

3. У лампі спостерігається потемніння трубки з одного або двох боків на 50-80 мм від основ до центру: причиною може бути закінчення терміну експлуатації лампи.

4. Ненадійний контакт пружинних контактів в патроні. Щоб усунути цю несправність потрібно підігнути контакти.

5. Послаблена різьба на гвинтах у патроні. Щоб усунути цю несправність потрібно закрутити гвинти, перевірити надійність кріплення провідників.

6. Ненадійний контакт провідників конденсатора з виводами в кінці пайки.

7. Люмінесцентна лампа спочатку засвічується нормально, але потім спостерігається потемніння її кінців, і вона гасне. Зазвичай таке явище пов'язане з несправністю баластного резистора, який не забезпечує нормального режиму роботи люмінесцентної лампи. В цьому випадку слід замінити баластний резистор.

8. При включенні КЛЛ перегорять спіралі та чорніють кінці лампи. Для вирішення цієї несправності слід перевірити напругу живлячої мережі підключеної лампи, а також баластний резистор. Якщо напруга мережі відповідає номінальній напрузі лампи, то несправний баластний резистор, який повинен бути замінений.

Одним з головних недоліків КЛЛ в Україні вважається їх висока вартість, але ми пропонуємо розрахувати термін окупності за формулою (1) [2,4]:

$$T = \frac{C_{\text{КЛЛ}} - C_{\text{ЛР}}}{0,8 \cdot P_{\text{ЛР}} \cdot C_o}, \quad (1)$$

де $C_{\text{КЛЛ}}$ – ціна 1 КЛЛ, 33 грн.;

$C_{\text{ЛР}}$ – ціна 1 ЛР, 3 грн.;

$P_{\text{ЛР}}$ – потужність 1 ЛР, 0,15 кВт;

C_o – тариф на електроенергію.

Для виробництва і бюджетних установ $C_o = 1,147$ грн./кВт.год (Постанова НКРЕ на 1.01.2013 р.)

$$T = \frac{33 - 3,00}{0,8 \cdot 0,15 \cdot 1,147} = 218 \text{ год.}$$

Якщо прийняти, що лампи будуть працювати по 3,5 години за добу, то термін окупності складе:

$$T = \frac{218}{3,5} = 62 \text{ доби} \quad \text{або} \quad \frac{62}{30} = 2 \text{ місяці.}$$

Отже термін окупності від заміни однієї ЛР на КЛЛ складе два місяці.

Для міського населення C_o – тариф на електроенергію, 0,28 грн./кВт.год.

$$T = \frac{33 - 3,00}{0,8 \cdot 0,15 \cdot 0,28} = 893 \text{ год.}$$

Якщо прийняти, що лампи будуть працювати по 3,5 години за добу (в спальні), то термін окупності складе:

$$T = \frac{893}{3,5} = 255 \text{ діб} \quad \text{або} \quad T = \frac{255}{30} = 8,5 \text{ місяців.}$$

Отже для населення термін окупності від заміни однієї ЛР на КЛЛ складе близько 9-ти місяців. На кухні і в залі лампи горять довше, а отже термін окупності буде меншим.

Чим вищий буде тариф на електроенергію (а він весь час збільшується), тим істотніше буде економія коштів, і тим швидше буде окупатися лампа.

Проте головною проблемою все ж можна вважати утилізацію пошкоджених ламп.

КЛЛ – це скляна трубка з електродами, наповнена інертним газом і парами ртуті, які становлять небезпеку для здоров'я людини, тому наші рекомендації наступні:

- продавати КЛЛ населенню тільки в спеціалізованих магазинах;
- продавець бере невелику заставу і дотримується гарантованих термінів експлуатації;
- при принесенні пошкоджених ламп продавець повертає заставу, або пропонує відремонтувати КЛЛ з доплатою за ремонт;
- пошкоджені лампи продавець відправляє на ремонт, а пошкоджені колби на утилізацію.

Впровадження наших рекомендацій збільшить продаж та вирішить проблему утилізації КЛЛ.

Адміністрація школи м. Мелітополя приступила до заміни ЛР на ЕЗЛ фірми Philips з нового навчального року, тобто з 1.09.2009 р.

Споживання електроенергії за вересень-грудень 2009 р. в порівнянні з відповідним періодом попереднього року подано в табл 1.

Таблиця 1 - Споживання електроенергії за вересень-грудень 2009 р.

Місяць	2008 р., кВт·год	2009 р., кВт·год	Відхилення кВт·год	% економії коштів
Вересень	988	634	- 354	35,8
Жовтень	2284	708	- 1576	69
Листопад	2864	848	- 2016	70,4
Грудень	2898	760	- 2138	73,8
Всього	9034	2950	- 6084	67,3

Із табл. 1 видно, що із зменшенням тривалості світлового дня і збільшенням кількості ЕЗЛ місячна економія електроенергії неухильно збільшується з 35,8% у вересні до 73,8% у грудні. Звичайно ця економія електричної енергії пов'язана не тільки з заміною ламп, а і з іншими заходами щодо енергозбереження.

За чотири місяці школа зекономила 6084 кВт.год. електроенергії, що призвело до зменшення викидів CO₂ на ТЕС на 6 т (1 кг CO₂ на 1 кВт.год) [3].

Таким чином, придбання КЛЛ стає вигідним, вони не тільки економлять кошти, а також набагато зменшують викиди парникових газів (ПГ) до атмосфери. Наприклад, виробництво електричної енергії в Україні за 2011 р становить близько 200 млрд. кВт·год., з них 25% йде на освітлення, тобто $0,25 \cdot 200 = 50$ млрд. кВт·год. Якщо, хоча б половину ЛР замінити на КЛЛ, які економлять 80% електроенергії, то економія електроенергії становитиме $0,8 \cdot 25 = 20$ млрд. кВт·год, а викиди ПГ зменшаться на 20 млн.т, оскільки одна зекономлена кіловат-година зменшує на 1 кг викиди ПГ [4]. В Україні поступово замінюються ЛР на КЛЛ, наслідком цього є зменшення електроспоживання і часткове зменшення виробництва електроенергії, що можна побачити на рисунку 2.

Аналіз виробництва електричної енергії в Україні за 1990-2011 рр.

Виробництво електроенергії в Україні досягло максимуму у 1990 р. (298 млрд. кВт·год.), після чого падало до 2000 р. (171 млрд. кВт·год.). З початком економічного підйому виробництво росло, досягнув у 2007 р. рівня 1995р. (196 млрд. кВт·год.). У кризисному 2009 р. воно знизилося до рівня 2002 р., у 2010 відновило ріст, а у 2011 р. знову вийшло на рівень 2007 (1995 р.). З рисунку 2 видно, що виробництво електроенергії за останні 10 років значно скоротилося, тим самим зменшилися викиди парникових газів.



Рисунок 2 – Виробництво електричної енергії в Україні за 1990-2011 рр.

Відмова від традиційних ЛР відбувається в усьому світі, як у добровільному, так і в законодавчому порядку У Євросоюзі з 2011 року повністю відмовились від ЛР потужністю 60, 75 та 100 Вт. З першого січня 2009 року від ЛР потужністю 75, 100 і 150 Вт відмовилася Великобританія. Не відстають від Європи й інші частини світу. Австралія від ЛР повністю відмовляється з 2010 року. Росія також має намір наслідувати приклад Європи і розпрощатися з ЛР. Оголосити поза законом ЛР збираються і в штаті Каліфорнія [5].

Україна, хоч і повільно, також просувається в напрямку впровадження КЛЛ. Своєю Постановою від 16 жовтня 2008 р. КМУ запланував замінити всі ЛР на енергоекономічні у всіх бюджетних організаціях. Купувати нові ЛР бюджетним організаціям взагалі заборонено.

Таким чином, запропонована технологія діагностування та ремонту КЛЛ сприяє збільшенню купівельної спроможності населення, а отже - заміні існуючих ЛР на ЕЗЛ:

- для споживачів - це економія коштів на освітлення;
- застосовуючи сучасні джерела світла у бюджетних організаціях здійснюються заходи щодо зменшення обсягу споживання енергоресурсів, та відповідно заощаджуються кошти державного бюджету країни;
- для світової спільноти - зменшення викидів ПГ, що визивають потепління клімату на Землі.

Перелік посилань

1. Обґрунтування необхідності і технології ремонту компактних люмінесцентних ламп/ Е.Р. Білялов, О.О. Шушара, Д.М. Мисов, В.Я. Жарков // Матеріали наук.-техн. конференції студентів та магістрантів.- Вип. XI, т 2.- Мелітополь: ТДАТУ, 2012.- С. 72-76.

2. Коваленко І.В. Обґрунтування заміни ламп розжарювання на енергоекономічні для освітлення навчального закладу/ І.В Коваленко, А.І. Кащеєва, В.Я. Жарков // Матеріали наук.-техн. конф. студентів. - Вип. XI, т 2.- Мелітополь: ТДАТУ, 2012. С. 28-32.

3. Царьов К.В. Ремонт компактных энергосберегающих люминесцентных ламп/ К.В. Царьов //Электрик.-2006.-№11-12.-С. 59-61.

4. Манич А.О. Обґрунтування економічного тарифу на оплату електроенергії в побуті/ А.О. Манич, О.С Атрошенко, В.Я. Жарков //Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та студентів.- Донецьк: ДонНТУ.- 2008. - С.81-84.

5.http://www.ecotopen.de/download/EcoTopTen_Endbericht_Lampen.pdf Energiesparlampe als EcoTopTen-Produkt.