

- роксидного бєлення целлюлозосодержащих текстильных материалов / В. А. Евдокимова, М. Л. Кулигин // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 1. – С. 227–229.
4. Випробовування на стійкість забарвлення. Частина J02. Метод оцінювання білості за допомогою приладу : ISO 105-J02:1997, IDT; ГОСТ ИСО 105-J02-2002, IDT. – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 10 с.
5. Фридлянд Г. И. Отделка льняных тканей / Фридлянд Г. И. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – С. 174–188.

УДК 621.327

СПОЖИВЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОПОМІЖНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ЛАМП

В. І. Ткаченко; І. В. Шурдук; Л. В. Дугніст

У статтях [1, 2] було розглянуто споживчі характеристики джерел світла (освітлювальних електричних ламп) і освітлювальних приладів (світильників) відповідно. У цій статті розглянемо споживчі характеристики допоміжних пристроїв, призначених для забезпечення нормального функціонування (горіння) ламп у світильниках. Ця стаття є завершальною в циклі статей щодо розгляду споживчих характеристик світлотехнічних виробів.

1. Лампові патрони

Обов'язковим складником будь-якого світильника є патрон, призначений для припасування лампи (або кількох ламп у разі багатолампового світильника).

Ламповий патрон (англійською (далі – en – lampholder) має забезпечувати як механічне приєднання та надійне утримування лампи за допомогою її цоколя(-ів), так і електричне приєднання лампи до джерела живлення. Проте, існують варіанти припасування, коли пристрій окремо виконують функції або механічного приєднання – утримування, або електричного приєднання. В першому випадку пристрій містить пластини, пружини, затискувачі тощо і має назву «утримувач» (en – holder), а в другому випадку пристрій містить контакти та/або проводи і називається «приєднувач» (en – connector).

Патрони всіх категорій і різновидів мають основну споживчу характеристику із загальною назвою «визначальний розмір цоколя,

важливий для припасування (лампи в патроні), який будемо далі називати «розміром D » (en – determinant – визначальний). Але що це за розмір, залежить від категорії цоколя лампи, яку припасовують.

Розглянемо декілька прикладів:

а) Вольфрамові лампи розжарювання (категорія I – див. [1]), що мають грушо- або грибоподібні, кулясті, циліндричні, еліпсоїдні тощо форми колб, зазвичай припасовують до патронів за допомогою різьбових (едісоновських) цоколів з позначенням E або штифтових (байонетних) цоколів із позначенням B.

Штифтові цоколі (байонетні патрони), які первісно було призначено для використання в світлових приладах автомобілів, мають позначення BA.

Розміром D різьбового цоколя є номінальне значення (більшого, у патрона – меншого) діаметра різьби.

Залежно від цього розміру різьбові патрони (цоколі) мають позначення: E10 (або 11 чи 12) – для мініатюрних ламп, E14 (патрон «міньон»), E27 (або 26) та E40 (або 39) (патрони «голіаф»).

За допомогою різьбових цоколів E27 та E40 припасовують також лампи високого тиску для загального освітлення категорій: Q (ртутні – ДРЛ), S (натрієві – ДНаТ) та M (металогалогенні – ДРІ), а також компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ), призначені для прямої заміни ламп розжарювання з цоколями E14 та E27.

Розміром D штифтового цоколя є номінальне значення зовнішнього діаметра гільзи цоколя (яка має вільно входити в гільзу патрона).

Залежно від цього розміру штифтові цоколі (байонетні патрони) мають позначення: BA22, B15 та B22.

Байнетні патрони мають один або кілька підпружинених контактів, їх використовують у разі існування надмірних зовнішніх механічних впливів (вібрації, удари, прискорення тощо), що можуть призвести до спонтанного викручування ламп із різьбовими цоколями, наприклад, на транспортних засобах, у місцевому освітленні, на різних верстатах тощо.

б) Розмірами D стаканоподібних одноконтактних R7s (single – поодинокій) і двоконтактних підпружинених патронів R17d (double – подвійний) є максимальні значення зовнішніх діаметрів (7 та 17 мм) зазвичай керамічних циліндричних корпусів відповідних цоколів (з відповідною кількістю контактів з заглибленнями) двоцокольних вольфрамво-галогенних ламп (категорії H).

в) Розмірами D патронів з позначенням G, до яких припасовуються цоколі з двома або більшою кількістю виступних контактів, таких як штирки або стійки, є значення відстаней між осями контактів (у разі двох контактів) або діаметра кола, на якому розташовані контакти (в разі більш ніж двох контактів) такого цоколя.

Цоколі G5 та G13 (двоштиркові) використовують у лінійних двоцокольних люмінесцентних лампах, а цоколі (подвійні) 2G13 – в U-подібних люмінесцентних лампах.

Позначення G4, G6,35, GY9,5 мають так звані «основи». Основа (en – base) – безпосередньо частина скляної колби лампи (або частина з іншого ізоляційного матеріалу), яка виконує функції цоколя.

Вольфрамво-галогенні кінопрожекторні лампи (КГК) потужністю від 2000 до 10000 Вт мають цоколі G38.

Стойки мають T-подібну форму («ніжкою» до цоколя), а відповідний патрон має торцеву плоску деталь.

Вольфрамво-галогенні мініатюрні лампи (КГМ) мають двоштиркові основи з двома прорізами, що починаються отворами, в

які мають входити верхні (більшого діаметра) частини стійок, і продовжуються дугоподібними частинами, по яких повертаються тонші частини стійок до упора і потрапляння товстіших частин стійок на підружинені контакти, які забезпечують утримування лампи й електричне її приєднання.

Стойкові контакти мають, наприклад, деякі лампи КГМ поєднані з діхроїчними параболічними відбивачами (див. [1]), а також стартери тліючого розряду.

г) Розміром D цоколів (категорія F) з одним виступним контактом, зазвичай, штирком, є максимальне значення діаметра цього штирка.

д) Розмірами D основ (категорії W) є значення загальної товщини скляної частини основи (або частини з іншого ізоляційного матеріалу) та значення ширини основи, яке надається після знака множення « \times », наприклад, W3 \times 16q, де q (quaternion – чотири, четвірка) означає наявність чотирьох штирків.

е) Розміром D фокусувального патрона (категорія P) є найбільш важливий розмір деталі (частини) цоколя, за допомогою якого фіксується лампа (діаметр фланця, відстань між осями штирків тощо).

Крім того, споживчими характеристиками окремих категорій патронів можуть бути:

- кількість контактів – від одного до п'яти, що позначають відповідно малими літерами s, d, t, q та p, наприклад, E26d (два контакти на куполі), G10q (чотири штирки на колі діаметром 10 мм);

- інша, ніж два, кількість штифтів і їх розташування на патроні, наприклад, B22d-3(90°/135°) – три штифта, розташованих радіально під кутами 90°, 135° та 135° тощо.

Нарешті, якщо цоколі певних категорій не є (або є недостатньо) взаємозамінними або до них висувають спеціальні вимоги, до первинних позначень (категорії) додають літери X, Y, Z або U, або комбінація двох таких літер, або більшої їх кількості.

Враховуючи можливості деяких нюансів і на підставі вищевикладеного, можна стверджувати, що вичерпною (споживчою) характеристикою патрона щодо забезпечення припасування лампи з відповідним цоколем є повне кодове позначення цього патрона.

Крім того, лампові патрони (і цоколі) мають задовольняти цілу низку вимог стосовно легкості припасування ламп, надійності їх утримування та контактоутворення, а також електробезпеки. Такі вимоги встановлюються в серії міжнародних стандартів (МС), яка складається з чотирьох частин.

2. Трансформатори

Відомо, що в електротехніці трансформаторами називаються пристрої, які перетворюють змінну напругу одного значення в напругу іншого значення тієї самої частоти. Нагадаємо також, що пристрої перетворення напруги однієї частоти в напругу іншої частоти називаються *конверторами*; перетворення змінної напруги в постійну – *випрямлячами*, а постійної в змінну – *інверторами*. Стосовно електричних кіл світильників (освітлювальних систем), варто визначити такі випадки використання трансформаторів:

а) Можливість мініатюризації (досягнення компактності) вольфрамово-галогенних ламп і міркування безпеки спричинили появу ламп КГМ на напруги живлення (6, 10, 12, 24, та 30 В), суттєво нижчі, ніж напруга (220 В) централізованих мереж.

б) Для забезпечення належних умов запалювання люмінесцентних ламп (див. далі розділ 3) існують варіанти електричних кіл, у яких відбувається *постійне підігрівання* (струмами від окремих джерел) електродів ламп (див. розділ 6). Такими джерелами є вторинні обмотки трансформаторів. На катода подається напруга з діючим значенням зазвичай від 3 до 9 В. Це можуть бути або два окремих трансформатори, що знижують напругу мережі до вищевказаних значень, або один трансформатор з двома вторинними обмотками, або такий трансформатор має спільне магнітне осердя з індуктивним баластом лампи.

в) У деяких випадках, зазвичай, – з міркувань електробезпеки, існує необхідність того, щоб електричні кола систем освітлення (тобто вторинні кола) не мали прямого електричного контактування з централізованою мережею живлення, наприклад, у системах аварійного освітлення, які можуть живитися від акумуляторних батарей. У таких випадках використовують так звані *розділові* трансформатори,

які мають на обох обмотках однакові кількості витків, тобто не змінюють напругу, а лише передають її.

У зазначених випадках споживчими характеристиками трансформаторів є:

- вторинна напруга трансформатора;
- електрична потужність, яку має передавати трансформатор (з певним запасом) без зайвого (надмірного) перегріву його компонентів;
- високий коефіцієнт корисної дії трансформатора, що не є необхідним, але є бажаним з погляду енергоекономічності.

3. Умови запалювання та протікання електричних розрядів

Розглянемо будь-який газовий (навіть, повітряний) проміжок між двома металевими електродами, приєднаними до полюсів джерела регульованої постійної напруги, приєднавши до цього кола належним чином вольтметр і амперметр. Скільки б ми не збільшували напругу, струм через проміжок не потече, оскільки в ньому немає вільних носіїв заряду, як, наприклад, у металах – вільні електрони, або в електролітах – позитивно та негативно заряджені іони.

Спробуємо іонізувати проміжок, спрямувавши на нього полум'я газового пальника або потік ультрафіолетових або рентгенівських променів сталої інтенсивності. По проміжку потече струм, і з підвищенням напруги струм буде збільшуватися доти, доки всі носії заряду (електрони та позитивно заряджені іони), утворені зовнішнім іонізатором, не стануть досягати електродів. Струм досягне свого насичення і буде залишатися сталим. Утвориться так званий несамостійний розряд, який припиниться в разі припинення дії іонізатора. Але якщо напруга підвищиться наскільки, що заряджені частинки, прискорюючись в електричному полі, будуть набувати енергії, достатньої для ударної іонізації нейтральних частинок газу, струм знову почне зростати. Подальше підвищення напруги буде залучати до процесу іонізації нові й нові частинки. Виникне самостійний розряд, але з лавиноподібним зростанням струму, як за умов короткого замикання, з небажаними наслідками – руйнування, розплавлення електродів тощо.

Висновки:

а) потрібні пристрої, що обмежують струми розрядів; такі пристрої називаються баластами;

б) потрібні механізми (способи) постачання носіїв електричного заряду інші, ніж за допомогою вищезгаданих зовнішніх іонізаторів; такими механізмами є різні види електронної емісії, тобто виривання-вибивання електронів з матеріалу електродів (зазвичай, вольфраму), а також використання оксидних катодів, тобто електродів із покриттями з оксидів металів, що суттєво знижує так звану, роботу виходу електронів (із металу) – енергію, яку треба витратити, щоб звільнити електрон з «полону» кристалічної решітки матеріалу електрода.

4. Баласты

Баластами називаються пристрої, які мають електричний опір, достатній для обмеження струму лампи. Баласты, що використовують у колах освітлюваних ламп поділяються на:

- *активні*, які являють собою відрізки дротів із високоомних матеріалів, зазвичай, у вигляді спіралі; через великі втрати потужності (порівнювані з потужністю лампи) в освітлювальних колах змінної напруги не використовуються;

- *ємнісні*, які являють собою конденсатори; крива змінення струму в колі з таким баластом дуже спотворена – має паузи струму (що може призводити до згасання розряду), має великий коефіцієнт k_a амплітуди (сильно відрізняється від синусоїди, в якій $k_a = \sqrt{2} \approx 1,4$), що зменшує тривалість горіння лампи; комплект «лампа – ємнісний баласт» має малий коефіцієнт потужності (див. пункт е) цього розділу) і утворює радіозавади більш високого рівня, ніж у випадках з баластами інших видів;

- *індуктивні*, у вигляді дроселів – котушок з феромагнітними магнітопроводами (осердями); до певного часу баласты цього виду найбільш часто використовували в світовій практиці;

- *електронні* – найбільш ефективні, які приходять на зміну баластам інших видів.

Баласты для розрядних ламп як низького, так і високого тиску мають нижчезазначені

споживчі характеристики. (Якщо не обумовлено інше, мова йде про індуктивні баласты).

Визначальними характеристиками щодо *взаємозамінності* є:

а) номінальні значення *напруги* живлення та *частоти* її зміни;

б) номінальне значення *потужності* лампи, для якої призначено баласт;

в) значення *повного опору* Z баласту, який визначається формулою (1):

$$Z = \sqrt{R + (2\pi fL)^2}, \quad (1)$$

де R – активний опір дроту обмотки баласту, Ом;

L – індуктивність баласту, Гн;

f – частота змінення напруги, Гц.

За міжнародною термінологією, параметр Z може називатися «імпеданс» (en-impedance) або «відношення» напруга/струм (en-ratio voltage/current), тому що визначається відношенням напруги U_m (мережі) живлення до струму $I_{к.з}$ короткого замикання баласту;

г) значення *струму калібрування* баласту, тобто номінальне значення струму лампи.

Подальші характеристики є показниками якості баластів:

д) значення напруги холостого ходу, тобто значення напруги живлення, яка має подаватися на лампу до моменту її загоряння; за номінального значення напруги живлення 220 В значення такої напруги живлення становить 198 В; за цього значення напруги контролюється час загоряння лампи, який зазвичай має бути менше 30 с;

е) *коефіцієнт потужності* ($\cos\varphi < 1$) комплексу «лампа-баласт».

Під час горіння лампи в колі з індуктивним баластом струм I_d лампи відстає за фазою від напруги U_d на лампі на певний кут φ , тому активну потужність P_d , споживану лампою, визначають за формулою (2):

$$P = IU \cos\varphi, \quad (2)$$

де φ – зсув фаз між струмом і напругою.

У [2] зазначалося, що $\cos\varphi$ є характеристикою світильника, але первісно він є параметром баласту.

Згідно з вимогами МС [4] та [5] коефіцієнти потужності баластів для розрядних ламп як низького (люмінесцентних), так і високого тиску (ДРЛ, ДРІ, ДНаТ тощо) мають бути не менше 0,85. Проте в системах освітлення з люмінесцентними лампами $\cos\phi$ має бути не менше 0,92, цього можна досягатися, використовуючи багатолампові світильники з допоміжною апаратурою, яка складається з однакових кількостей випереджальних (ємнісних) і відстаючих (індуктивних) гілок і однакових кількостей ламп у них.

Оскільки ємнісні баласта мають багато вад, зазначених вище, використовуються комбіновані ємнісно-індукційні баласта, але оскільки в них ємнісний опір X_C зазвичай більше індуктивного опору X_L , вони називаються просто ємнісними.

Коефіцієнт потужності має бути якомога ближчим до одиниці для запобігання реактивних струмів, що кожен півперіоду змінення напруги безкорисно протікають від пристрою, де вони утворюються, до генератора і назад.

Кращим варіантом індуктивного баласту є такий, коли баласт складається з двох однакових незалежних котушок, розташованих паралельно в одному корпусі. Вхідні контакти (перші кінці котушок) приєднуються до джерела живлення, а вихідні контакти до катодів лампи. Кожна з котушок являє собою нібито обкладку такого собі конденсатора, наявність якого разом зі стартерним конденсатором (див. розділ 5) сприяє подавленню радіозавад, і важливим є те, що приєднання до вхідних контактів такого баласту додаткового конденсатора забезпечує підвищення коефіцієнта потужності комплексу «лампа-баласт» з 0,5 до 0,85. Такі баласта називаються компенсованими.

ж) коефіцієнт k_a амплітуди, згідно з міжнародними вимогами, значення k_a не повинні перебільшувати: для ламп ДРЛ – 1,9; для ламп ДНаТ – 1,8; для ламп ДРІ – розглядається; для люмінесцентних ламп – 1,7. Дослідження показують: якщо середню тривалість горіння люмінесцентних ламп за $k_a = 1,4$ (синусоїдна напруга) прийняти за 100 %, то за $k_a = 1,7$ вона зменшується на 5–7 %, а за $k_a = 2,0$ – аж на 30 %.

Крім того, до баластів ставляться вимоги щодо утворюваних рівнів шуму та радіозавад,

стійкості до впливань зовнішніх магнітних об'єктів, теплові вимоги, вимоги до якості ізоляції тощо, які встановлюються в [5] і у відповідних частинах серії стандартів [6]. Але то вже є екологічні вимоги та вимоги безпеки.

На рис. представлено систему умовних позначень (і маркування) баластів різних видів згідно з [8]. І хоча чинність цього стандарту в Україні має бути скасовано з уведенням національних стандартів (ДСТУ), розроблених на основі МС [3] та [4] (до речі, силами співробітників кафедри товарознавства непродовольчих товарів ПУЕТ), система позначень залишиться в технічних умовах вітчизняних виробників баластів.

Варто окремо розглянути таку характеристику баластів, як втрати потужності в них під час функціонування. У стандарті [7] ще встановлено вимоги до цієї характеристики, і наприклад, в індуктивних баластах для люмінесцентних ламп потужністю 15–80 Вт ці втрати не повинні перебільшувати відповідно 20–25 % потужності, споживаною лампою.

З певного часу в МС (в тому числі [4] та [5]) не має вимог до цієї характеристики, так само як немає вимог до значень світлових потоків у МС на лампі. Але на межі тисячоліть світова спільнота взяла курс на раціональне використання енергетичних ресурсів, зокрема, використання енергоекономічного електрообладнання.

Вже в 2000 р. Європарламент і Рада Європи прийняли Директиву [8] щодо енергоекономічності баластів для люмінесцентних (як найбільш використовуваних розрядних) ламп. У Директиві передбачалося поступове (в кілька стадій) вилучення з використання неенергоекономічних баластів. Наприклад, якщо на першій стадії допускалося споживання комплектом лампи (потужністю 36 Вт) – баласт загальної потужності 45 Вт (втрати 25 %), то на другій стадії – уже тільки 43 % (втрати 19,4 %) і т. ін.

Такий спосіб міждержавного регулювання за минулий з моменту прийняття Директиви [9] час має на меті позбутися електромагнітних баластів, замінивши їх на більш ефективні й енергоекономічні електронні баласта.

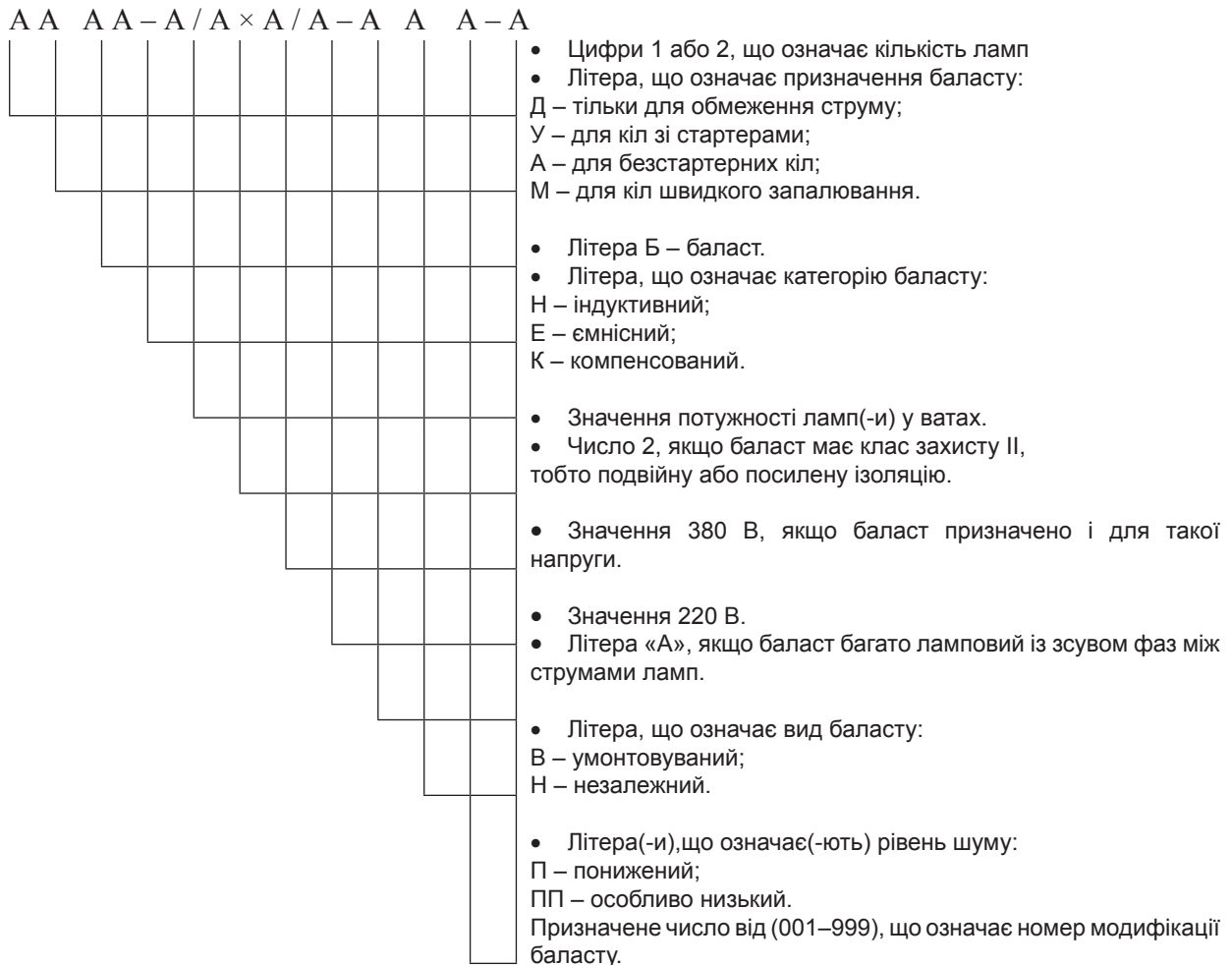


Рис. Система умовних позначень баластів

Подібного курсу дотримуються США, Японії та інші розвинуті країни.

На жаль, в Україні цю проблему поки що ігнорують органи державної влади. Ми продовжуємо імпортувати електромагнітні баласты, а флагман вітчизняного світлотехнічного виробництва Корпорація світлотехнічних підприємств «Ватра» (м. Тернопіль) ще тільки планує комплектувати свої світильники електронними баластами.

5. Стартери для люмінесцентних ламп

Перш ніж говорити про пристрої запалювання ламп, за міжнародною термінологією, пускові пристрої (en-starting devices), варто нагадати два моменти:

а) Негативно заряджені електрони в металах (у тому числі в електродах лампи) хаотично рухаючись між позитивно зарядженими іонами (що перебувають у вузлах кристалічної решітки), в енергетичному масштабі пере-

бувають у так званій потенційній ямі. Тільки найшвидші електрони можуть покинути метал, який при цьому набуває позитивного заряду, що втягує електрони, які вилітають назад. Мінімальна енергія, яку треба передати електрону, щоб вирвати (вибити) його з металу, називається роботою виходу. Процес виходу електронів з металу має назву «електронна емісія». В розрядних лампах використовують такі механізми емісії:

- *нагрівання електродів* – термоелектронна емісія;
- прикладання між електродами достатньо високої напруги – *автоелектронна емісія*;
- бомбардування електродів зарядженими частинками розряду – *вторинна* (або ударна) *електронна емісія*.

Перший механізм використовується для запалювання ламп низького тиску (люмінесцентних), другий – ламп високого тиску (ДРЛ,

ДРІ, ДНаТ). Слід розрізняти випадки вживання слів «запалювання/загоряння», а саме: напруга, яка прикладається до лампи, – напруга запалювання, а напруга, за якої відбувається пробій розрядного проміжку – напруга загоряння лампи. Так само: процес (час, пристрій) запалювання, але момент загоряння (лампи). Після загоряння (і розгоряння) розрядної лампи (будь-якої категорії) самостійний розділ підтримується за рахунок усіх трьох вище зазначених механізмів емісії.

б) Робота виходу електронів з вольфраму становить 4,54 еВ; нанесенням на електроди оксидних покриттів вдається зменшити її до 2,7 еВ.

в) Крива залежності напруги U_3 запалювання (тобто напруги, яку треба прикласти до газового проміжку, щоб загорівся розряд) від добутку pI (де p – тиск газу, I – відстань між електродами) – так звана крива Пашена¹, схожа на мотузку, підвішену за її кінці на деякій відстані один від одного, але ліва частина має суттєво більший нахил ніж права. Оскільки в лампах завжди $I = \text{const}$, то ця залежність, по суті, є функцією $U_3 = f(p)$.

Різке зростання U_3 з підвищенням вакууму (зліва) пояснюється тим, що після зменшення концентрації нейтральних частинок заряджена частинка може пролетіти від електрода до електрода не зіткнувшись із жодною з нейтральних і не іонізувавши жодної з них. З підвищенням U_3 кількість заряджених частинок і ймовірність їх зіткнення з нейтральними збільшується, і розряд, зрештою, загоряється.

Зростання U_3 зі збільшенням тиску (справа) пояснюється тим, що зі збільшенням концентрації нейтральних частинок заряджена частинка на шляху між зіткненням з нейтральними не встигає набирати достатньої енергії для ударної іонізації, а зі збільшенням напруги – встигає.

Для поліпшення умов запалювання та зменшення розпилення матеріалів електродів у колби ламп низького тиску і в пальники ламп високого тиску вводяться інертні гази в люмі-

несцентні лампи, лампи ДРЛ і ДРІ – аргон, в лампи ДНаТ – ксенон.

Значення тиску вибирається оптимальним з таких альтернативних міркувань: воно має бути достатньо малим для кращого запалювання (права частина кривої Пашена) і має бути достатньо великим для запобігання розпиленню електродів. У люмінесцентних лампах – це 2–3 мм рт. ст. (оскільки відстані I порівняно великі), в лампах високого тиску – кілька десятків міліметрів ртутного стовпчика, це залежить від потужності лампи.

Найбільш поширеними у світі у свій час були (а в Україні є й зараз) способи запалювання люмінесцентних ламп з використанням стартерів, і найбільш поширеним їх видом є стартери тліючого розряду.

Такий стартер являє собою скляний балон діаметром близько 10 мм, заповнений (зазвичай сумішшю Ar-Ne). У балон вводяться два паралельних нікелевих електроди, до одного з яких приварено дужку з біметалу, внутрішній шар якої має більший коефіцієнт термічного розширення порівняно із зовнішнім шаром.

Перший кінець одного з катодів приєднується безпосередньо, а другий – через баласт до мережі живлення. Контакти других кінців катодів приєднується до контактів стартера. Напруга запалювання за такого приєднання одночасно надається на проміжки між катодами лампи і електродами стартера. Значення цієї напруги недостатньо для загоряння ламп, але в стартері загоряється тліючий розряд. Біметалева дужка нагрівається і розгинається, аж до контактування з іншим електродом стартера. Утворюється коло, по якому протікає струм попереднього підігріву катодів. Дужка охолоджується, і коло підігріву розмикається, але в цей момент в індуктивному баласті, згідно з законом Ленца², виникає імпульс підвищеної напруги, який має запалити лампу. Якщо цього не відбувається з першого разу, то стартер автоматично повторює спроби. Коли ж лампа загоряється, напруга на ній стає значно нижчою від напруги мережі, і стартер вже не спрацьовує.

¹ Пашен Фрідріх (1865–1947) – німецький фізик.

² Ленц Еміль Христианович (1804–1865) – російський фізик.

Невід'ємним елементом стартера є конденсатор ємністю порядку 0,01 мкФ, який приєднується паралельно контактам стартера. Цей конденсатор дещо зменшує амплітуду, але збільшує тривалість імпульсу запалювання і час підігріву катодів лампи, чим покращує умови її запалювання. Крім того, за допомогою цього конденсатора подавляються радіозавади.

Основними споживчими характеристиками стартерів тліючого розряду є номінальне значення напруги живлення лампи та номінальне значення потужності (максимальне) тієї лампи, яку здатний запалити цей стартер.

Відповідне позначення має вигляд: 80С-200, де літера «С» означає «стартер».

Існують також стартери з позначенням 20С-127, які призначені для використання в світильниках з послідовним приєднанням двох люмінесцентних ламп потужністю не більше 20 В з одним відповідним баластом (на 40 Вт) і з паралельним приєднанням до кожної лампи такого стартера.

Крім того, стартер повинен мати такі функціональні характеристики:

- стартер має спрацьовувати (контактувати не менш 2 разів протягом 30 с після подачі випробної напруги 103,5 або 180 В. Тут і далі в цьому розділі наявність сполучника «або» означає: відповідно щодо стартерів 20С-127 та 80С-220);

- сумарний час контактування в проміжку часу підрахунку кількості спрацьовувань і за наступні 15 с має бути не менше 1,5 с;

- стартер не повинен контактувати протягом 1 хв, якщо після його спрацьовування напругу знизити до 70 або 140 В;

- стартер має подавати на лампу напругу (запалювання) з амплітудним значенням 800 або 900 В.

Ці та інші вимоги до стартерів тліючого розряду встановлюються в стандарті [9].

Прикладом іншої конструкції стартера може бути тепловий стартер, біметалева дужка в якому у вихідному положенні перебуває в **контактуванні** з другим електродом, тобто струм підігріву тече по катодах одразу після подачі напруги. Але разом з тим струм тече і по спіралі, яка міститься в стартері поряд з

дужкою, дужка нагрівається і розмикає коло, а далі робить свою справу індукційний баласт.

Незважаючи на найбільшу поширеність освітлювальних кіл з використанням стартерів завдяки їхній простоті та дешевизні, стартери, які є термомеханічними автоматичними пристроями (реле), досить не надійними.

Це може проявитися, зокрема, таким чином:

- через малу швидкість розмикання контактів (великий час розмикання) амплітуда $U_3 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ імпульсу запалювання ($\Delta\Phi$ – зміна

магнітного потоку в осерді баласту) є малою – лампа періодичного спалаху, але не загоряється;

- відбувається «залипання» контактів стартера; замкнувшись, вони не розмикаються, і постійно світяться кінці лампи, але лампа також не загоряється;

- час контактування стартера досить малий – не забезпечується достатньої емісії електронів для загоряння лампи.

Тому для підвищення надійності процесів запалювання (там де треба) використовують безстартерні кола швидкого запалювання.

6. Кола швидкого запалювання

У колах швидкого запалювання відбувається постійне підігрівання катодів ламп струмами вторинних обмоток спеціальних трансформаторів з компенсацією, тобто зменшення струму після загоряння лампи або без такої компенсації. В останньому випадку в лампах мають бути катоди, які не втрачають емісійних властивостей під час тривалого нагрівання.

Існують різні способи швидкого запалювання, зокрема такі:

а) достатньо інтенсивне підігрівання (з подальшою компенсацією) забезпечує таку термомісію електронів, що лампа загоряється за напруги холостого ходу, яка дорівнює напрузі живлення (напрузі мережі);

б) за умов менш інтенсивного підігрівання і навіть за напруги холостого ходу, меншої ніж напруга мережі, запалювання здійснюється за допомогою струмопровідної стрічки, прикріпленої (напиленої) впродовж колби лампи або пластини відповідно до вмонтованої світиль-

ник – так званої смужки запалювання. Один кінець смужки електрично приєднується до ближчого катода, а другий, будучи наближеним до іншого катода, суттєво зменшує проміжок, який треба пробити напрузі холостого ходу, яка може бути меншою згідно з правою частиною кривої Пашена (див. розділ 5);

в) у колі лампи створюється резонансний ланцюжок, наприклад, у складі обмотки індуктивного балансу, первинної обмотки трансформатора підігрівання і конденсатора ємністю близько 0,1 мкФ. Цей ланцюжок забезпечує, на паралельних лампі елементах напругу холостого ходу, яка в 1,5 рази перевищує напругу мережі та легко запалює лампу.

Споживчі характеристики баластів для безстартерних кіл є тими самими, що і для кіл зі стартерами.

7. Електронні баласты

Протягом останніх двох десятиліть в освітлювальних системах усього світу широко впроваджуються електронні пристрої живлення люмінесцентних та інших розрядних ламп. Розглянемо, які функції зазвичай виконують такі пристрої призначені для використання з люмінесцентними лампами:

а) Перетворення напруги живлення частотою 50 Гц у напругу високої частоти (24–40 кГц) – *функція конвертора*. Це робиться, з огляду на те, що індуктивний опір X_L визначається виразом $2\pi fL$ (див. другий додаток під коренем у формулі (1)), з якого видно, що за суттєвого підвищення частоти напруги живлення можна суттєво зменшити габаритні розміри баластного елемента пристрою.

б) Попередній підігрів катодів лампи.

в) Вмикання кола формування імпульсу запалювання (з припиненням підігріву катодів або без такого) – функція пускового пристрою.

г) Генерування імпульсу запалювання – функція запалювального пристрою. Можливі (і реалізуються) варіанти генерування імпульсів такої амплітуди, що запалюють лампу і без попереднього підігріву катодів – так зване «холодне» запалювання. Але під час такого запалювання катоди піддаються посиленому бомбардуванню позитивно зарядженими іонами, що призводять до швидкого розпилення

оксидного покриття і зменшення тривалості горіння лампи.

д) Обмеження струму лампи до встановленої величини – функція баласту. Оскільки ця функція є *первісною* функцією баласту в МС до розглянутих у цьому розділі пристроїв застосовується термін «електронний баласт», якщо немає потреби означити (підкреслити) його інші функції.

Споживчі характеристики електронних баластів є тими самими, що й у звичайних баластів, але електронні баласты за дещо більшої вартості мають такі безумовні переваги:

- підвищену надійність запалювання,
- підвищення світових потоків ламп (на 3–5 %);
- збільшення тривалості горіння (на 5–10 %);
- зменшення (практично до нуля) коефіцієнта пульсації світлового потоку (див. розділ 9);
- зменшення кількості проводів в електричному колі світильника з люмінесцентною лампою.

Слід звернути увагу на те, що ще за радянських часів до баластів прижився термін «пускорегулюючі апарати (ПРА)», напевно, як спроба перекладу (en) – controlgear (пристрої управління), а з появою електронних баластів дехто вживає словосполучення «електронний пускорегулюючий апарат» та абревіатуру «ЕПРА», що дуже не коректно. Насправді, пусковим пристроєм (en – starting device) є лише стартер, а баласт нічого не регулює і нічим не управляє. Регулювальні пристрої (регулятори) – пристрої, що переводять систему в напругах: скоріше – повільніше (акселератор в автомобілі), гучніше – тихіше (регулятор гучномовця), вище – нижче, більше – менше, ширше – вужче, світліше – темніше тощо. Тому слід відмовитися від вищезазначених словосполучень і абревіатур, слід застосувати терміни «баласт» і «електронний баласт».

Проте окремо існують пристрої, що регулюють світлові потоки ламп, прості – реостатні, та більш складні – електронні (з підключенням до комп'ютерного управління, наприклад, згідно з МС [10]). Їх так і треба називати *пристроями регулювання світлового потоку* (або освітленості) або *дімерами* від (en) – dimmer.

8. Імпульсні запалюючі пристрої (ІЗП)

Катооди ламп високого тиску (ДРЛ, ДРІ, ДНаТ) не піддаються попередньому підігріву і тому називаються саморозжарюваними катодами. Вони складаються із вольфрамових стержнів (кернів) з закріпленими на них двошаровими вольфрамовими спіралями в кілька витків, на які наносять оксидні покриття. Задні кінці кернів приварюються до струмоувідів, а передні орієнтовані в бік розряду, який у вигляді так званих катодних плям (найбільш розпечених місць) «сідає» на кінчики кернів або на перші витки спіралей.

Оскільки розрядні трубки (пальники) ламп ДРЛ виготовляють із кварцового скла, яке розм'якшується при температурі вищій від 1700 °С, у такі пальники можна вводити додаткові електроди. В пальники ламп ДРЛ вводять один (лампи менших потужностей) або два (лампи більших потужностей) допоміжних електроди (або електроди запалювання) у вигляді відрізків молібденового дроту діаметром 0,3–0,4 мм. Вільні кінчики цих електродів перебувають на відстанях близько 1 мм від спіралей основних електродів, що відповідає достатньо низькій точці на кривій Пашена.

Напруга живлення, яка подається на катооди, не здатна запалити розряд між ними. Але така сама напруга подається через резистори з опором 15–30 кОм на проміжки між основними та допоміжними електродми, де легко запалюються локальні розряди. Напруга, прикладена між катодами, підхоплює носії заряду з цих розрядів і пробиває розрядний проміжок пальника. Лампа ДРЛ загоряється (без використання зовнішніх запалювачів).

Слід зазначити, що, оскільки в лампах високого тиску, що містять ртуть, розряди відбуваються в її ненасичуючих парах (тобто без ртуті в рідкому стані) потрібен певний час (зазвичай 6–10 хв) для повного переходу всієї ртуті в пароподібний стан і для формування в пальнику стабільного (самостійного) дугового розряду.

Крім того, якщо будь-яка лампа високого тиску погасне через випадкове зникнення (суттєве зниження) напруги в мережі, для перезапалювання лампи потрібен час (зазвичай 10–15 хв) для охолодження стінок пальників

і зменшення тисків пари ртуті та буферного газу в пальнику. Тоді лампа знову загоряється.

Хоча пальники ламп ДРІ також виготовляються з кварцового скла, але введення в них іодидів металів призводить до такого підвищення напруги запалювання, що напруга в мережі стає недостатньо навіть за наявності допоміжних електродів запалювання.

Що ж стосується пальників ламп ДНаТ, то їх виготовляють із надтвердих матеріалів полі- або монокристалічних оксидів алюмінію Al_2O_3 (які відповідно мають назви «полікор» і «монокор»), і введення в них допоміжних електродів є досить складаним завданням.

Тому лампи ДРІ та ДНаТ зазвичай запалюють за допомогою зовнішніх, так званих імпульсних запалювальних пристроїв (ІЗУ). ІЗУ є генератором імпульсів з ємнісним накопичувачем і напівпровідниковим ключем. Коли напруга на конденсаторі досягає певного значення, вона автоматично подається на первинну обмотку трансформатора, і на вторинній обмотці виникає імпульс запалювання лампи (від 2 до 3,5 кВ, залежно від потужності лампи).

Споживчими характеристиками ІЗП є напруги живлення та номінальні значення потужностей ламп, ДРІ та /або ДНаТ, які має запалювачі ІЗП певного типу. Ці дані наносяться на корпус ІЗП у вигляді маркування.

9. Конденсатори

Конденсатори використовують у освітлювальних пристроях:

а) як невід'ємні елементи стартерів і служать у них (маючи електричні ємності близько 0,01 мкФ) для збільшення тривалості імпульсів запалювання та подавлення рідіозавад, утворюють стартери;

б) для подавлення радіозавад, які утворює комплект «лампа-баласт», і підвищення коефіцієнта потужності цього комплексу; до входних контактів приєднують баласт і ємність близько 0,05 мкФ; баласту в таких випадках називаються компенсованими.

Крім того, конденсатори (як такі) є і в складі ємнісно-індуктивних баластів. Вони дозволяють здійснювати так зване розщеплення фаз (зсув фази струму однієї лампи по відношенню до струму іншої) у дволампових сві-

тильниках із паралельним приєднанням ламп. Завдяки цьому:

а) досягаються значення коефіцієнтів потужності світильників, більші ніж 0,9;

б) суттєво зменшуються так звані коефіцієнти пульсацій світлових потоків.

Останні пояснимо докладніше. Під час горіння ртутних ламп з живленням змінною напругою частотою 50 Гц через малу інерцію ртутного розряду (в порівнянні з лампами розжарювання, де тіло розжарення не встигає суттєво охолонути поки струм лампи, змінюючи напрямок, проходить через нуль) крива змінення світлового потоку ртутної лампи нагадує послідовність пагорбів висотою $\Phi_{\text{макс.}}$ і глибиною западин $\Phi_{\text{мін.}}$, які чергуються з частотою 100 Гц.

Величина
$$\frac{\Phi_{\text{макс.}} - \Phi_{\text{мін.}}}{\Phi_{\text{макс.}} + \Phi_{\text{мін.}}} 100$$
 називається

пульсацією світлового потоку. Пульсації світлового потоку спричиняють зоровий дискомфорт і втомлюваність органів зору людини.

Якщо криві змінення струмів (і світлових потоків) двох поряд розташованих ламп зсунути по фазі, то мінімум $\Phi_{\text{мін}}$ на кривій змінення сумарного світлового потоку суттєво збільшиться, а коефіцієнт пульсації відповідно зменшиться.

Коефіцієнти пульсацій ламп ДНаТ більші (до 70 %), ніж у ртутних ламп, оскільки атоми (іони) натрію в 7,4 рази легші атомів ртуті. Але заходи для їх підвищення не вживають, оскільки лампи ДНаТ зазвичай використовують для зовнішнього освітлення.

Визначальною споживчою характеристикою будь-якого конденсатора є його ємність (у мікрофарадах або пікофарадах), а також значення напруги функціонування конденсатора. Значення цих параметрів маркуються на конденсаторі. Зрозуміло, що з міркувань безпеки останнє значення має перебільшувати значення напруги живлення ($220 \cdot \sqrt{2} \approx 310$ В), а також тих імпульсів, які виникають у колі лампи під час її запалювання.

Інші вимоги до конденсаторів для кіл освітлювальних ламп установлюються в МС [11, 12].

ЛІТЕРАТУРА

1. Ткаченко В. І. Споживчі характеристики джерел світла / Ткаченко В. І., Россохань В. Л., Оберемко Т. М. // Науковий вісник Полтавського університету споживчої кооперації України. Серія «Технічні науки». – 2006. – № 19 (1). – С. 26–33.
2. Ткаченко В. І. Споживчі характеристики освітлювальних приладів / Ткаченко В. І., Шурдук І. В., Россохань В. Л. // Науковий вісник Полтавського університету споживчої кооперації України. – 2008. – № 1 (28). – С. 26–32. – (Серія «Технічні науки»).
3. Lamp caps and holders together with gauges for the control of interchangeability and safety : IEC 60061. – Geneva, 2005.
4. Ballasts for tubular fluorescent lamp – Performance requirements : IEC 60921:2006. – Geneva, 2006.
5. Auxiliaries for lamps – Ballasts for discharge lamps (excluding tubular fluorescent lamps) – Performance requirements : IEC 60923:2006. – Geneva, 2006.
6. Lamp controlgear : IEC 61347-1. Part 1 : General and safety requirements. – Geneva, 2007.
7. Lamp controlgear : IEC 61347-22. – Geneva, 2000–2011.
8. Апараты пускорегулирующие для газоразрядных ламп. Общие технические условия : ГОСТ 16809–82. – М. : Госстандарт СССР, 1990.
9. Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of Council of 18 september 2000 on energy efficiency requirements for ballast for fluorescent lamps. – Official Journal of European Communities. – L11, 2000.
10. Glow starters for fluorescent lamps : IEC 60155:1993 – Geneva, 1993.
11. AC – supplied electronic ballasts for tubular fluorescent lamp – Performance requirements : IEC 60929:2006. – Geneva, 2006.
12. Auxillaries for lamps – Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits – General and safety requirements : IEC 61048:2006, – Geneva, 2006.
13. Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits – Performance requirements : IEC 61049:1991. – Geneva, 1991.