

УДК 628.58.521

В.Ф.РОЙ, д-р фіз.-мат. наук, Ю.В.РОЙ

Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова

ІНДУКЦІЙНІ РОЗРЯДНІ ЛАМПИ В ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВКАХ

Аналізуються перспективи використання безелектродних індукційних розрядних ламп в освітлювальних установках житлово-комунального господарства. Для забезпечення надійного старту та стабільної роботи пропонується використовувати низькочастотний трансформаторний розряд, заснований на принципі електромагнітної індукції та «нерезонансний» метод ініціювання розряду в лампі, що гарантує запалювання та підтримання розряду в індукційній лампі.

Анализируются перспективы использования безэлектродных индукционных разрядных ламп в осветительных установках жилищно-коммунального хозяйства. Для надёжного старта и стабильной работы предлагается использовать низкочастотный трансформаторный разряд, основанный на принципе электромагнитной индукции и «нерезонансный» метод инициирования разряда в лампе, гарантирующий зажигание и поддержание разряда в индукционной лампе.

The article is exploring the prospects of electrodes fluorescent lamps in general-purpose lighting equipment. In particular it covers non-resonant method of exciting performed by high frequency electrical potential, which is highly reliable way to illuminate the lamps, and unaffected by frequency changes in igniting circuits.

Ключові слова: освітлювальна установка, безелектродна лампа, індукційний розряд трансформаторного типу, електронний пускорегулюючий апарат, нерезонансне запалювання розряду.

Зовнішнє освітлення в житлово-комунальному господарстві базується на використанні в освітлювальних установках в якості основних джерел світла розрядних натрієвих ламп високого тиску типу ДНАТ, які мають високу світловіддачу (до 100 лм/Вт) і великий (до 30 тис. годин) термін експлуатації. Щодо спектральних характеристик випромінювання, то вони суттєво поступаються сучасним люмінесцентним лампам, оскільки кольорова температура ДНАТ дорівнює 1800 К і їх спектр зсунутий переважно в бік жовтого кольору, тобто індекс кольоропередачі $R_a < 30$, що не дає змоги здійснювати якісне кольорове сприйняття багатьох об'єктів міської інфраструктури. Це особливо небезпечно в умовах присмеркового освітлення транспортних магістралей, внаслідок недостатнього контрасту між фоном і об'єктами розпізнавання. Можливим вирішенням цієї проблеми є використання в освітлювальних установках зовнішнього освітлення в якості джерел випромінювання – безелектродних індукційних люмінесцентних ламп з покращеними функціональними і експлуатаційними характеристиками. Сучасні зразки індукційних ламп мають індекс кольоропередачі $R_a > 80$, що складає 80% від еталонного показника, за яке прийняте

сонячне освітлення і відповідає сучасним вимогам до якості зовнішнього освітлення регламентоване [1]. Такі джерела світла мають широкий діапазон кольорових температур від 2700 до 6500 К, що дає змогу отримати заданий спектр випромінювання від *теплого білого* до денного.

Важливою перевагою індукційних ламп є їх велика світловіддача, що має тенденцію до збільшення із вдосконаленням технології виробництва [2]. Завдяки відсутності електродів безелектродні індукційні лампи мають на порядок більший термін експлуатації, ніж звичайні ЛЛ, катоди у яких внаслідок інтенсивного розпилення емісійного покриття в процесі горіння розряджу, особливо при частих комутаціях, – досить швидко деградують. Цим і обмежується строк служби таких ламп в межах 8-20 тис. годин. З тієї ж причини строк служби індукційних ламп практично не залежить від кількості комутацій і може досягати 100 тис. годин, що суттєво скорочує необхідну їх кількість і витрати на їх заміну в процесі експлуатації. В комплекті з електронними баластами індукційні лампи, які живляться підвищеною напругою частотою ≈ 100 кГц, – практично відсутній стробоскопічний ефект. Окрім того можливо здійснювати регулювання інтенсивності світлового потоку ламп в широкому діапазоні випромінювання від 100 до 20 %, що дає змогу створювати освітлювальні установки з економією електроенергії до 50% залежно від інтенсивності зовнішнього освітлення і нормативних вимог до рівня освітлення конкретних об'єктів [3]. Індукційні лампи надійно запалюються і перезапалюються в діапазоні робочих температур від $+50$ до -20°C , оскільки в них непотрібна затримка часу, необхідного для попереднього розігріву електродів. Застосування безелектродних ламп в світильниках стримувалось відсутністю ефективних та надійних ВЧ джерел живлення для таких ламп. Натомість розробка і поява на ринку сучасних швидкодіючих МОП-транзисторів з малим опором відкритого каналу дала можливість створювати високоефективні інтелектуальні багатofункціональні електронні пускорегулюючі апарати для безелектродних індукційних ламп.

Для ефективної роботи індукційних ламп найбільш перспективним є низькочастотний трансформаторний розряд, заснований на принципі електромагнітної індукції, що дозволяє використовувати діапазон робочих частот живлячої напруги від 50 до 200 кГц. Ці частоти найбільш придатні з точки зору мінімізації втрат електроенергії на перетворення електронним пускорегулюючим апаратом (ЕПРА), досягнення нормованого значення ККД, а також вирішення проблем боротьби з електромагнітними радіоперешкодами, які виникають при робо-

ті ЕПРА в електричній мережі, до рівня, що не перевищує норми, регламентовані в [1], а також європейського стандарту EN55015.

Для утворення трансформаторного розряду індукційна лампа повинна бути виготовлена у вигляді замкненої розрядної колби діаметром 2,5-3 см, на якій розташовано феритовий індуктор з первинною обмоткою трансформатора, приєднаною до виходу ВЧ перетворювача, а вторинну обмотку утворює особисто замкнений розряд в лампі. В колбі лампи зазвичай розміщують амальгаму сплаву ртуті з іншими металами, що дозволяє майже на два порядки зменшити вміст пару ртуті в порівнянні з традиційними люмінесцентними лампами, в яких, для забезпечення нормального режиму роботи електродів, необхідно значно більший тиск буферного газу ніж той, при якому забезпечується максимальна ефективність роботи лампи. В індукційній лампі зменшення тиску буферного газу до декількох мТорр приводить до більш ефективного перетворення електричної енергії розряду в ультрафіолетове випромінювання [4] і це полегшує вирішення екологічних проблем, пов'язаних з виготовленням, експлуатацією і утилізацією таких джерел світла.

Енергоефективність комплексу індукційна лампа – ЕПРА значною мірою визначається ефективність передачі електромагнітної енергії з індуктора до ВЧ розряду і перетворення її в УФ випромінювання. Важливим чинником тут є вибір параметрів індуктора: геометричних розмірів та матеріалу магнітопроводу, частоти живлення, величини робочого струму, – що безпосередньо визначають втрати енергії в індукторі [4]. Для надійного запалення розряду в лампі на поверхні колби лампи, закріплюють додатковий електрод, приєднаний до вихідних мереж ЕПРА, елементи якого утворюють резонансний контур з великою добротністю, налаштований на робочу частоту живлення лампи. Внаслідок резонансного підсилення амплітуди імпульсу підвищеної напруги, відбувається запалення розряду в лампі, після чого здійснюється шунтування її розрядним проміжком резонансного контуру і лампа переходить в номінальний режим [5].

Ефективність такого способу ініціювання розряду в лампі сильно залежить від впливу ряду зовнішніх факторів (температури, тиску, вологості), що впливають на параметри резонансного контуру і призводять до зменшення його добротності, внаслідок чого амплітуда запалюючого імпульсу, що подається на розрядну лампу, різко зменшується і розряд в лампі може не відбуватися. Це суттєвий недолік усіх ЕПРА, в яких для формування високовольтного запалюючого імпульсу використовують резонансне підсилення його амплітуди входними колами лампи на робочій частоті живлення. Для надійного запалення

розряду в індукційній лампі високочастотним імпульсом і подальша її робота в номінальному режимі незалежно від можливих відхилень робочої частоти інвертора або зміни особистої частоти контуру ударного збудження під впливом зовнішніх факторів розроблено «нерезонансний» метод ініціювання розрядної лампи за рахунок формування у вхідних колах контуру ударного збудження, налаштованого на частоту, що на порядок перевищує робочу частоту інвертора [6]. Для цього до виходу інвертора ЕПРА приєднано первинну обмотку широкополосного трансформатора, а в якості вторинної слугує розрядний проміжок самої лампи. При цьому, друга первинна обмотка разом з власною конструктивною ємкістю утворює контур ударного збудження, в якому переднім і заднім фронтами прямокутних імпульсів живлячої напруги з виходу ЕПРА ударно збуджуються затухаючі в часі запалюючі імпульси, що подаються на електроди лампи. Завдяки високій іонізуючій спроможності високочастотної напруги діапазону 350-400 кГц [6], забезпечується надійне запалення індукційного розряду в лампі незалежно від можливості відхиленні робочої частоти інвертора або власної частоти контуру ударного збудження при амплітуді запалюючого імпульсу, вдвічі меншої від відповідної на частоті 50 Гц. Після запалення розряду відбувається шунтування розрядним проміжком контуру ударного збудження, ВЧ коливання в ньому загасають і лампа переходить в режим номінального струму на частоті живлення.

Стабілізація струму лампи здійснюється за рахунок відповідного вибору індуктивності розсіювання широкополосного трансформатора, який виконує функцію струмостабілізуючого елемента. Оціночні розрахунки свідчать, що тільки за рахунок економії витрат на обслуговування і значно більшого строку служби, – впровадження безелектродних індукційних ламп в освітлювальних установках різноманітного призначення – економічно виправдане.

1. Нормы электромагнитной совместимости электрических приборов, питаемых от сети тока: ГОСТ Р 51317. 3.2.2006.

2. Исупов М. Индукционная ультрафиолетовая лампа / М. Исупов, С. Коротков и др. // Светотехника. – 2007. – № 5. – С. 37-40.

3. Макареня С. Индукционные лампы – новое энергоэффективное решение уличного освещения / С. Макареня, П. Рудаковский // Современная светотехника. – 2010. – № 4. – С. 31-33.

4. ENDURA – безэлектродный люминесцентный источник света большой мощности / под ред. М. Малькова // Современная светотехника. – 2010. – № 5. – С. 29-32.

5. Майя Дж. Бесферритная индукционная люминесцентная лампа / Дж. Майя, О. Попов // Светотехника. – 2007. – № 5. – С. 42-43.

6. Бурма М.Г. Зажигание люминесцентных ламп при высокочастотном питании / М.Г. Бурма, В.Ф. Рой // Светотехника. – 1990. – № 2. – С. 3-4.

Отримано 29.10.2013

УДК 331.101.1

О.М.ДІДЕНКО, Я.О.СЕРІКОВ, канд. техн. наук

Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ФІЗИЧНІ ЯВИЩА ЗВУКОВОЇ ХВИЛІ В СИСТЕМІ «ПРАЦІВНИК – ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА – СЕРЕДОВИЩЕ»

Описано характеристики й фізичні явища, що необхідні при математичному моделюванні процесу поширення звукової хвилі в системі «працівник – вітроенергетична установка – середовище».

Описаны характеристики и физические явления, которые необходимы при математическом моделировании процесса распространения звуковой волны в системе «работник – ветроэнергетическая установка – среда».

Characteristics and the physical phenomena which are necessary at mathematical modeling process distribution of a sound wave to system «working – wind power installation – environment» are described.

Ключові слова: звукова хвиля, хвильове рівняння, інтерференція, відбиття, дифракція, заломлення.

Важливим завданням, вирішення якого необхідне для подальшого розвитку економіки України, є модернізація енергетичної галузі, що є однією з пріоритетних для України. При цьому, одним із сучасних напрямків, що реалізуються в розвинутих країнах, є використання нетрадиційних відновлювальних джерел енергії, серед яких на сьогодні активно використовується вітроенергетика.

Аналіз літературних даних показує, що поряд зі значними перевагами вітроенергетики, функціонування вітроелектричних станцій (ВЕС) характеризується і негативними антропогенними факторами. Так ВЕС є одним із джерел шумового забруднення в системах «Працівник – вітроенергетична установка (ВЕУ) – територія ВЕС» і «Людина – ВЕУ – середовище». На сьогодні відсутнє розв'язання завдань із забезпечення ергономічної безпеки за фактором шуму в указаних системах. Це призводить до значних збитків, що виражаються у зростанні рівня професійних захворювань, зниженні продуктивності, безпеки праці, акустичного дискомфорту в прилягаючій до ВЕС сельбищній зоні.

В зв'язку з цим є актуальним проведення досліджень системи П – ВЕУ – С для підвищення ефективності трудової діяльності, зі збереженням здоров'я працівників ВЕС.

Дослідження залежності шумового забруднення в системі П – ВЕУ – С від умов розташування вітроенергетичних установок на ВЕС,