

УДК 628.936

В. Ф. Рой, Ю. В. Рой*Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова;
Харків***ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БАКТЕРИЦИДНИХ ІНДУКЦІЙНИХ ЛАМП**

Досліджуються можливості використання безелектродних індукційних бактерицидних розрядних ламп в опромінювальних установках широкого спектру застосування. Найбільш ефективним для безелектродної лампи, є індукційний розряд трансформаторного типу, заснований на принципі електромагнітної індукції в газовому розряді низького тиску, який утворює замкнений віток вторинної обмотки трансформатора, пов'язаний з вітками первинної обмотки за допомогою магнітопроводу. Це дає змогу використовувати робочі частоти від 50 до 200 кГц, найбільш придатні для зменшення втрат електроенергії на перетворення електронним ПРА, підвищення його ККД, вирішення проблем електромагнітної сумісності.

Пропонується «нерезонансний» метод ініціювання високочастотного розряду в лампі на частотах, що на порядок перевищують робочу частоту інвертора, що забезпечує її надійне запалення.

Ключові слова: безелектродна лампа, енергоекономічність, високочастотний розряд, бактерицидна дія, нерезонансний метод ініціювання, контур ударного збудження, відхилення частоти, надійність запалення розряду.

Постановка проблеми. Вимоги до енергоекономічності споживачів електроенергії обумовлені не тільки необхідністю економії електроенергії, але також і проблемами екології, оскільки існуюча тенденція зростання споживання електроенергії одночасно супроводжується збільшенням спалення копалинних ресурсів і відповідно викидів в навколишню атмосферу CO₂. Це стосується також і світлотехнічної галузі, яка споживає біля 20% електроенергії і ця частка має тенденцію до зростання. Як відомо, освітлювальні установки окрім вирішення проблеми забезпечення різноманітних об'єктів ЖКГ нормованими рівнями освітлення, широко використовуються також в різних галузях народного господарства. Однією з можливостей використання короткохвильового УФ випромінювання в діапазоні хвиль 200–320 нм, що мають сильну бактерицидну дію, – є створення багатоцільових універсальних опромінювальних установок, які мають широкий діапазон застосування в промисловості, комунальному господарстві, медицині, та інших галузях, для обеззаражування води, повітря та інших матеріалів а також в різноманітних технологічних процесах. Важливим напрямком широкого впровадження УФ технологій є використання УФ випромінювання в комунальному господарстві в опромінювальних установках для обеззаражування питної води та стічних вод з метою екологічної та епідеміологічної безпеки населення. Основним чинником, що заважає широкому застосуванню УФ опромінювальних установок є відносно малий строк служби сучасних УФ джерел випромінювання, пов'язаний з наявністю

в них електродів, які в звичайних розрядних лампах внаслідок інтенсивного розпилення емісійного покриття в процесі горіння розряду, особливо при частих комутаціях – досить швидко деградують, чим і обмежується строк служби таких ламп в межах 8–20 тис. годин. Це потребує часті заміни таких ламп і значних експлуатаційних витрат [1, 2].

Мета роботи. Реальною альтернативою типовим джерелам УФ випромінювання є використання безелектродних індукційних ламп з покращеними функціональними і експлуатаційними характеристиками. Завдяки відсутності електродів строк служби індукційних ламп не залежить від кількості комутацій і може досягати 100 тис. годин, що суттєво зменшує як необхідну кількість джерел випромінювання, так і значно скорочує витрати на їх заміну в процесі експлуатації. При застосуванні електронних баластів в комплекті з індукційними лампами, які працюють на підвищеній частоті з'являється також технічна можливість здійснювати регулювання інтенсивності потоку випромінювання в широких межах – від 100 до 20%.

Серед трьох основних типів ВЧ розрядів, найбільш перспективним з точки зору можливості створення енергоефективної безелектродної лампи, є індукційний розряд трансформаторного типу, заснований на принципі електромагнітної індукції в газовому розряді низького тиску, який утворює замкнений віток вторинної обмотки трансформатора, пов'язаний з вітками первинної обмотки за допомогою магнітопроводу [3, 4]. Це дає змогу використовувати діапазон робочих частот від 50 до 200 кГц, найбільш придатний з точок зору

зменшення втрат електроенергії на перетворення електронним пускорегулюючим апаратом (ЕПРА), підвищити його ККД, а також полегшити вирішення проблем, пов'язаних з необхідністю боротьби з електромагнітними радіоперешкодами, що виникають як при самому розряді, так і при роботі ЕПРА в електричній мережі до рівня, що не перевищує норми, регламентовані в [5, 6], а також європейського стандарту EN55015. В результаті проведеного дослідження впливу підвищеної частоти на спектральні характеристики ртутно-кварцевої лампи було встановлено, що в діапазоні $40\div 60$ кГц живлячої напруги спостерігається чітко виражений максимум бактерицидної віддачі випромінювання, який перевищує відповідний рівень на промисловій частоті живлення майже вдвічі [7] (рис1).

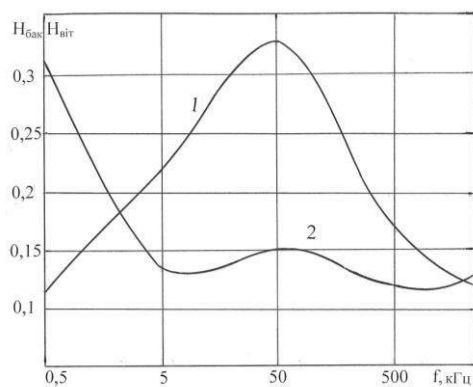


Рис.1 - Відносна частотна залежність бактерицидного та вітального випромінювання кварцового пальника;

1 - бактерицидна віддача, 2 - вітальна віддача.

Це пов'язано, вочевидь, з особливостями процесів в плазмі високочастотного розряду, який супроводжується переходом плазми в режим квазістатичного стану на підвищеній частоті внаслідок затухання деіонізаційних процесів [8]. Ефект суттєвого підвищення бактерицидної віддачі в ртутних кварцових лампах в ділянці частот живлячої напруги 50 кГц при однаковій споживаній потужності джерела випромінювання дає змогу майже суттєво підвищити ефективність опромінювальних установок бактерицидної дії. Конструктивно індукційна лампа може бути виготовлена у вигляді кільцевої розрядної колби діаметром 2,5-3 см, яку охоплює феритовий індуктор, з розташованою на ньому первинною обмоткою трансформатора, вторинну обмотку якого утворює кільцевий розряд в лампі. [9]. В колбу поміщено амальгаму сплаву ртуті з іншими металами, що дає змогу зменшити вміст пару ртуті майже на два порядки в порівнянні з традиційними розрядними лампами, в яких для забезпечення нормального режиму роботи електродів і досягнення регламентного строку служби потребує на порядок більшого тиску буферного газу, ніж той,

при якому забезпечується максимальна ефективність роботи лампи. При такому зменшенні тиску буферного газу до декількох мТорр досягається більш ефективно перетворення електричної енергії розряду в УФ випромінювання. Крім того, це полегшує вирішення екологічних проблем, пов'язаних з виготовленням, експлуатацією і утилізацією таких ламп. Важливою задачею, що в значній мірі визначає енергоефективність комплексу індукційна лампа – ЕПРА, є забезпечення ефективної передачі ВЧ електромагнітної енергії з індуктора до розряду і перетворення її в УФ випромінювання. Тому ключовим моментом тут є вибір параметрів індуктора: його розмірів, геометрії, матеріалу, робочої частоти, величини робочого струму, які безпосередньо визначають втрати енергії в феритовому магнітопроводі. Крім індуктора, на поверхні колби лампи для надійного запалення в ній розряду, розташовують додатковий електрод, приєднаний до вихідних мереж ЕПРА, елементи якого утворюють резонансний контур з великою добротністю, налаштований на робочу частоту інвертора [10]. Завдяки резонансному підсиленню в контурі імпульс підвищеної напруги здійснює запалення розряду в лампі, після чого відбувається шунтування її розрядним проміжком резонансного контуру, коливання в ньому загасають і лампа переходить в робочий режим роботи на основній частоті інвертора ЕПРА. Суттєвим недоліком такої схеми є ненадійне запалення розряду в лампі завдяки сильній залежності амплітуди запалюваного імпульсу від особистої частоти резонансного контуру і робочої частоти інвертора при відхиленні якої (що зазвичай відбувається під дією різноманітних зовнішніх факторів: температури, тиску, вологості), амплітуда імпульсу, що подається на розрядну лампу, різко зменшується і розряд в лампі не запалюється. Це, до речі, основний недолік усіх ЕПРА, у яких для формування високовольтного запалюючого імпульсу використовують явище резонансу у вхідних колах ламп на робочій частоті інвертора.

Розробка схеми живлення лампи. Нами пропонується «нерезонансний» метод ініціювання розряду в індукційної лампи, який за рахунок введення в схему живлення лампи контуру ударного збудження (КУЗ), налаштованого на частоту, що на порядок перевищує робочу частоту інвертора, забезпечує надійне запалення розряду в лампі високо частотним імпульсом незалежно від можливих відхилень робочої частоти інвертора або особистої частоти контуру ударного збудження [11]. З цією метою до виходу інвертора ЕПРА приєднано первинну обмотку широкополосного трансформатора, вторинна обмотка якого є розрядним проміжком самої лампи, а друга первинна обмотка разом з власною ємністю утворює контур ударного збудження в якому при подачі

прямокутних імпульсів робочої напруги з виходу інвертора ЕПРА переднім і заднім фронтами ударно збуджуються затухаючі в часі коливання, що подаються на запалюючу обмотку трансформатора. Забезпечення робочого струму лампи відбувається за рахунок відповідного вибору величини індуктивності розсіювання широкополосного трансформатора, яка відіграє роль струмостабілізуючого елемента. Опір його X_L при цьому має індуктивний характер: $X_L = \omega(L_1 + L_2K^2)$, тут ω – робоча частота, K – коефіцієнт трансформації, L_1, L_2 – індуктивності розсіювання обмоток трансформатора.

Як показано в [6], завдяки високій іонізуючій спроможності високочастотної напруги діапазону частот 350÷400 кГц, що на порядок більша за робочу частоту інвертора ЕПРА (зазвичай 40÷50кГц), забезпечується надійне запалення індукційного розряду в лампі, яке не залежить від відхилень робочої частоти інвертора відносно власної частоти контуру ударного збудження. На рис.2 наведена функціональна схема запропонованого ЕПРА для забезпечення роботи безелектродної УФ індукційної лампи. Схема ЕПРА містить послідовно з'єднані мережний фільтр 1, випрямляч 2, коректор потужності 3, інвертор 4, вихід якого з'єднано з первинною обмоткою широкополосного трансформатора 5, одна вторинна обмотка якого є розрядним проміжком самої лампи, а друга вторинна обмотка разом з особистою ємністю утворює контур ударного збудження (КУЗ) і є запалюючою.

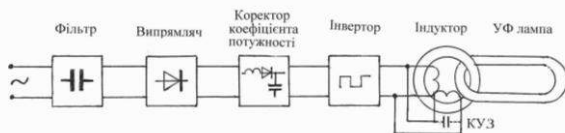


Рис. 2 - Функціональна схема ініціювання і живлення безелектродної УФ лампи

Робота пристрою відбувається наступним чином. При його ввімкненні змінна напруга через мережний фільтр подається на випрямляч і через коректор потужності живить інвертор, який починає генерувати напругу у формі меандру, що подається на первинну обмотку широкополосного трансформатора. В контурі ударного збудження, утвореного індуктивністю додаткової обмотки і її конструктивною ємністю, виникають на протязі перехідного процесу два види коливань: вимушені у формі меандру, і затухаючі особисті коливання контуру, що збуджуються переднім і заднім фронтами меандру робочої напруги інвертора. Після затухання на протязі напівперіоду робочої напруги ударно-збуджених високочастотних особистих коливань, в контурі залишаються тільки вимушені коливання робочої частоти інвертора. Тривалість затухання особистих коливань в контурі ударного збудження визначається його добротністю

і тривалістю перехідних процесів в вихідних ланцюгах схеми.

Після запалювання розряду відбувається шунтування розрядним проміжком лампи контуру ударного збудження, його добротність різко зменшується, коливання в ньому згасають і лампа переходить в номінальний режим на робочий частоті інвертора.

Висновки.

Таким чином, запропонована схема забезпечує гарантовану надійність запалення і перезапалення безелектродних індукційних розрядних ламп незалежно від можливих коливань робочої частоти живлячої напруги або особистої частоти контуру ударного збудження на протязі усього регламентного строку служби ламп, і не потребує додаткового запалюючого електроду. Це дає змогу повністю використати ресурсні можливості лампи і здійснити тим самим суттєву економію коштів на експлуатацію УФ та інших опромінювальних установок і їх подальше широке впровадження.

Проведені розрахунки свідчать, що не зважаючи на декілька більшу складність технології виготовлення безелектродних розрядних ламп, тільки за рахунок економії витрат на обслуговування та значно більшого строку служби, - використання безелектродних індукційних ламп економічно виправдане і вони є найбільш перспективними джерелами УФ випромінювання в різноманітних технологічних установках.

Література

1. Lieberman M. A. Principles of plasma discharges and materials Processing J. Wiley[Текст] / М. А. Lieberman, А. J. Lichtenberg // &Sons. Inc. N.Y. - 1994.
2. Godyak V. [Текст] Proc. 8th inter simpos on the science technology of light sources / V. Godyak, J. Shaffer // Greifswald. - 1998.
3. Shaffer J.[Текст] / IESNA annual meeting // Shaffer J., Godyak V. San Antonio. TX. 1998.
4. Godyak V. A. [Текст] / V. A Godyak // Appl. Phys. - 1994.-V.69.- p. 533.
5. Pat. 6194843 US. (Int.Cl.H05B37/02). Hid Ballast with hot restart circuit [Текст] / S.Powell // Offic. Gaz.-2001.- No.1.
6. Durability testing for Energy Star residential light fixtures [Текст] // Lighting Research Center.-2003, [http://www.lrc.rpi.edu/programs/lightingTransformation/durabilityNtsting Final Report.pdf](http://www.lrc.rpi.edu/programs/lightingTransformation/durabilityNtsting%20Final%20Report.pdf).
7. Овчинників С. С. Спектральні характеристики ртутно-кварцевих ламп на підвищеній частоті.[Текст] / С. С. Овчинників, В. Ф. Рой //Восточно-европейский журнал передових технологій. -2010.- №6(48).-С.40-43.
- 8.Намитоков. К. К. Высоочастотные свойства газоразрядной плазмы низкого давления. [Текст] / К. К. Намитоков, В. Ф. Рой //Вопросы атомной науки и техники. – Харків: ННЦ ХФТИ.-1998.- №5.- С.151-152.
9. Исупов М. Индукционная ультрафиолетовая лампа.[Текст] / М. Исупов, С. Коротков //Светотехника.-2007.-№5.- С.37-40.
10. Рохлин Г. Н. О характеристиках новых безелектродных микроволновых ламп [Текст]/ Г. Н. Рохлин // Светотехника.-1997.- №4.- С.19-23.

11. Бурма Н. Г. Зажигание люминесцентных ламп при высокочастотном питании. [Текст]/ Н. Г. Бурма, К. К. Намиток, В.Ф. Рой // Светотехника.-1990.- №2.- С. 3-5.

References

1. Lieberman M.A., Lichtenberg A.J. Principles of the plasma unloading and materials, Processing J. Wiley&Sons.Inc. N.Y. 1994.
2. Godyak V., Shaffer J. Proc. 8th between simpos on technology of science of easy sources. Greifswald. 1998.
3. Shaffer J., Godyak V. Annual meeting IESNA. San Antonio. TX. 1998.
4. Godyak V.A. Appl. Phys. V.69. p. 533, 1994.
5. Pat. 6194843 the USA. (Int.Cl.H05B37/02). Hidden Ballast with hot length of circuit of the repeated start / S.Powell./Offic. Gaz.2001. No. 1.
6. Firmness checking Energies for the Star dwelling easy armature// Center of Research of illumination.-2003 9.

<http://www.lrc.rpi.edu/programs/lightingTransformation/durabilityNtstingFinalReport.pdf>.

7. Ovchinnikov C.S., Roy V.F. Spektralni descriptions of rtutno-kvartsevih lamps on pidvishenyi chastoti. Vostochno-evropeyskiy magazine of peredovih technologies. 2010 №6(48), S.40-43.

8. Namitokov K.K., Roy V.F. Visokochastotnie properties of gas-unloading plasma of nizkogo pressure. Questions of atomic science and technique. – Harkiv: NNTS HFTI, 1998 №5, S.151-

9. Isupov M., Korotkov With. and dr. Induction ultraviolet lamp. Lightning technology, 2007. №5, S.37-40.

10. Pohlin G.N. About descriptions of new bezelektroodnih microwave lamps. Lightning technology, 1997 №4, S.19-23.

11. Burma N.G., Namitokov K.K., Roy V.F. Zagiganie luminescent lamps at the high-frequency feed. Lightning technology, 1990 №2, With. 3-5.

Автор: РОЙ Віктор Федорович

доктор фізико-матиматичних наук, професор
Харківського національного університету міського господарства ім.О.М. Бекетова
Харків, вул. Революції, 12. тел.(057)707-32-48(роб), 0502287794 (моб).
Кількість публікацій в російських виданнях – 100
Кількість публікацій в українських виданнях – 150
Кількість публікацій в іноземних виданнях – 3
Індекс Хірша – 3

Автор РОЙ Юрій Вікторович

Інженер, начальник відділу тестування програм
Харківського національного університету міського господарства ім.О.М. Бекетова
Харків, вул. Революції, 12. тел.(057)707-32-48(роб), 0502287794 (моб).
Кількість публікацій в російських виданнях – 10
Кількість публікацій в українських виданнях – 30

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАКТЕРИЦИДНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ ЛАМП

В. Ф. Рой, Ю. В. Рой

Исследуются возможности использования безэлектродных индукционных бактерицидных разрядных ламп в облучательных установках широкого спектра применения. Предлагается «нерезонансный» метод иницирования высокочастотного разряда в безэлектродных индукционных лампах, гарантирующий надёжное их зажигание независимое от возможных отклонений рабочей частоты.

Ключевые слова: безэлектродная лампа, энергоэкономичность, высокочастотный разряд, бактерицидное воздействие, нерезонансный метод иницирования, контур ударного возбуждения, отклонение частоты, надёжность зажигания разряда.

PERSPECTIVE EXPLORING THE BACTERICIDAL INDUCTION LAMPS

V. Roj., J. Roj

The article is exploring the prospects of using electrodeless bactericidal induction lamps in wide range of lightened environments.

The most perspective lamps are the ones with induction digits of transformer type, based on principle of electromagnetic induction in the gas digit of low pressure with forms reserved branches of the second winding of transformer, related to the branches of primary winding with the help of magnetic circuit. It enables using wide range of working frequencies from 50 to 200 KHz, which is the most suitable due to reduction of losses of power on transformation by ignition-control system (ICS), increasing of its CCD, and also facilitation of solving problems related to decreasing of electromagnetic and radio interferences, that generated by primary winding of typical ICS to the levels defined by European regulations EN55015. To that purpose to the output of ISC's inverter authors attach primary winding of broadband transformer, which second winding is the bit interval of lamp, and another primary winding together with own capacity makes a contour of shock ignition. This contour is supplied by rectangular impulses of working tension from the ICS's inverter rectangular impulses, that front and back fronts are makes sock attenuation that are supplied to ignition winding of the ICS's transformer.

To make reliable ignition of electrodeless lamps and make it independent from tension and frequency variation, non-resonant method of exciting has been developed by using frequency significantly higher than normal.

Keywords: Electrodeless Lamp, Low energy consumption, high frequency electrical potential, non-resonant method of exciting, circuit of impact excitation, bactericidal lamps, frequency changes, exciting reliability, ignition reliability.