

*В. Ф. РОЙ*, д-р техн. наук, проф. ХНАМГ, Харків;  
*Ю. В. РОЙ*, аспірант, ХНАМГ, Харків

## ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ БАКТЕРИЦИДНИХ ІНДУКЦІЙНИХ ЛАМП

Досліджуються можливості використання безелектродних індукційних бактерицидних розрядних ламп в опромінювальних установках широкого спектру застосування. Пропонується «нерезонансний» метод ініціювання високочастотного розряду в безелектродних індукційних лампах, який забезпечує надійне їх запалювання незалежно від імовірних відхилень робочої частоти.

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

**Вступ.** 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 CO<sub>2</sub>. 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 малій 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 частой заміни таких ламп і значних експлуатаційних витрат [1].

**Огляд проблеми.** 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.

© В. Ф. РОЙ, Ю. В. РОЙ, 2013

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. 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 [2], а також європейського стандарту EN55015.

В результаті проведеного дослідження впливу підвищеної частоти на спектральні характеристики ртутно-кварцевої лампи було встановлено, що в діапазоні 40÷60кГц живлячої напруги спостерігається чітко виражений максимум бактерицидної віддачі випромінювання, який перевищує відповідний рівень на промисловій частоті живлення майже вдвічі [1]. 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. 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. 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 наявність електродів 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 в розряді в УФ випромінювання [3]. 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[4]. 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 індукційній лампі, 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 високочастотним імпульсом незалежно від можливих відхилень робочої частоти інвертора або особистої частоти контуру ударного збудження [6]. 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 ємкістю 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  $\omega$  – робоча частота,  $K$  – коефіцієнт трансформації,  $L_1$ ,  $L_2$  – індуктивності розсіювання обмоток трансформатора

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 ємкістю, 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. Сказане підтверджується наведеними осцилограмами на рис.1.

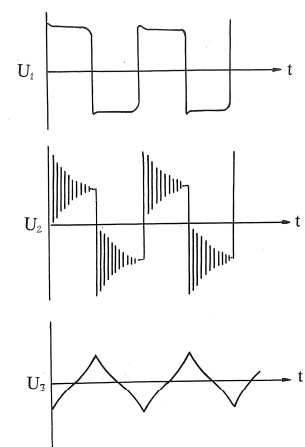


Рис.1 - Осцилограма напруг:  $U_1$  - на виході інвертора;  $U_2$  - на резонансному контурі;  $U_3$  - напруга на лампі

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 запальною.

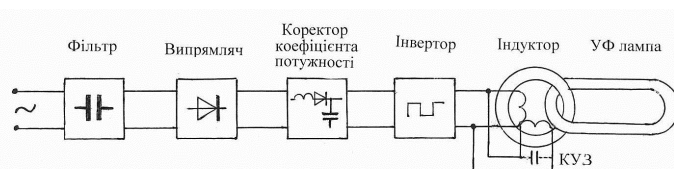


Рис. 2 - Функціональна схема ініціювання і живлення безелектродної індукційної лампи

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 робочій 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 запальноючого 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.

**Список літератури:** 1. Исупов М., Коротков С. и др. Индукционная ультрафиолетовая лампа. Светотехника, 2007., №5, С.37-40. 2. ГОСТ Р 51317. 3.2.2006. Нормы электромагнитной совместимости электрических приборов, питаемых от сети тока.-М: 2008. 3. Овчинников С. С., Рой В. Ф. Спектральные характеристики ртутно-кварцевых ламп на підвищеній частоті. Восточно-европейский журнал передових технологій. 2010, №6(48), С.40-43. 4. Намитоків К. К., Пахомов П. Л. Излучение газоразрядной плазмы.- Алма-Ата, Наука, 1994, 304 с. 5. Намитоків. К. К., Рой В. Ф. Высоочастотные свойства газоразрядной плазмы низького давления. Вопросы атомной науки и техники. – Харків: ННЦ ХФТИ, 1998, №5, С.151-152. 6. Бурма Н. Г., Намитоків К. К., Рой В. Ф. Зажигание люминесцентных ламп при высокоочастотном питании. Светотехника, 1990, №2, С.3-4.

Надійшла до редколегії 20.01.2013

УДК 628.936

**Проблеми використання бактерицидних індукційних ламп / Рой В.Ф., Рой Ю.В.//** Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 4 (978). – С. 142-146. – Бібліогр.6 назв.

Исследуются возможности использования безэлектродных индукционных бактерицидных разрядных ламп в облучательных установках широкого спектра применения. Предлагается «нерезонансный» метод инициирования 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 инициирования, контур ударного возбуждения, отклонение частоты, надёжность зажигания разряда.

The article is the exploring the prospects of using electroless bactericidal induction lamps in wide range of lighting equipment. In particular it covers non-resonant method exciting of exciting performed by high frequency electrical potential, which is highly reliable wayto illuminate the lamp, and unaffected by frequency changes in igniting circuits.

**Keywords:** Electroless 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.

### УДК 621.315.592

**И. Ф. ЧЕРВОНЫЙ**, д-р техн. наук, проф., ЗГИА, Запорожье;

**Ю. В. РЕКОВ**, аспирант, ген. дирек. ЧАО «Завод полупроводников», Запорожье;

**О. П. ГОЛОВКО**, канд. техн. наук, доц., ЗГИА, Запорожье

### ПРОЦЕСС ВОДОРОДНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРИХЛОРСИЛАНА

Представлены результаты теоретического исследования о предварительном нагреве прутков-подложек в процессе водородного восстановления трихлорсилана – «Siemens-процесса». Обсуждаются применение легированных прутков-подложек для производства поликристаллического кремния с заданным уровнем концентрации легирующей примеси. В режиме генерации собственных носителей заряда, при нагревании кремния полупроводниковой чистоты в кристаллической решетке генерируются собственные носители заряда, которые обеспечивают определенную, в зависимости от температуры, электрическую проводимость. При использовании легированных прутков-подложек осуществляется расчет концентрации заданного типа примеси, с учетом величины наращенного слоя поликристаллического кремния и перераспределения примеси между прутком-подложкой и объемом получаемых стержней поликристаллического кремния.

**Ключевые слова:** кремний; прутки-подложки; носители заряда; легирование; нагрев; примеси.

#### Введение

Основным процессом водородного восстановления трихлорсилана в настоящее время является «Siemens-процесс». Сущность этого процесса заключается в монтаже в реактор кремниевых прутков-подложек, их разогреве до температуры ~1500 К и последующее водородное восстановление трихлорсилана на поверхности прутков-подложек (рис. 1). Разогрев прутков-подложек производится постоянным током [1, 2]. Учитывая, что для водородного восстановления трихлорсилана используют прутки-подложки из чистого кремния полупроводникового качества, для обеспечения первичного прохождения по ним тока необходимо создать достаточно высокую

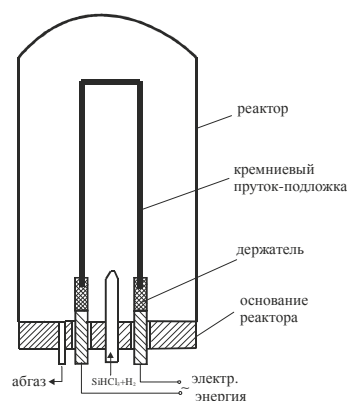


Рис. 1 - Схема монтажа прутков-подложек в реакторе