

*І.В. Бондаренко¹, О.Я. Сольона², канд. техн. наук, доцент,
Ю.І. Рудик³, канд. техн. наук, доцент, С.В. Сольоний², канд. техн. наук, доцент,
(¹Донецький національний технічний університет,
²Санкт-Петербурзький державний університет аерокосмічного приладобудування,
³Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ЕНЕРГОРЕКУПЕРАЦІЯ ТА ІСКРОБЕЗПЕКА ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОЛАМП

З урахуванням проаналізованих причин проблеми низької енергетичної ефективності освітлювальних комплексів України, пропонується технічне рішення для підвищення енергозбереження при експлуатації електроламп шляхом рекуперації теплової енергії штучних джерел світла. У статті запропоноване вирішення задачі підвищення енергетичної ефективності освітлювальних приладів, що використовують люмінесцентні лампи та лампи розжарювання, з можливістю їх резервного автономного енергопостачання, виключаючи необхідність зміни конструкції джерел штучного світла. Практичне масове застосування запропонованого пристрою може знизити рівень енергоспоживання комплексів освітлення в Україні.

Ключові слова: освітлення, енергозбереження, рекуперація, тепла енергія, відходи, комутація, термопара, електролампи.

И.В. Бондаренко, О.Я. Солёная, Ю.И. Рудык, С.В. Солёный

ЭНЕРГОРЕКУПЕРАЦИЯ И ИСКРОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОЛАМП

С учетом проанализированных причин проблемы низкой энергетической эффективности осветительных комплексов Украины, предлагается техническое решение для повышения энергосбережения при эксплуатации электроламп путем рекуперации тепловой энергии искусственных источников света. В статье предложено решение задачи повышения энергетической эффективности осветительных приборов, использующих люминесцентные лампы и лампы накаливания, с возможностью их резервного автономного энергоснабжения, исключая необходимость изменения конструкции источников искусственного света. Практическое массовое применение предлагаемого устройства может снизить уровень энергопотребления комплексов освещения в Украине.

Ключевые слова: освещение, энергосбережение, рекуперация, тепловая энергия, отходы, коммутация, термопара, электролампы.

Considering the analyzed reasons of the problem of low energy efficiency of lighting complex of Ukraine, it is proposed technical solution for improvement of energy efficiency in the operation of electric bulbs by recovery of thermal energy artificial light sources. In the article is proposed solution of the task for reached energy efficiency of lighting using fluorescent lamps and incandescent lamps, with the possibility of back-independent power supply, eliminating necessity of change the construction of artificial light sources. Practical mass application of the proposed device can reduce energy consumption of lighting complex in Ukraine.

Key words: lighting, energy recuperation, heat energy, waste, semiconductors, switching, thermocouple, light bulbs.

Проблема та її зв'язок із науковими та практичними завданнями. Сучасне життя людини широко пов'язане зі штучними джерелами світла. Однак, динаміка споживання електроенергії освітлювальними комплексами населених пунктів сприяє розвитку еколого-економічної проблематики сучасності. Значною складовою цього процесу є незбалансоване енергоспоживання житлово-комунальної та промислової сфери діяльності людини. Згідно із Законом України "Про енергозбереження", до переліку основних принципів державної політики у сфері енергозбереження входять такі положення: пріоритетність вимог енергозбереження при здійсненні господарської, управлінської або іншої діяльності, використання паливно-енергетичних ресурсів та створення енергозберігаючої структури матеріального виробництва на основі комплексного вирішення питань економії та енергозбереження з урахуванням екологічних вимог, широкого впровадження новітніх енергозберігаючих технологій. Відповідно до прогнозу Енергетичної стратегії України, до 2030 року побутове використання електроенергії зросте більш ніж на 55% відносно рівня енергоспоживання у 2010 р. При цьому на сьогодні за даними досліджень більше 15% від загального обсягу енерговитрат в країні припадає на функціонування приладів освітлення. Однією з основних технічних проблем у сфері освітлення є використання морально застарілого освітлювального устаткування.

Аналіз досліджень та публікацій. За даними Міжнародного Енергетичного Агентства (International Energy Agency) аналіз світового досвіду показує, що споживання енергії для забезпечення освітлення тягне за собою викиди парникових газів в кількості 1900 млн. т. CO² на рік, що дорівнює 70% викидів від легкових автомобілів у всьому світі. Це вказує на виражений негативний екологічний ефект експлуатації незбалансованої світлотехніки.

Розвиток сучасної освітлювальної техніки в світі сьогодні переходить на новий рівень і стає все більш складним, тому допомога у виборі освітлювальних засобів, проектуванні комплексів освітлення, оптимізації світлового середовища і світлового дизайну, дотримання принципів енергозбереження стає найважливішою для споживача [1, 2].

На сьогодні як джерела світла часто використовують лампи розжарювання, газорозрядні та світлодіодні лампи [3]. Найбільш енергетично ефективним штучним джерелом світла вважається натрієва газорозрядна лампа (коефіцієнт економії електроенергії – 71%), при цьому лампа розжарювання характеризується лише 2-14% ККД. Однак, згідно з деякими оцінками фахівців, парк приладів освітлення України має таке процентне співвідношення робочих елементів: лампи розжарювання - 70%; люмінесцентні лампи – 27%; ртутні газорозрядні лампи – 3% [1]. Ці показники свідчать про вкрай низьку ефективність комплексів освітлення в країні.

Також відомо, що люмінесцентні лампи можуть бути однією з причин виникнення ракових пухлин завдяки довжині хвилі випромінюваного світла, оскільки мають ультрафіолетову складову – електромагнітне випромінювання, що займає спектральний діапазон між видимим і рентгенівським випромінюваннями, з ртутного спектра [5].

Відпрацьовані енергозберігаючі лампи також є джерелом формування специфічної фракції промислово-побутових відходів, що містять ртуть. Одна люмінесцентна лампа містить 3-5 г. ртуті [6]. За оцінками фахівців кількість ртуті, яка з відходами розрядних ламп попадає в навколишнє середовище (з урахуванням того, що частина ламп утилізується), в Україні становить більше 300 кг/рік [7]. Це при тому, що 1 г. ртуті, потрапивши у природне навколишнє середовище, здатен привести до наднормативного забруднення 3300000 м³ повітря або 200000 м³ води. Особливою проблемою створює питання збирання, транспортування та утилізації цього виду небезпечних відходів. Ці процеси потребують застосування вузькоспеціалізованого обладнання. Згідно з нормативними документами України, відпрацьовані люмінесцентні лампи, як надзвичайно небезпечні відходи, підлягають державному контролю та потребують окремого сортування і зберігання з використанням спеціалізованих контейнерів [8]. Процес подальшої утилізації також технічно складний та економічно ускладнений. В Україні система поводження з небезпечними відходами недостатньо розвинена [9].

Постановка завдань дослідження. Метою цієї роботи є розроблення безпечного технічного рішення для підвищення енергоефективності пристроїв освітлення. Принципово новий підхід до конструювання технічних засобів для рекуперації теплової енергії при роботі приладів освітлення без необхідності зміни їх конструкцій дає можливість підвищення енергетичної ефективності. Запропонований в роботі апарат також дасть змогу використовувати існуючі світильники у режимі резервного або аварійного електроосвітлення.

Задача, поставлена в основу створення апарата, полягає в підвищенні енергоефективності освітлювального устаткування шляхом використання побічної теплової енергії освітлювальних приладів, зняття її з поверхні робочих елементів – поверхні ламп, та перетворення в електроенергію з можливістю подальшого використання для резервного або аварійного (автономного) живлення електричних джерел світла з мінімізацією впливу УФ-випромінювання енергозберіжних ламп на людину.

Викладення матеріалу та результати. У 2012 році споживання електроенергії, необхідної для експлуатації освітлювальних приладів в Україні, становило близько 23 млрд. кВт/рік. (з розрахунку 15% від загального споживання електричної енергії в країні). Цей показник значною мірою залежить від стану та складу устаткування в цій сфері.

На рис. 1 і 2 зображені рівні загального виробництва електроламп та використання різних типів цієї продукції в Україні та за кордоном.

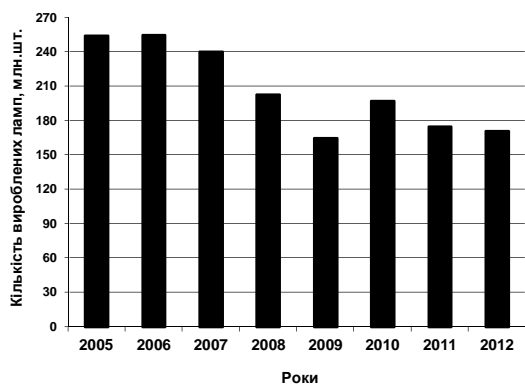


Рисунок 1 – Виробництво електроламп в Україні за період 2005-2012 рр. [10]

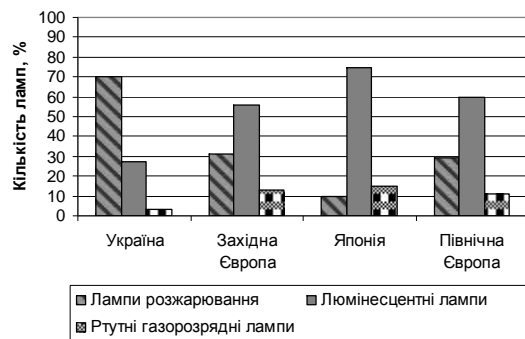


Рисунок 2 – Використання різних типів електроламп в Україні та за кордоном [1]

Аналіз рисунків 1-2 вказує на низьку енергетичну ефективність освітлювальних комплексів в країні через використання морально застарілих електричних джерел світла (ламп розжарювання) на фоні зниження їх вітчизняного виробництва (у 2012 році рівень виробництва скоротився на 32,7% порівняно з показником 2005 року), що стимулює імпорт цієї продукції в Україну та зростання її вартості для споживача.

Як відомо, світловий коефіцієнт корисної дії ламп розжарювання, що визначається як відношення потужності променів видимого спектра до потужності, споживаної від електричної мережі, вельми малий і не перевищує 14 %, решта кількості енергії (86-98%) йде на нагрівання джерела світла. Через 30 хвилин після включення таких ламп, температура їх зовнішньої поверхні досягає, залежно від потужності, значень: 25 Вт – 100 °С, 40 Вт – 145 °С, 75 Вт – 250 °С, 100 Вт – 290 °С, 200 Вт – 330 °С. Більшість енергоефективних ламп також характеризуються істотним рівнем тепловіддачі. Температура люмінесцентної лампи під час роботи – до 50-60 °С. Проте потрібно відзначити, що в закритому плафоні світильника така лампа може нагрітися до 90°С і більше, що створює пожежну небезпеку при її експлуатації.

Беручи до уваги ці технічні особливості електричних джерел світла, розроблено допоміжне експлуатаційне устаткування – "Енергорекупераційний апарат для ламп освітлення" [11].

Пристрій відноситься до термогенераторів, а саме до пристроїв аварійного або резервного енергопостачання освітлювальних приладів, що використовують комбінації живлення джерел світла шляхом прямої рекуперації побічної теплової енергії, яка утворюється при експлуатації електричних ламп освітлення. Пристрій може бути використаний для підвищення енергоефективності освітлювального устаткування житлових та промислових приміщень, а також може бути застосований у спеціалізованих системах освітлення, наприклад, медичного призначення.

Поставлена технічна задача досягається завдяки тому, що при роботі освітлювальних приладів (люмінесцентних ламп та ламп розжарювання) забезпечується рекуперация теплової енергії, її перетворення в електроенергію і акумуляція з можливістю використання для автономного живлення освітлювального устаткування без зміни конструкції світильника або електроламп, що, як наслідок, приводить до підвищення ступеня енергозбереження процесу експлуатації систем освітлення навіть при використанні застарілих елементів (ламп розжарювання).

На рис. 3 наведена схема одного з варіантів виконання запропонованого пристрою.

Відповідно до винаходу, що пропонується як термоелектричний перетворювач, використаний теплоелектрорекуператор 2 сполучений з гнучким лінійним електропровідним контуром кріплення 1, а до складу апарата додатково введений контактний цоколь 5, жорстко сполучений з патроном фіксації 4 з різьбою на внутрішній його поверхні. Електрично сполучений з ним гнучкий лінійний електропровідний контур кріплення оснащений електроаккумуляторним блоком 3 та одним або більш теплоелектрорекуператором, що складається з корпусу і мультиферонкового стержня 7, сполученого з електродами зняття електричного імпульсу 9 і електричним провідником 10 (рис. 3).

Теплоелектрорекуператор може бути виконаний у вигляді тривимірної конусоподібної спіралі і має жорстку опору 11, а електроаккумуляторний блок має форму об'ємного кільця і розташований на зовнішній поверхні патрона фіксації. При цьому теплоелектрорекуператор виконаний у вигляді спіралі та має теплоізоляційне покриття з утворенням термоконтактної поверхні, а електроаккумуляторний блок містить електрокабель зарядки слабкострумових пристроїв. Корпус теплоелектрорекуператора має кольорове покриття, а мультиферонковий стрижень оснащено дротяною обмоткою (рис. 4).

Відповідно до другого варіанта реалізації винаходу, теплоелектрорекуператор складається з двох спаяних разом, в одному кінці, термоелектронів 7а та 7б з різнорідних матеріалів, один з яких має теплоізоляційне покриття, та електродної точки 9а, сполученої шляхом теплоелектроізолюваних електропроводів з термоелектродами і електропровідним контуром, оснащеним електроаккумуляторним блоком (рис. 5).

Енергорекупераційний апарат може додатково містити прозорий захисний ізоляційний плафон, що складається із зовнішнього 12 та внутрішнього 13 контурів (рис. 6), сполучених між собою з утворенням міжконтурного простору 14, принаймні двох теплоелектрорекуператорів 2 і 2а, сполучених з блоком електроконтакту 16, що знаходиться у верхній частині міжконтурного простору та підключеного до електроаккумуляторного блока 3 електропроводом 15, що проходить через гнучкий з'єднувач кріплення плафона 17 до основи 19. До складу пристрою додатково введена замок-клямка 18 та 18а з можливістю жорсткого з'єднання відкидної частини плафона та основи у вигляді кільця, жорстко сполученого з верхньою основою патрона, міжконтурний простір містить плівковий поляризаційний фільтр, а контактний цоколь має з'ємну підставку з різьбовим циліндром кріплення.

Пропонований апарат (за першим варіантом) працює таким чином. Після установки електроламп в енергорекупераційному апараті (рис. 3) шляхом фіксації (замикання) цоколя спіралеподібної люмінесцентної лампи в патроні фіксації 5 та розміщення теплоелектрорекуператора 2 у внутрішньому просвіті спіралі лампи (рис. 7), пропонований апарат з'єднується з освітлювальним приладом шляхом вгвинчування контактної цоколя 5 в патрон світильника. При цьому контакт днища цоколя лампи підключається до електроприладу через контактний цоколь.

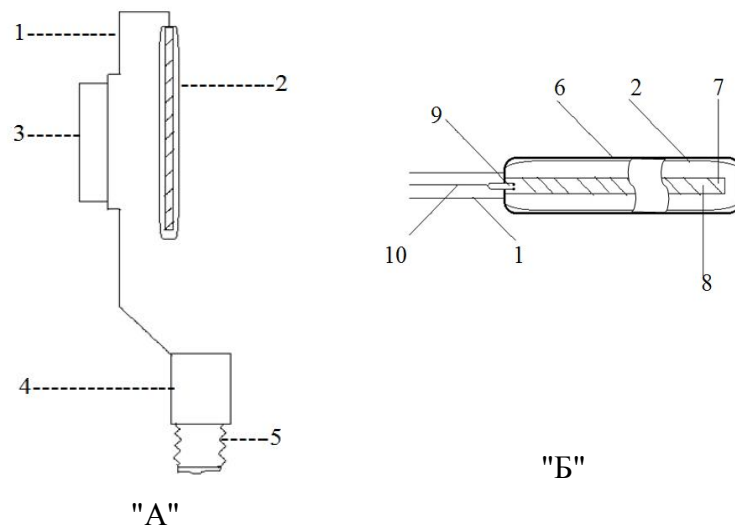


Рис. 3. Схема енергорекупераційного апарата для ламп освітлення та схема мультиферронового тепло-електрорекуператора.

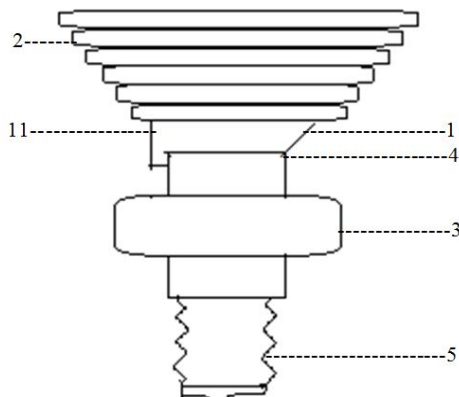


Рис. 4. Схема енергорекупераційного апарата для ламп освітлення за другим спіральним варіантом виконання: 11 – жорстка опора

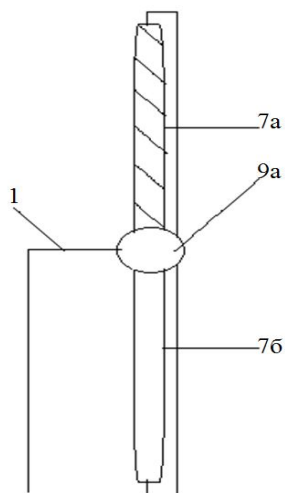


Рис. 5. Схема мультиферронового теплоелектрорекуператора:
7а, 7б – термоелектроди; 9а – електродна точка

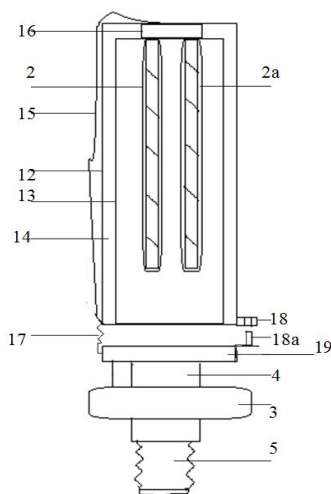


Рис. 6. *Схема енергорекупераційного апарата за третім варіантом виконання апарата із захисним плафоном.*

Далі починається експлуатація штучного джерела світла з супутнім нагріванням зовнішньої поверхні електролампи. Теплова енергія, що утворюється при цьому, впливає на корпус теплоелектрорекуператора 2. При підвищенні температури лампи відбувається прогрівання корпусу 2, оздобленого кольоровим покриттям для підвищення поглинання ним теплової енергії, та мультиферонкового стержня, виготовленого з відомого сплаву зі складом $Ni_{45}Co_{5}Mn_{40}Sn_{10}$ [12], і здійснюється оборотний фазовий перехід з немагнітного мартенсіту в аустеніт, що має сильні феромагнітні властивості, поглинання матеріалом теплової енергії і генерація електричного імпульсу стрижнем 7 (рис. 3 Б). За допомогою електродів 9 електричний імпульс через електропровідник 10, що знаходиться в гнучкому контурі кріплення 1, йде в електроаккумуляторний блок 3 і акумулюється в акумуляторній батареї, що знаходиться у ньому.

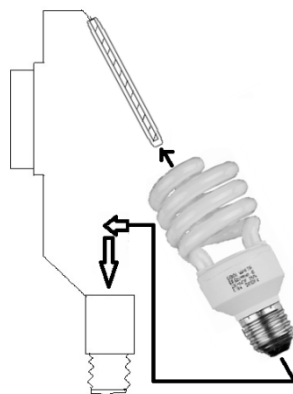


Рисунок 7 – *Схема розташування ламп освітлення в енергорекупераційному апараті за першим варіантом виконання апарату*

Накопичення електроенергії відбувається впродовж періоду роботи електролампи, а також в період її охолодження після відключення освітлювального приладу. Далі енергорекупераційний апарат може бути переведений в режим живлення. У випадку використання винаходу в устаткуванні освітлення побутового призначення (наприклад, в настільній лампі або бра) блок 3 може мати механічний комутаційний пристрій, який служить для замикання і розмикання електричного ланцюга передачі акумульованої електроенергії до контактів патрона фіксації 4 в ручному режимі за допомогою електропровідника 10, гнучкого контура 1, з метою подальшого автономного енергопостачання лампи. У разі експлуатації пристрою в системах постійного освітлення (наприклад, в світловому табло "Вхід"/"Вихід"), ключ може бути замінений електричним реле для автоматичного замикання електричного ланцюга резервного енергопостачання лампи при аварійному відключенні централізованого електроживлення, підтримуючи прилад освітлення в робочому стані до відновлення постійного енергопостачання.

На сьогодні розробники електрообладнання відходять від застосування в своїх проектах комутаційних пристроїв, в основі яких лежить принцип комутації за допомогою механічних контактів. Багато типів електричних реле також належать до цієї групи. Такий підхід зумовлений замалою зносостійкістю механічних контактів, яким доводиться комутувати робочі, а в деяких випадках і аварійні струми електричної мережі, крім того постійне іскро- та дугоутворення під час замикання й розмикання контактів сприяє зниженню вибухопожежобезпеки електрифікованих об'єктів, які додатково можуть мати і систему газопостачання.

З метою підвищення зносостійкості та вибухопожежобезпеки при використанні енергорекуперативного апарата, було прийнято рішення використати комутаційний пристрій з електронною комутацією на основі симісторів, оптосимісторів чи IGBT-транзисторів. Вивчення розробок у цій сфері показало, що найбільш технічно і фінансово адекватним варіантом є іскробезпечний комутаційний пристрій, запропонований у роботі [13]. Для його пристосування під алгоритми функціонування енергорекуперативного апарата та реалізації автоматичного замикання електричного кола резервного живлення лампи при аварійному відключенні централізованого електропостачання, було внесено ряд змін принципової схеми, поданих на рис. 8.

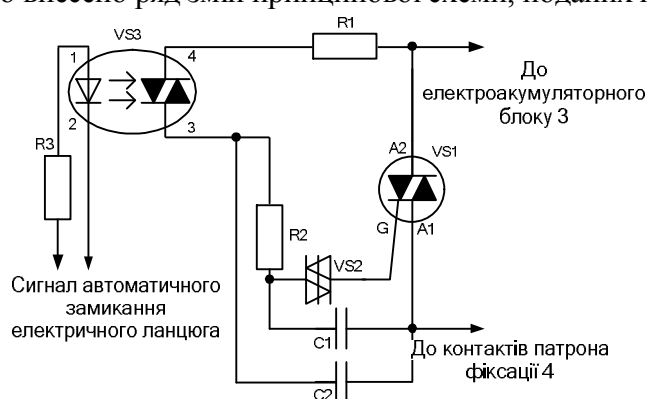


Рисунок 8 – Принципова схема електронного комутаційного пристрою автоматичного керування енергорекуперативним апаратом

Принципова схема електронного комутаційного пристрою (рис. 8) працює так. У режимі живлення лампи від патрона фіксації 4 симістор (електронний силовий ключ) VS1 знаходиться у закритому стані, тобто на його керуючому електроді G відсутній сигнал, бо в закритому стані знаходиться і оптосимістор (електронний проміжний ключ) VS3, який буде знаходитись у цьому стані до тих пір, поки на його керуючому світлодіоді буде сигнал автоматичного замикання електричного ланцюга, який може бути сформований, наприклад, давачем струму, уміщеним на фазний провідник (на рис. 8 не показано).

В режимі живлення лампи від електроаккумуляторного блоку 3 симістор VS1 переходить у відкритий стан, тобто на його керуючому електроді G з'являється сигнал, так як відкривається оптосимістор VS3 при відсутності напруги у мережі живлення і на керуючому світлодіоді зникає сигнал автоматичного замикання електричного кола, сформований давачем струму.

Використання принципу комутації, наведеного на рис. 8, дасть змогу забезпечити тривалу та вибухопожежобезпечну експлуатацію запропонованої лампи, що підтверджено випробуваннями іскробезпечного комутаційного пристрою в акредитованому Випробувальному центрі Державного Макіївського науково-дослідного інституту з безпеки робіт в гірничій промисловості (м. Макіївка, Україна) [14].

При побутовому варіанті використання енергорекуперативного апарата після тривалої роботи штучне джерело світла може бути видалене (вигвинчене) зі світильника разом з лампою для використання у якості мобільного ліхтаря. Для комфортного і безпечного мобільного використання пропонується використовувати з'ємну підставку 20 з різьбовим циліндром кріплення 21 шляхом вгвинчування в нього контактної цоколя 5 (рис. 9).

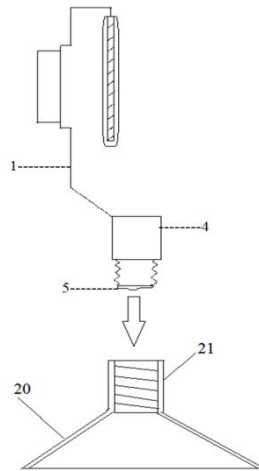


Рисунок 9 – Схема з'ємної підставки (у подовжньому розрізі) та спосіб кріплення в ній енергорекупераційного апарата

Експлуатація енергорекупераційного апарата (за другим спіральним варіантом виконання) має деякі відмінності від першого, виражені в способі з'єднання апарата з електролампюю (рис. 10), у зв'язку з орієнтуванням апарата на використання сфероподібних ламп розжарювання і виконанням теплоелектрорекуператора у вигляді тривимірної конусоподібної спіралі (рис. 4). При фіксації електролампи в енергорекупераційному апараті цієї модифікації лампа розжарювання вгвинчується в патрон фіксації 4, що має різь на внутрішній його поверхні, а спіралеподібний теплоелектрорекуператор 2 щільно притискається термодіафрагмою до частини колби лампи розжарювання, що звужується. При цьому зовнішня неконтактна поверхня спіралі теплоелектрорекуператора 2 може бути покрита теплоізоляційним матеріалом для концентрації теплової енергії на термодіафрагмній поверхні спіралі у випадку експлуатації апарату в світильнику без використання плафона. Після установки лампи в апараті, його експлуатація повністю відповідає використанню за першим варіантом цього технічного рішення.

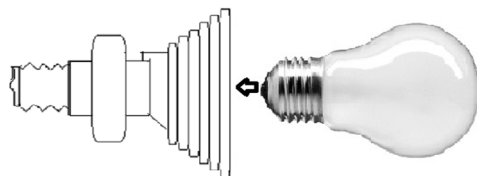


Рисунок 10 – Схема розташування ламп освітлення в енергорекупераційному апараті за другим варіантом виконання апарату

Робота енергорекупераційного апарата у випадку використання його конструкції, що включає захисний плафон, виглядає таким чином. Після з'єднання люмінесцентної лампи з апаратом (рис. 11) при розміщенні двох або більше теплоелектрорекуператорів 2 і 2а в просвітах спіралі лампи відбувається закриття захисного плафона шляхом притиснення нижніх основ зовнішнього контура 12 і внутрішнього контура 13, прикріпленому до них через гнучкий з'єднувач 17 основи 19, закриття клямки 18-18а (рис. 6) та сполучення цоколя лампи з патроном 4. Далі відбувається вгвинчування контактної цоколя 5 в світильник і його включення. Теплоелектрорекуператорами генерується електричний імпульс, який поступає на блок електроконтакту і передається на електроаккумуляторний блок 3 за допомогою електропроводу 15. Подальша робота цієї модифікації апарата відповідає експлуатації енергорекупераційного апарата за першим лінійним варіантом виконання.

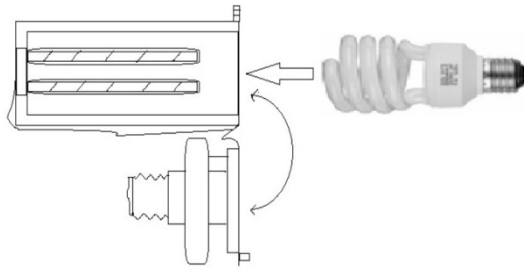


Рисунок 11 – Схема розташування лампи освітлення в енергорекупераційному апараті

Міжконтурний простір 14 містить поляризаційний фільтр, який затримує ультрафіолетове випромінювання люмінесцентної лампи, що може знизити негативний вплив цього виду освітлювальних пристроїв на організм людини.

Висновок. Завдяки технічній можливості використання запропонованого пристрою для рекуперації теплової енергії при експлуатації різних типів електроламп може бути підвищений рівень енергоефективності застарілих ламп розжарювання, а також їх конкурентоспроможність на ринку світлотехніки, що здатне знизити рівень утворення відпрацьованих люмінесцентних приладів освітлення, що містять ртуть. Такий підхід формування технічного забезпечення освітлювального комплексу може бути прийнятним для регіонів, які не мають технологічної можливості утилізації люмінесцентних ламп, що вийшли з ладу. Підвищення ефективності експлуатації більш дешевих та більш екологічно безпечних ламп розжарювання може бути сприятливим рішенням для формування світлотехнічного забезпечення екологічно збалансованих населених пунктів – екопоселень, що дуже актуально сьогодні.

Таким чином, в апараті досягається задача підвищення енергетичної ефективності освітлювальних приладів, що використовують люмінесцентні лампи та лампи розжарювання, з можливістю їх резервного автономного енергопостачання, виключаючи необхідність зміни конструкції джерел штучного світла. Практичне масове застосування запропонованого пристрою може знизити рівень енергоспоживання комплексів освітлення в Україні.

Список літератури

1. *А.В.Сапрыка.* Повышение энергоэффективности осветительных комплексов с учетом качества электрической энергии. Монография. – Харьков: ХНАМГ, 2009 – 126с.
2. *Семенов В.Т., Гриб О.Г., Овчинников С.С, Сапрыка А.В., Татьков В.П.* Современная концепция развития наружного и архитектурного освещения мегаполисов Украины// Світлотехніка та електроенергетика. Міжн. науч.-техн. журнал. № 1 – Харків, ХНАМГ, 2008. С. 4-11.
3. *Вагин Г.Я., Маслеева О.В., Малафеев О.Ю.* Экономия электрической энергии и снижение выбросов парниковых газов за счет модернизации систем освещения государственных образовательных учреждений // Энергоэффективность. Опыт. Проблемы. Решения. – 2012. – Вып. 1–2. – С.58-61.
4. *Маслеева О.В.* Экологические и экономические выгоды модернизации освещения образовательных учреждений // Энергоэффективность. Опыт. Проблемы. Решения. – 2011. – Вып. 3–4. – С.57-58
5. Энергосберегающие лампы вызывают рак кожи, мигрень, вред для здоровья / [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://medimir.ru/novosti-zdorovya/jenergoberegajushhie-lampy-vyzyvajut-rak-kozhi/> - Загл. з екрану
6. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 10.06.2003 р. «Про затвердження Методичних вказівок "Визначення вмісту ртуті в об'єктах виробничого навколишнього середовища і біологічних матеріалів"»

7. *Кожушко Г. М.* Проблема ртутного загрязнення окружающей среды отходами разрядных ламп // Г. М. Кожушко, Л. В. Дугнист, С. Г. Кислица// Світлотехніка та електроенергетика №1. 2013 р. – С. 37-43
8. Наказ Міністерства надзвичайних ситуацій України від 08.07.2009 р. №463 «Методичні рекомендації з організації і проведення демеркурізації»
9. *Бондаренко І.В., І.В. Беляева.* Модернізація системи транспортування твердих побутових відходів/ Проблеми екології. № 1-2 (27). – 2011, с. 80-89.
10. Статистичний щорічник України за 2012 рік [Електронний ресурс] / Держ. служба статистики України; за ред. О.Г. Осауленка. – 20 Мб. – К. : ТОВ "Август Трейд", 2013. – 1 файл.
11. Заявка на винахід України №а201403958 / Енергорекупераційний апарат для ламп освітлення / Бондаренко Іван Валерійович. Дата подачі заявки: 14.04.2014 р.
12. The Direct Conversion of Heat to Electricity Using Multiferroic Alloys [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/doi/10.1002/aenm.201000048/> – 3 екрану.
13. *Солёная О.Я.* Модернизированное искробезопасное коммутационное устройство с блоками ручного, дистанционного и сенсорного управления / О.Я. Солёная // Збірник наукових праць ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». Серія «Електротехніка і енергетика». – випуск 1 (14). – Донецьк, 2013. – С. 261-265.
14. *Солёная О.Я.* Испытания искробезопасного коммутационного устройства / О.Я. Солёная, А.П. Ковалев, Г.В. Демченко // Электротехнические комплексы и системы в нефтяной и газовой промышленности. Сборник тезисов докладов Научно-технической конференции молодых ученых: 29 октября 2013 г., г. Москва: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, ОАО «Газпром», 2013. – С. 45-48.