

**ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА
АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

Паздрій Ігор Ростиславович

УДК 628.93

**ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ВИСОКОІНТЕНСИВНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА В АНОМАЛЬНИХ
РЕЖИМАХ РОБОТИ ТА ЗАПОБІГАННЯ ЇХ ВИНИКНЕННЮ**

05.09.07 - Світлотехніка та джерела світла

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2000

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Тернопільській академії народного господарства
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор технічних наук, доцент
Карпінський Микола Петрович,
Тернопільська академія народного господарства,
завідувач кафедри спеціалізованих комп'ютерних
систем

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Сосков Анатолій Георгійович,
Харківська державна академія міського
господарства,
завідувач кафедри електротехніки

- кандидат технічних наук, доцент
Кожушко Григорій Мефодійович,
ВАТ "Полтавський завод газорозрядних ламп",
технічний директор

Провідна установа - Державне науково - виробниче об'єднання
"Метрологія"

Захист дисертації відбудеться " ___ " _____ 2000 р. о ___ годині
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.089.02 у Харківській
державній академії міського господарства за адресою: 310002, м. Харків,
вул. Революції, 12.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківської державної
академії міського господарства за адресою: 310002, м. Харків, вул.
Революції, 12.

Автореферат розісланий " ___ " _____ 2000 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
канд. техн. наук, доцент

Дьяков Є.Д.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сьогодні як в Україні, так і в інших державах, розрядні лампи високого тиску (РЛВТ) становлять практично найефективнішу групу високоінтенсивних джерел світла (ДС). Високі яскравість і світлова віддача, порівняно невеликий спад світлового потоку протягом усього терміну служби значно розширюють можливості їх застосування в освітлювальних установках різного призначення. Це дає змогу також успішно розв'язати завдання раціонального використання електроенергії в галузі світлотехніки з одночасним поліпшенням еколого-економічних показників і комфортності освітлення. Однак під час експлуатації РЛВТ виникає низка специфічних особливостей, що не дозволяють повністю використати ці переваги. Сюди слід віднести, насамперед, виникнення аномальних режимів роботи. Як правило, РЛВТ експлуатують у комплекті з індуктивними пускорегулювальними апаратами (ПРА). Запалювання здійснюється за допомогою спеціальних запалювальних пристроїв. Для випадку застосування такого комплекту ПРА - РЛВТ виникають аномальні струми, що суттєво, у кілька разів, перевищують їх номінальне значення. Значне перевищення струмів надзвичайно шкідливо впливає на термін служби розрядних ламп (РЛ). Їх негативна дія особливо відчутна для ламп малих потужностей, потреба в яких сьогодні зростає завдяки прагненню до економії електроенергії шляхом заміни ламп розжарювання на РЛ для внутрішнього освітлення. Одним із ефективних шляхів розв'язання цього завдання є запобігання виникненню аномальних режимів роботи у процесі експлуатації високоінтенсивних джерел світла. Тому встановлення причин виникнення, аналіз процесу формування аномальних струмів, розробка методів і створення засобів запобігання їх виникненню обумовлюють актуальність досліджень у даному напрямку.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основою дисертаційної роботи є дослідження, які автор виконав у Тернопільській академії народного господарства, Тернопільському державному технічному університеті ім. Ів. Пулюя та ВАТ "Ватра" (м. Тернопіль). Дослідження за темою дисертації

координувалися Комплексною програмою науково-технічного прогресу і його соціальних наслідків на 1985 – 2005 р.р. по УРСР, виконувались у відповідності до тем: “Розробка та освоєння серійного виробництва електротехнічних компонентів для освітлювальних приладів з металогалогенною лампою типу HQI TS 2000/D/S” (дог. №106 – 01 П/70808 від 08.08.1997 р.), “Модернізація пристрою запалювання ламп в прожекторах ПГЦ – М/1000, ПГЦ – М 2000/3500, ПГП – М 400/100, МПП – М 2000/3500 ” (дог. СО2 90001 – 7С53 від 12.03.1990 р.), тема ОНИЛ – 55 – 86 шифр “ТРИТОН”, № ДР 01860026238, 1988 р.).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є встановлення причин виникнення аномальних режимів роботи високоінтенсивних джерел світла, зокрема металогалогенних ламп, вивчення процесу формування аномальних струмів, розробка методів та створення засобів запобігання виникненню аномальних режимів роботи РЛВТ. Поставлена мета досягається розв’язанням таких науково - технічних задач:

- дослідити процес розгоряння РЛ;
- визначити електричні характеристики РЛВТ в аномальних режимах роботи;
- теоретично обґрунтувати можливі способи усунення аномальних режимів роботи РЛ;
- розробити схемні рішення ПРА, що запобігають виникненню аномальних режимів роботи в процесі експлуатації РЛ.

Об’єктом дослідження є аномальні режими роботи в процесі розгоряння високоінтенсивних джерел світла, зокрема розрядних ламп високого тиску.

Предметом дослідження є методи запобігання виникненню аномальних струмів під час розгоряння металогалогенних ламп.

Методи досліджень. Для розв’язання поставлених задач використані експериментально-теоретичні дослідження характеристик МГЛ в процесі розгоряння, інтервальний метод вивчення параметрів РЛ, а також основні положення електричних кіл, математичних статистики і моделювання, диференційного та інтегрального числень. Основні теоретичні засади

підтверджені результатами комп'ютерної симуляції, експериментально та практикою промислового впровадження.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Запропонована методика визначення електричних характеристик РЛВТ в аномальних режимах роботи.
2. На підставі проведених досліджень встановлені причини виникнення аномальних режимів під час розгоряння металогалогенних ламп (МГЛ).
3. Проаналізований процес формування аномальних струмів в електричних колах з РЛ і дано його теоретичне обґрунтування.
4. Запропонований метод усунення аномальних режимів роботи РЛВТ шляхом вимушеного симетрування розряду.
5. Доведена можливість побудови математичної моделі першого і другого порядків для кіл, які містять РЛВТ. На основі результатів експериментальних досліджень отримані коефіцієнти математичної моделі ВДС.
6. Запропонований метод аналізу, який дає можливість моделювати роботу РЛ в аномальних режимах і оцінити аномальні струми та ефективність застосування шляхів їх усунення.
7. Розроблена та описана електрична схема гібридного ПРА, яка реалізує запропонований метод вимушеного симетрування розряду.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані практичні рекомендації визначення характеристик високоінтенсивних джерел світла в аномальних режимах роботи. Сформульовані вимоги до структури і характеристик ПРА з вимушеним симетруванням розряду в РЛВТ, розроблені й практично реалізовані їх принципіві електричні схеми. Досягнуто суттєвого підвищення терміну служби РЛВТ.

Реалізація результатів роботи. Результати теоретичних та експериментальних досліджень використані на ВАТ "Ватра" (м. Тернопіль) для розробки пускорегулювальних апаратів.

Особистий внесок здобувача. Основний зміст роботи, основну частину теоретичних та експериментальних досліджень, висновки і рекомендації автор

виконав сам. У дослідженнях, виконаних у співавторстві, особистий внесок автора полягає у встановленні причин виникнення несиметричного розряду в період розгоряння МГЛ, поданні рекомендацій щодо зменшення дії аномальних струмів [1], розробці методики визначення характеристик високоінтенсивних ДС, аналізі амплітуди та тривалості імпульсів перенапруги МГЛ, уточненні математичної моделі РЛ [2], розробці гоніофотометричної системи з комп'ютерним керуванням роботою окремих вузлів [3], аналізі та створенні математичних моделей розрядних ламп для комп'ютерної симуляції перехідних процесів у високоінтенсивних ДС [4], запропонуванні методу запобігання виникнення аномальних режимів роботи РЛВТ шляхом вимушеного симетрування розряду [5], розробці радіальної структури інформаційно-вимірювальної системи модульного типу, побудованої на основі ЕОМ [7].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на IV науково-технічній конференції “Прогресивні матеріали, технології та обладнання в машино- і приладобудуванні” (Тернопіль, 2000 р.), XXX науково-технічній конференції викладачів, аспірантів і співробітників Харківської державної академії міського господарства (Харків, 2000 р.), на республіканській науково-технічній конференції “Применение вычислительной техники и математических методов в научных и экономических исследованиях” (Київ, 1988 р.). Дисертація в цілому доповідалась на засіданні кафедри “Світлотехніка та джерела світла” Харківської державної академії міського господарства.

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковані у 7 наукових працях, з них 5 у фахових наукових виданнях.

Структура та обсяг роботи.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів з висновками, загальних висновків, списку використаних джерел із 101 найменування і 3 додатків. Загальний обсяг роботи складають 118 сторінок основного тексту, 51 рисунок, список використаних джерел на 9 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обгрунтовано необхідність теоретичних та експериментальних досліджень з визначення електричних характеристик високоінтенсивних джерел світла в аномальних режимах роботи; розкрито актуальність проблеми і необхідність виконання досліджень; викладено зв'язок роботи з темами; сформульовано мету та завдання дослідження; наведено відомості про наукову новизну отриманих результатів і їх практичне значення; визначено особистий внесок здобувача у наукових працях; названо апробацію результатів досліджень та публікації.

У **першому розділі** проаналізовано особливості роботи високоінтенсивних ДС.

У розрядних ламп високого тиску, зокрема МГЛ, внаслідок специфічних особливостей виникає низка затруднень, пов'язаних з їх запалюванням та перезапалюванням. На підвищення напруги запалювання найсуттєвіше впливає наповнення МГЛ. Показано, що труднощі пробою і запалювання високоінтенсивних джерел світла обумовлені також:

- низькими емісійними характеристиками катодів;
- наявністю в наповнювальному газі речовин, що сприяють утворенню електровід'ємних іонів.

Проведено огляд вітчизняних і зарубіжних робіт з дослідження аномальних режимів у колах з розрядними лампами. Відзначено, що для кіл з люмінесцентними лампами аномальні струми враховуються при розробці і конструюванні ПРА. Показано, що шляхом удосконалення конструкції і технології виготовлення аномальні режими можна усунути в лампах типу ДНаТ і ДРЛ.

Однак найгострішою є проблема аномальних струмів кіл з МГЛ, що можуть суттєво перевищувати номінальне значення. Автори багатьох праць відзначають як сам факт виникнення кидків струму в період розгоряння, так і їх несприятливу дію на термін служби комплекту ПРА - РЛ. Аномальні струми можуть викликати

зменшення терміну служби лампи на 20%. У відомих працях автори не розглядають процеси виникнення кидків струму, фактори впливу на них і, що особливо важливо, нема рекомендацій для усунення цього явища.

Показано, що для вирішення цих завдань доцільно провести дослідження режимів роботи РЛВТ з використанням гоніофотометричної системи. Висвітлені основні групи гоніофотометрів, які використовують у сучасних комп'ютеризованих гоніофотометричних системах, що дають змогу за короткий інтервал часу отримати великий обсяг інформації про світлотехнічні величини і характеристики джерел світла та світлових приладів.

На основі проведеного аналізу обґрунтовані основні теоретичні, експериментальні та прикладні аспекти задач роботи.

Другий розділ присвячено визначенню характеристик високоінтенсивних джерел світла під час розвитку розряду. Проаналізовано і математично описано процес розвитку розряду в МГЛ від початку роботи до усталеного режиму.

Труднощі, пов'язані з явищем пробою, можна розглядати як статистичну ймовірнісну задачу для системи, яка складається з розрядної лампи і апаратури для подачі на лампу електричної напруги. У результаті досліджень встановлено, що не лише від зразка до зразка, ай для однієї і тієї ж лампи при ідентичних початкових умовах є значний розкид напруги запалювання. Передбачається, що існують дві причини вказаного розкиду. По-перше, - розбіжність у часі емісії з катода первинних електронів, що іонізують газ. По-друге, - статистичний розкид. Він зумовлений тим, що процес збудження розряду під дією емітованих катодом первинних електронів має ймовірнісний характер.

Проведені експериментальні дослідження режиму роботи МГЛ показали наявність несиметричного розряду під час розгоряння лампи. Процеси, які відбуваються на цій стадії, визначаються температурними характеристикам електродів. Гарячіший електрод за півперіод, коли він виконує функцію катода, остигає нижче за температуру термоелектронної емісії. В подальші 1 ... 2 періоди з цього електрода можливий знову лише тліючий розряд. Такі переходи триватимуть доти, поки один з електродів не нагріється до температури, достатньої для

підтримання дугового розряду з інтервалом один півперіод. Досягнувши такої температури, розряд у лампі переходить у стадію стійкого несиметричного розряду (рис. 1). Виникнута асиметрія самопідтримується завдяки перегріву гарячішого електрода, перешкоджаючи нагріву холодного електрода в наступний півперіод напруги живлення.

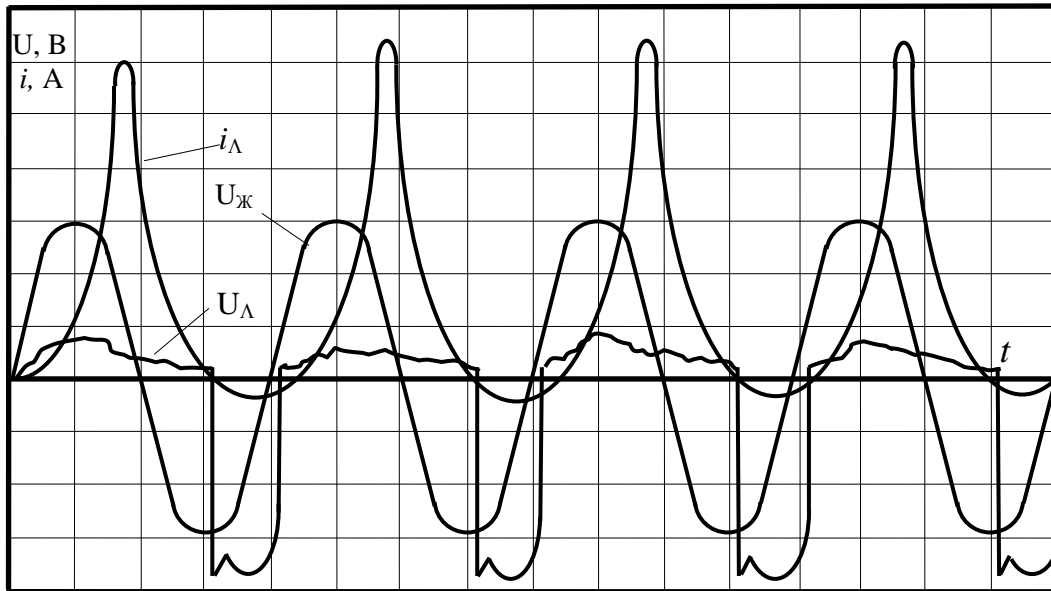


Рис. 1. Осцилограми струму і напруги МГЛ на етапі несиметричного горіння (випрямлення) в режимі розгорання:
 $M_t = 5$ мс/под.; $M_{i_\Lambda} = 5$ А/под.; $M_{U_\Lambda} = 50$ В/под.; $M_{U_\text{Ж}} = 100$ В/под

Тому, якщо в лампі горітимуть тліючий і дуговий розряди, їх перехід супроводжуватиметься виникненням аномальних струмів. Існування несиметричного розряду триватиме доти, доки холодний електрод не нагріється до температури термоелектронної емісії.

Для визначення можливих методів усунення аномальних струмів розглянуто процес їх формування. Оскільки за період напруги живлення в РЛВТ відбуваються запалювання і перезапалювання, лампу в колі можна вважати комутувальним елементом, що призводить до виникнення перехідних процесів. Однак не кожне перезапалювання розряду супроводжується виникненням аномальних струмів. Для випадку симетричного розряду в лампі можливе перезапалювання розрядів таких типів: дуговий - дуговий або тліючий - тліючий. Тоді відбувається взаємна

компенсація виникнутих магнітних потоків таким чином, що сумарний струм кола не відрізняється від усталеного значення. При несиметричному розряді є перезапалювання дугового розряду в тліючий для кутів $\varphi \approx \{90^\circ; 270^\circ\}$ і тліючого розряду в дуговий для кутів $\varphi \approx \{15 \dots 20^\circ; 195 \dots 200^\circ\}$. У першому випадку відсутність аномальних струмів можна пояснити, користуючись такими виразами

$$i = \frac{U_m}{Z} \left(\sin(\omega t + \varphi - \alpha) - \sin(\varphi - \alpha) e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \quad (1)$$

$$\Phi_t = \Phi_0 - \frac{U_m}{\omega w} \cos(\omega t + \varphi) + \frac{U_m}{\omega w} - \frac{R}{w} \int_0^t i dt, \quad (2)$$

де i - струм кола в перехідний період, U_m - амплітудне значення напруги прикладеної до комплекта ПРА - РЛ, $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ - повний опір кола, ω - циклічна частота, R і L - активний опір та індуктивність кола, $\tau = \frac{L}{R}$ - постійна часу кола, Φ_t - миттєвий магнітний потік, Φ_0 - постійна складова магнітного потоку, w - кількість витків баластного дроселя.

На основі цих же виразів отримуємо, що в другому випадку магнітний потік і струм кола близькі до максимальних значень.

Грунтуючись на вищевикладеному, можна зробити висновок, що в період розгоряння РЛ є ініціатором виникнення в колі перехідних процесів, струми яких викликають насичення сердечника баластного дроселя. У зв'язку з цим індуктивний опір дроселя суттєво зменшується порівняно з таким для ненасиченого сердечника. Тому баластний дросель у колі з РЛ втрачає здатність виконувати функцію струмообмежувального елемента. За такої умови струм кола обмежується лише активним опором обмотки баластного дроселя та опором самої РЛ. Внаслідок їх малих значень у колі виникають аномальні струми, які значно перевищують номінальне значення.

Показано, що аномальні струми можна значно зменшити шляхом:

- суттєвого збільшення пускового струму. Це дозволяє зменшити тривалість аномальних струмів завдяки інтенсивнішому розігрівові електродів. Реалізація способу вимагає відповідної зміни конструкції ПРА;

- ввімкнення послідовно з лампою резистора з подальшим його від'єднанням після закінчення несиметричної стадії горіння розряду. При цьому споживання енергії є суттєвим, і виникає проблема вимкнення резистора;

- застосування лінійних баластних дроселів, однак це вимагає збільшення витрат кольорових і чорних металів та енергоносіїв;

- використання індуктивно-ємнісних баластів, що пов'язано із значним збільшенням масогабаритних показників.

Автор пропонує використовувати ефективніший, енергоощадніший метод: симетрування розряду в режимі розгоряння МГЛ. Аномальні струми можна позбутись, якщо унеможливити вільну складову магнітного потоку, тобто забезпечити перезапалювання лампи в режимі розгоряння при $\varphi = \{90^\circ; 270^\circ\}$. Реалізувати дану пропозицію можна шляхом примусового перезапалювання з використанням ключового елемента - симистора. Кут відкриття симистора $\varphi_{\text{вим}}$ вибирається, виходячи з таких умов: досягнення усунення аномальних струмів; запобігання погасання лампи. Оскільки в режимі розгоряння відразу після пробою виникає дуговий розряд, перезапалювання якого відбувається для кута $\varphi_{\text{пр}} \approx 90^\circ$, то кут примусового перезапалювання повинен бути більшим за 90° . Встановлено, що для усунення вільної складової струму періодичних перехідних процесів необхідно, щоб примусове перезапалювання з врахуванням паузи струму відбувалося для кутів $\{93 \dots 100^\circ; 273 \dots 280^\circ\}$. Погасає розряд у діапазоні кутів $\{5^\circ \dots 10^\circ; 185^\circ \dots 190^\circ\}$.

Обгрунтовано, що застосування примусового симетрування розряду при розгорянні МГЛ, на відміну від інших методів, повністю усуває аномальні струми. Це підтверджують також отримані експериментальні дані (рис.2), що свідчать про плавний перехід стадій розряду без виникнення аномальних струмів. Крім цього, запропонований метод дозволяє, у випадку необхідності, здійснювати регулювання струму ламп, що підвищує комфортність створюваного ними освітлення.

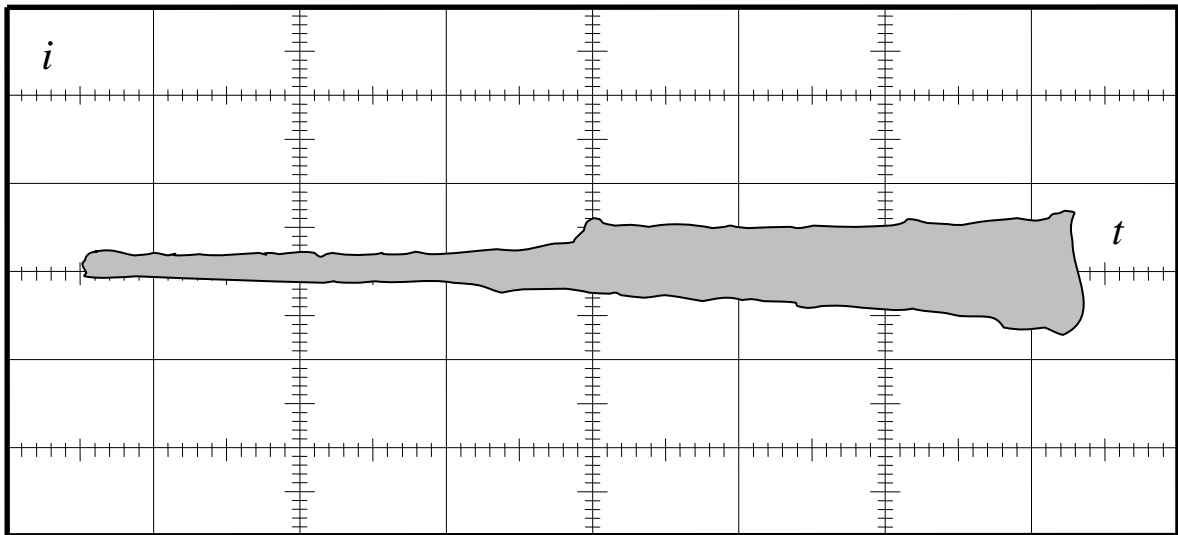


Рис. 2. Обвідна струму МГЛ під час розгоряння із примусовим симетруванням розряду: $M_t = 500$ мс/под. ; $M_{iЛ} = 5$ А/под. .

У третьому розділі висвітлено математичне моделювання кіл з високоінтенсивними джерелами світла.

Вказано, що для розрахунку робочих режимів кіл з РЛ розроблено низку моделей і методів. Але в основному використовують два принципи:

- перший ґрунтується на представленні РЛ еквівалентним генератором з внутрішнім опором, що дорівнює нулю. При цьому береться, що форма напруги на лампі не залежить від форми її струму;
- в основу другого принципу, який більш строго відображає фізичні процеси, що протікають в позитивному стовпі лампи, покладена диференційна апроксимація динамічної вольт-амперної характеристики (ВАХ) РЛ.

Показано переваги і недоліки методів гармонічного аналізу, еквівалентних синусоїд, припасування та операторного. Доведено, що для аналізу аномальних режимів роботи високоінтенсивних джерел світла, які мають місце під час розгоряння, найприйнятнішим є метод із застосуванням диференційних математичних моделей елементів кола з подальшою комп'ютерною симуляцією. Однак, незважаючи на безперечні переваги розглянутого методу, у вітчизняній практиці його застосовує мало.

Точність методу аналізу із застосуванням диференційних моделей у значній мірі визначається адекватністю моделей розрядних ламп. Існуючі моделі ґрунтуються на розгляді електричної дуги як нелінійного, стаціонарного, пасивного, володіючого причинністю, двополюсника, в якому відбувається дисипація енергії з частковим її накопиченням.

У будь-якому складному процесі виділяють головні домінуючі параметри, так звані визначальні параметри. Вони характеризують основні шляхи накопичення і втрати енергії, дають змогу пов'язати воєдино процеси, які відбуваються в розрядному проміжку, з параметрами зовнішнього кола.

Показано, що для МГЛ найприйнятнішими є математичні моделі, в яких визначальними параметрами є середні концентрація і рухливість електронів. Вважається, що рухливість електронів постійна і не залежить від напруги на лампі. Швидкість зміни густини електронів в РЛ виражається у вигляді різниці швидкостей утворення і зникнення електронів за одиницю часу. Виходячи з цього, а також, виражаючи електричні характеристики РЛ через еквівалентну провідність, після відповідних математичних перетворень отримано узагальнену модель високоінтенсивного джерела світла у вигляді

$$\frac{dG_{\Lambda}}{dt} = A(i_{\Lambda}^2 - U_{\Lambda}^2 G_{\Lambda}^2), \quad (3)$$

де i_{Λ} , G_{Λ} - миттєві струм і провідність лампи; U_{Λ} - середня напруга на лампі, тобто напруга горіння розряду; A - коефіцієнт моделі, який залежить від значення і форми напруги на лампі, від форми і габаритів розрядного проміжку, від тиску парів та їх складу.

Застосування моделі (3) для аналізу імпульсних схем живлення РЛ характеризується збільшенням похибки. Це означає, що описана математична модель недостатньо точно описує процеси, що відбуваються в РЛ. Збільшення похибки пов'язане з інерційністю коефіцієнта A . Це пояснюється тим, що швидкість зміни зовнішніх збурень перевищує час релаксації для процесів у плазмі РЛ. Якщо за другий визначальний параметр взяти середню рухливість електронів $b_{\text{ср}}$, ввести

безрозмірну величину $\beta = \frac{b_{\text{еср}}}{b_0}$, то система диференціальних рівнянь, які описують ВАХ РЛ, матиме вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dg}{dt} = g^2 M_1(U_\Lambda) \\ \frac{d\beta}{dt} = M_2(U_\Lambda)(\beta_{\text{уст}} - \beta) \end{cases}, \quad (4)$$

де $g = \beta G_A^{-1}$; b_0 - середня рухливість електронів для усталеного режиму. Причому для апроксимації нелінійних коефіцієнтів використовуються вирази:

$$M_1(U_\Lambda) = \frac{AU_\Lambda^2(\overline{U_\Lambda} - 1)}{0,4 + 0,6\overline{U_\Lambda}}$$

$$M_2(U_\Lambda) = (1,4 + 3(\overline{U_\Lambda})^{1,5}) \cdot 10^4. \quad (5)$$

$$\beta_{\text{уст}} = 0,4 + 0,6\overline{U_\Lambda}$$

Тут $\overline{U_\Lambda} = \frac{U_\Lambda}{U_0}$ - зведена напруга на лампі, U_0 - усталена напруга на лампі для постійного струму, $\beta_{\text{уст}}$ - усталене значення β при $U_\Lambda = \text{const}$.

Для оцінки адекватності математичних моделей (3) і (4) експериментальні дослідження характеристик ламп проведені на запропонованих установці, на якій реалізований інтервальний метод вивчення параметрів електричної дуги, і комп'ютеризованій гоніофотометричній системі. Установка призначена для проведення таких досліджень: імпульсних характеристик розрядних ламп низького і високого тисків; явища пробою розрядних ламп високого тиску; характеристик розрядних ламп на підвищених частотах. У результаті експериментальних досліджень характеристик РЛ отримано, що модель (4) доцільно застосувати для аналізу схем живлення МГЛ, в яких тривалість фронту імпульсу менша, ніж 10 мкс. У всіх інших випадках, в тому числі і при живленні від джерела струму синусоїдної форми частоти 50 Гц, математична модель (3) забезпечує достатню точність розрахунків - похибка не перевищує $\pm 3 \dots 4\%$.

У четвертому розділі показано практичне застосування результатів дисертаційної роботи з підвищення ефективності роботи розрядних ламп високого тиску.

З метою встановлення впливу нелінійності баластного дроселя на характеристики комплексу ПРА - РЛ проаналізовані результати вимірювань. Осцилограми струму лампи та напруги на ній, а також напруга на дроселі для змін нелінійності баластного дроселя дають змогу оцінити не лише якісну картину впливу нелінійності дроселя, а й визначити кількісно наявні зміни. Вони мають важливе значення в умовах виробництва, коли необхідно знати, до яких конкретно результатів приведе та чи інша зміна конструкції виробу.

Експлуатація РЛ супроводжується відхиленнями напруги від номінального значення. У поєднанні з технологічними похибками, що виникають при виготовленні дроселів, це суттєво впливає на параметри комплексу ПРА - РЛ. Тому передусім проектувальникам необхідно мати інформацію про ці зміни. Отримані в результаті моделювання залежності струму і потужності лампи від зміни індуктивності дроселя та напруги джерела живлення в діапазоні 198 ... 242 В, показують, що зміна напруги живлення на 10% викликає зміни струму і потужності МГЛ на 18%. Для відхилення коефіцієнта самоіндукції дроселя на 5% струм і потужність лампи змінюються відповідно на 21% і 20%.

При проектуванні комплексу ПРА - РЛ часто доводиться розв'язувати низку суперечливих завдань. Від того, наскільки вдало вдається проектуванню знайти їх оптимальне співвідношення, залежить ефективність виробу. В комплекті ПРА - РЛ одним з вихідних параметрів, що мають суттєвий вплив на характеристики комплексу, є відносна напруга горіння розряду. Отримані шляхом зміни напруги живлення форми струму та напруги на лампі показують, що запізнення по фазі напруги на лампі по відношенню до напруги живлення є незначним і напруга перезапалювання близька до миттєвої напруги живлення. При цьому легко виникає загасання лампи, форма струму спотворюється, коефіцієнт амплітуди струму збільшується. Проведений комплекс вимірювань з вивчення впливу відносної напруги горіння на параметри комплексу ПРА - РЛ дає змогу шляхом моделювання

визначити їх оптимальні співвідношення. Це сприяє значному скороченню експериментальних робіт при розробці виробів. Однак ще ширші можливості надає запропонований метод аналізу для дослідження нестационарних режимів роботи РЛ, оскільки проведення аналогічних робіт іншими методами утруднений.

Беручи до уваги живлення РЛВТ тиску від мережі змінного струму частоти 50 Гц з використанням баластного дроселя, для опису електричних кіл з РЛ застосовано математичну модель першого порядку (3). При цьому зберігається досить висока точність аналізу, адже похибка не перевищує $\pm 3 \dots 4\%$. Для складання диференціальних рівнянь, що описують процеси в колі з РЛ, з метою подальшої комп'ютерної симуляції шляхом чисельного інтегрування використаний метод змінних стану.

Для реалізації запропонованого методу усунення аномальних струмів МГЛ шляхом вимушеного симетрування розроблена і практично реалізована електрична схема гібридного пускорегулювального апарата. Він дозволяє досягти таких переваг: імпульс підпалу формується в обидва півперіоди; тривалість імпульсу значно більша і становить 15 ... 20 мкс; напруга в перший момент після пробною суттєво перевищує напругу живлення, що сприяє успішному розвитку розряду в лампі. Завдяки вказаним особливостям гібридного пускорегулювального апарата забезпечується надійне запалювання РЛВТ, усунення аномальних струмів періодичних перехідних процесів, можливість регулювання потужності, стабілізація струму лампи.

Надійність роботи пристрою в значній мірі визначається схемою керування, до якої ставляться вимоги вироблення сигналів керування симистором. Сигнали керування повинні бути достатніми для надійного ввімкнення симистора в будь-яких можливих режимах роботи. У цей же час не можна перевищити допустиму потужність розсіювання в колі електрода керування симистора. Важливою вимогою до кіл керування є можливість роботи фазорегулювального елемента для широкої зміни навантаження від холостого ходу, коли лампа не горить, до номінального. Схема керування не повинна створювати помітного струму витоку для закритого симистора, видавати сигналів помилкових ввімкнень. У схемі передбачений

універсальний вхід, що допускає керування від будь-якої системи безконтактних логічних елементів. Низьковольтні кола логічних елементів не зв'язані електрично з силовими колами. Кола керування прості та надійні в експлуатації.

Оскільки під час розгоряння МГЛ кут перезапалювання змінюється, то в схемі застосоване подвійне керування симистором. Спочатку на симистор подаються сигнали керування в діапазоні кутів $93 \dots 100^\circ$. Для уникнення погасання лампи у випадку неспівпадання моменту подання сигналу керування і моменту перезапалювання сигнал керування подається з деякою затримкою відносно моменту перезапалювання. Остання забезпечує невелику паузу струму, що становить $3 \dots 8^\circ$.

Для випадку дефектної лампи або її відсутності, пристрій припиняє генерацію високовольтних імпульсів через проміжок часу, який визначається витримкою реле часу. Цим досягається також значне зменшення рівня радіозавад і підвищення надійності електроустановчих приладів. Запропонована схема гібридного ПРА забезпечує надійне запалювання РЛ, усунення аномальних струмів періодичних перехідних процесів, можливість регулювання потужності, стабілізацію струму лампи і може бути рекомендована в якості індивідуального ПРА в схемах живлення МГЛ. Однак, ще суттєвіші переваги можна отримати при застосуванні запропонованого методу запобігання виникненню аномальних режимів під час розгоряння лампи в схемах групового симетрування в МГЛ.

ВИСНОВКИ

1. Експериментально встановлено, що під час роботи РЛВТ є аномальні режими, параметри яких суттєво відрізняються від номінальних параметрів.

2. Теоретично обгрунтовано, що виникнення аномальних струмів під час розгоряння МГЛ зумовлене насиченням баластного дроселя. Причиною цього є струми перехідних періодичних процесів для несиметричного режиму роботи лампи. Останній утворюється через нерівномірний нагрів електродів внаслідок їх отруєння галогенідами під час остигання після попереднього ввімкнення.

3. Доведено, що усунути чи по крайній мірі зменшити аномальні струми можна шляхом:

- суттєвого збільшення пускового струму;
- ввімкнення послідовно з дроселем резистора з подальшим його вимкненням;
- використання дроселя з лінійною ВАХ в пусковому режимі;
- застосування індуктивно - ємнісних баластів.

4. Запропонований ефективніший метод запобігання виникнення аномальних струмів шляхом примусового перезапалювання в режимі розгоряння МГЛ, який, на відміну від інших методів, повністю усуває аномальні струми, дозволяє, у випадку необхідності, регулювати струм лампи.

5. Проведений аналіз математичних моделей РЛ. Отримано, що для РЛВТ, зокрема для МГЛ, найприйнятнішими є математичні моделі, в яких за визначальний параметр прийнята середня концентрація електронів чи провідність лампи. Доведена можливість побудови математичної моделі першого і другого порядків для кіл, які містять РЛВТ.

6. На основі результатів досліджень отримані коефіцієнти математичної моделі високоінтенсивних джерел світла, що дає змогу скоротити обсяг експериментальних робіт для ламп нових типів та потужностей, а також використати диференційну модель лампи для аналізу кіл, що містять РЛ.

7. Проведені дослідження впливу нелінійності дроселя, відхилень напруги живлення від номінального значення, форм струму та напруги на електричні параметри РЛВТ. Це дає можливість вибирати їх найефективніші співвідношення при конструюванні та експлуатації високоінтенсивних ДС.

8. Розроблена принципова електрична схема гібридного ПРА, що реалізує запропонований метод усунення аномальних режимів шляхом вимушеного симетрування розряду, та висвітлений принцип її роботи.

Основні положення дисертації викладені в:

1. Гончар В.В., Карпінський М.П., Паздрій І.Р. Проблеми вимірювань та оптимізації показників металогалогенних ламп // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси і системи. – 1999. – № 1. – С. 53-58.

2. Гончар В.В., Паздрій І.Р., Мочульський В.А., Трембач Р.Б. Вимірювання електричних величин джерел світла та побудова математичної моделі за допомогою комп'ютеризованої системи // Вісник Тернопільського державного університету. - 1999. - Т.4. №1. - С. 174 - 179.

3. Гончар В.В., Карпінський М.П., Паздрій І.Р., Трембач Р.Б. Гоніофотометрична система з використанням комп'ютерної техніки // Технічна електродинаміка. - 1999. - № 4, - С. 71 – 74.

4. Карпінський М.П., Гончар В.В., Паздрій І.Р., Трембач Р.Б. Комп'ютерна симуляція перехідних процесів у високоінтенсивних джерелах світла // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси і системи. – 1999. – №2. – С. 28 – 32.

5. Паздрій І.Р. Запобігання виникненню аномальних режимів роботи розрядних ламп високого тиску. // Коммунальное хозяйство городов: Научно - технический сборник. Вып. 22. –К.: Техніка, 2000. – С. 229 –233.

6. Паздрій І.Р. Деякі аспекти математичного моделювання електричних кіл з розрядними лампами високого тиску // Тези доповідей IV науково-технічної конференції “Прогресивні матеріали, технології та обладнання в машино- і приладобудуванні”. Тернопіль: 2000, С. 127.

7. Ваврынюк О.А., Березский О.Н., Паздрий И.Р. Модульная информационно-измерительная система // Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции “Применение вычислительной техники и математических методов в научных и экономических исследованиях”. Київ: 1988, С. 77 – 78.

АНОТАЦІЇ

Паздрій І. Р. Визначення електричних характеристик високоінтенсивних джерел світла в аномальних режимах роботи та запобігання їх виникненню. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.07 – світлотехніка та джерела світла. – Харківська державна академія міського господарства. – Харків, 2000.

Дисертація присвячена визначенню електричних характеристик високоінтенсивних джерел світла в аномальних режимах роботи, розробці методів запобігання виникненню аномальних струмів у процесі розгоряння РЛВТ, зокрема МГЛ. У роботі досліджений процес розгоряння РЛВТ, встановлені причини виникнення аномальних режимів роботи, показані можливі шляхи усунення зазначених режимів роботи, на основі математичних моделей високоінтенсивних джерел світла зроблено розрахунок та експериментально підтверджено найефективніші співвідношення параметрів елементів електричного кола з РЛ. Запропонований метод, запобігання виникненню аномальних режимів роботи в процесі розгоряння МГЛ, який дозволяє повністю усунути аномальні струми, а також, регулювати потужність лампи. На основі запропонованого методу розроблена принципова електрична схема гібридного пускорегулювального апарату та висвітлений принцип її роботи.

Ключові слова: джерело світла, математична модель, металогалогенна лампа, пускорегулювальний апарат.

Паздрий И. Р. Определение электрических характеристик высокоинтенсивных источников света в аномальных режимах работы и предотвращение их возникновения. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.07 – светотехника и источники света. Харьковская государственная академия городского хозяйства. – Харьков, 2000.

Диссертация посвящена разработке определению электрических характеристик высокоинтенсивных источников света в аномальных режимах работы, разработке методов предотвращения возникновения аномальных токов в процессе разгорания РЛВД, в частности МГЛ. В работе исследован процесс зажигания РЛВД, определены причины возникновения аномальных режимов работы, показаны возможные

способы устранения указанных режимов работы, на основании математических моделей высокоинтенсивных источников света сделан расчет и экспериментально подтверждено наиболее эффективное соотношение параметров элементов электрической цепи с РЛ. Предложен метод предотвращения возникновения аномальных режимов работы в процессе разгорания МГЛ. На основании предложенного метода разработана принципиальная электрическая схема гибридного пускорегулирующего аппарата и рассмотрен принцип ее работы.

Ключевые слова: источник света, математическая модель, металлогалогенная лампа, пускорегулирующий аппарат.

Pazdry I. R. Determination of electric characteristics high intensive light sources in anomalous work modes and averting of its appearance. – Manuscript.

Thesis for a candidate's degree of engineering by speciality 05.09.07 – lighting engineering and sources of light. – Kharkov State Municipal Academy. – Kharkov, 2000.

Dissertation is devoted to determination of high intensive light sources characteristics, especially MHL, in anomalous work modes. It is shown, that clamp embarrasments and lighting of high intensive LS are conditioned by two electrode burner construction, low emissive cathodes characteristics, presence in ballast matters eider, which contribute to formation of electronegative ions. Introduced experimental office researches of MHL hours give a possibility to affirm about presence of anomalous currents. For determination of possible removal methods of anomalous currents a process of their forming is considered.

Based on experimental office researches of MHL work, one can make a conclusion, that during the period of lighting MHL is an initiator of apperance in circle of transitional processes, the currents of which causes the satiation of mandrel of ballast throttle, and the inductive throttle resistance essentially diminishes. That's why a ballast throttle in circle with RL loses ability to function as a current restrictive element. For such condition a circle current limits only by active winding resistance of ballast throttle as well as by MHL resistance. Because of their extremely small quantaties the anomalous currents, which considerably exceed nominal sense appear in the circle.

For removal of anomalous currents it is offered to make use of method of forced relighting in MHL lighting mode. It is proved, that application of method of forced lighting balancing during MHL lighting, unlike other methods, fully takes away anomalous currents. This is confirmed also by the experimental data. Besides, an offered method allows, when necessary, to realize adjustment of lamp current.

In the work a mathematical circles modeling with high intensive light sources is considered. It is shown the superiorities and lacks of methods of harmonious analysis, equivalent sinusoid, fitting and operating. It is proved, that for analysis of anomalous work modes of high intensive light sources, the most acceptable is the method of application of differentiate mathematical circle elements models. It is shown, that for MHL the most acceptable are the mathematical models, in which the determining parameters are average concentration and electrons mobility.

Carried out research complex of influence of non linearity ballast throttle, feeding voltage deviations from nominal value, encreasing of relative lamp burning voltage, current forms and voltage on electric MHL parameters allowed to get their optimum correlations and to get at essential reduction of experimental works during development, designing and exploitation.

For realization of offered removal method of anomalous MHL currents by compulsory ballancing electric scheme of hybrid start-regulating device is developed and practically realized. It allows to get the following advantages : arson impulse is formed into both half-cycles; impulse duration is considerably higher; the voltage in the first moment after clamp essentially exceeds feeding voltage, that contributes to successful digit development in lamp. Due to above mentioned peculiarities of hybrid start-regulating device a reliable kindling, removal of anomalous currents of periodic transitional processes, power adjustment possibility, lamp current stabilization is provided. However, more essentially advantages can be reached during application of offered method of prevention of appearance of anomalous modes during lamp lighting time in schemes of group balancing.

Key words: metal-halogenous lamps, high intensive light sources, relighting, anomalous currents.