

УДК 628.977: [621.327+621.532]

М.Г. Тарасенко, К.М. Козак, В.П. Коваль

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль

**ДИНАМІКА КОЕФІЦІЄНТА ПУЛЬСАЦІЙ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ
ТЕПЛОВИХ І ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА**

Дослідним шляхом встановлено вплив різних способів димерування теплових і розрядних ламп низького тиску різного кольору і з різною колірною температурою на коефіцієнт пульсацій світлового потоку. Доповнено наукові дані поняттям просторових пульсацій світлового потоку, які виникають в приміщеннях при застосуванні двох-чотирьох лампових світильників з розщепленою фазою.

Ключові слова: джерела світла, пульсації, регулювання світлового потоку, розрядні лампи низького тиску.

Постановка проблеми у загальному вигляді. В ДБН В.2.5-28-2006 Природне та штучне освітлення у вимогах до освітлення промислових підприємств, основних приміщень громадських, житлових і допоміжних споруд крім освітленості та коефіцієнта природної освітленості нормується і коефіцієнт пульсацій світлового потоку. Значення останнього знаходяться в межах від 10 до 20 % або не нормуються. На практиці, за рідким виключенням, цей показник не витримується і не контролюється навіть у закладах освіти. А якщо дійсно серйозно відноситися до цього питання то, на наш погляд, коефіцієнт пульсацій виробник повинен вказувати на упаковці, а проєктант освітлювальних установок повинен вибрати виріб з врахуванням конкретних характеристик, які дає виробник. Особливої актуальності це питання набуло у зв'язку з переходом до інтелектуальних систем освітлення, в яких передбачається регулювання світлового потоку в залежності від обставин, які виникають в процесі експлуатації.

Аналіз останніх літературних джерел та публікацій [1-13] показав, що існує багато даних щодо пульсацій світлового потоку (освітленості) джерел світла (ДС), але всі вони відносяться до номінальних режимів експлуатації. Як змінюються пульсації в процесі димерування світлового потоку, як вони змінюються в схемах з розщепленою фазою (в індуктивній та індуктивно-ємнісній схемах ввімкнення), по висоті приміщення, по довжині лінійних люмінесцентних ламп (ЛЛ)? Як впливає на пульсації колір і колірна температура випромінювання ДС? Відсутність вичерпних відповідей на зазначені питання й обумовило актуальність проведення подібного роду досліджень.

Результати досліджень. Динаміка коефіцієнта пульсацій світлового потоку теплових джерел світла в процесі зміни номінальної світлової віддачі та димеруванні.

Вимірювання коефіцієнта пульсацій світлового потоку в процесі досліджень проводилися в мережі промислової частоти ($f = 50$ Гц) за допомогою приладу комбінованого «ТКА-ПКМ» (08), який дозволяє вимірювати освітленість в межах від 10 до 200 000 лк з похибкою до 8 % та пульсації світлового потоку з похибкою до 10 %. Для забезпечення відтворюваності дослідів кількість ТДС кожного типу, згідно зі статистичним G-критерієм Кохрена, була прийнята рівною п'яти [14]. Результати оброблених результатів досліджень наведено на рис. 1.

Аналіз рис. 1 показав, що при збільшенні світлової віддачі коефіцієнт пульсації світлового потоку зменшується за наступним логарифмічним законом $k_{лф} = -25,14 \cdot \ln(H_{л.ном}) + 76,14$, % (при стандартному відхиленні 0,63 і коефіцієнті кореляції $R^2 = 0,99$) і не залежить від типу ТДС. Для найменшої світлової віддачі $H_{л.ном} = 6,7$ лм/Вт ($P_{л.ном} = 15$ Вт) він не перевищує 28 %, а для найбільш розповсюдженої 100 Вт лампи розжарення (ЛР) ($H_{л.ном} = 13,8$ лм/Вт) – 10 %.

Дослідження динаміки нормованого коефіцієнта пульсацій світлового потоку ТДС проводилося нами в процесі зменшення напруги живлення за допомогою лабораторного автотрансформатора (ЛАТРа) і симісторного регулятора потужності промислового виробництва «VIKO» 600 W/1000 WROTATIVE DIMMER, підтвердженого стандартом ISO 9001. Вимірювання проводилися в мережі промислової частоти і в схемі однопівперіодного випрямлення (ОПВ).

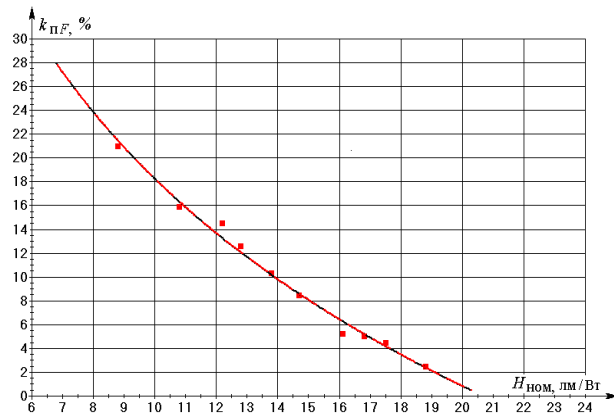


Рис. 1 - Динаміка коефіцієнта пульсації світлового потоку в процесі зростання номінальної світлової віддачі ТДС (звичайних і кварцово-галогенних ЛР)

За номінальні значення $k_{п.ф.}$ в схемі ОПВ були прийняті наступні дані: для ЛР 25 Вт – $k_{п.ф.} = 52$ % ; 40 Вт – $k_{п.ф.} = 49$ % ; 100 Вт – $k_{п.ф.} = 32$ % ; 300 Вт – $k_{п.ф.} = 15$ %). За даними оброблених результатів вимірювань були побудовані графіки, наведені на рис. 2.

Аналіз отриманих результатів показав, що при димеруванні за допомогою ЛАТРа нормований коефіцієнт пульсації світлового потоку зменшується за наступним степеневим законом $k_{н.п.ф.} = U_{н.л.}^{0,64}$, а в схемі ОПВ – $k_{н.п.ф.} = -0,624 \cdot U_{н.л.}^2 + 1,87 \cdot U_{н.л.} - 0,246$. При димеруванні за допомогою симісторного регулятора коефіцієнт пульсації зростає досягаючи максимальних значень на ділянці 0,65-0,75 нормованої напруги мережі. При цьому максимальні значення пропорційні потужності ТДС.

Динаміка коефіцієнта пульсації світлового потоку по довжині кольорових і з різною колірною температурою люмінесцентних ламп. Для визначення якості освітлення з точки зору величини коефіцієнта пульсації світлового потоку нами були проведені відповідні дослідження з кольоровими (червоними, жовтими, зеленими і синіми) та з різними колірними температурами (2700 К, 4000 К, 6500 К) ЛЛ фірми PHILIPS. Дослідження проводилися в мережі промислової частоти ($f = 50$ Гц) в схемі з індуктивним баластним дроселем при стабілізованій напрузі мережі ($230 \text{ В} \pm 3 \text{ В}$), виключно з номінальними ЛЛ [15] при температурі оточуючого середовища 18-25°C і відносній вологості не більше 70 %. Результати оброблених результатів досліджень наведено на рис. 3.

Як видно з графіків рис. 3, величина пульсації

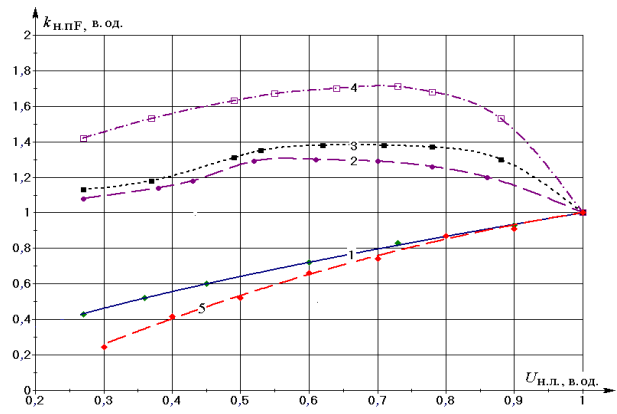


Рис. 2 - Динаміка нормованого коефіцієнта пульсації світлового потоку ЛР в процесі димерування: 1 – ЛАТРа, для потужностей 25-1000 Вт; 2, 3, 4 – симісторним регулятором, для потужностей: 2 – 40 Вт, 3 – 100 Вт, 4 – 300 Вт; 5 – в схемі ОПВ

світлового потоку вздовж ЛЛ від центру ($l_{тр} = 283,5$ мм) і до місць помітного впливу дії Фарадея темного простору залишається без змін. В навколо електродних областях вони зростають, що пояснюється періодичною зміною розмірів Фарадея темного простору протягом кожного півперіоду напруги живлення [16]. При цьому коефіцієнт пульсації світлового потоку в області одного з електродів завжди більший, ніж в області іншого. Це пояснюється не ідентичністю конструктивних та емісійних властивостей електродних вузлів ЛЛ.

З ростом колірної температури ЛЛ (графіки 1, 2, 3 на рис. 3) коефіцієнт пульсації світлового потоку дещо зменшується. У кольорових ЛЛ (рис. 3) коефіцієнт пульсації зростає у напрямку зелений, червоний, жовтий і синій. Причому у червоних ЛЛ навколо електродні пульсації практично відсутні. Найбільші пульсації світлового потоку притаманні синім ЛЛ. Вони у 3,78 рази більші, ніж у зелених. Точно такі ж результати ми отримали і при пропусканні випромінювання звичайної білої ЛЛ через кольорові (зелений, червоний, жовтий і синій) фільтри.

Це вказує на те, що пульсації світлового потоку визначаються не тільки тривалістю післясвітіння люмінофору, але й кольором фільтра (довжиною хвилі електромагнітних випромінювань), через який проходить біле випромінювання від джерела світла. Це добре узгоджується із законом Релея, згідно з яким інтенсивність розсіювання світла зворотно пропорційна четвертій степені довжини хвилі випромінювання ($1/\lambda^4$). Якщо це так, тоді

пульсації світлового потоку синього випромінювання повинні бути, у порівнянні із чер -

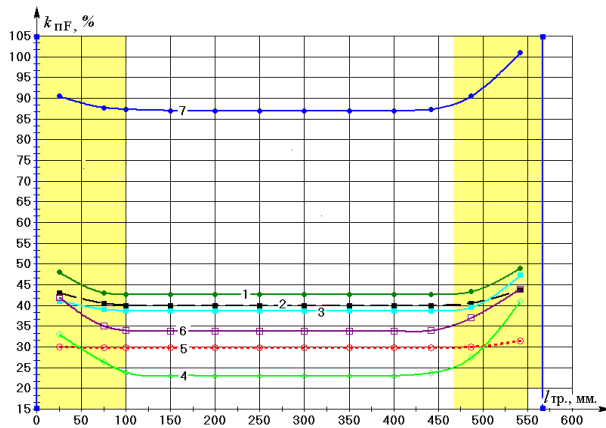


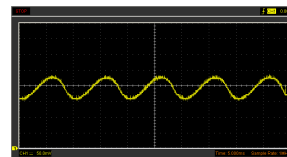
Рис. 3 - Динаміка коефіцієнта пульсацій світлового потоку по довжині кольорових і з різними кольірними температурами ЛЛ TLD 18 Вт (PHILIPS): 1 – $T_k = 2700$ К; 2 – $T_k = 4000$ К; 3 – $T_k = 6500$ К; 4 – зелена; 5 – червона; 6 – жовта; 7 – синя

воним, більшими у середньому в $(655 / 470)^4 = 3,77$ рази; мінімум у $(610 / 485)^4 = 2,5$ рази і максимум у $(700 / 455)^4 = 5,6$ рази. Для досліджуваних нами ЛЛ це співвідношення склало $87\% / 29,8\% = 2,92$ рази, що добре вписується у загальну теорію.

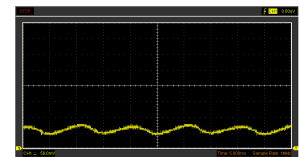
Як видно з осцилограм рис. 4, зростання коефіцієнта пульсацій світлового потоку у кольорових ЛЛ у зазначеному вище напрямку обумовлено в основному зменшенням сталої складової (за рахунок зростання інтенсивності розсіювання) у випромінюванні та збільшенням власне глибини пульсацій. У білих ЛЛ – в основному зростанням глибини пульсацій на фоні досить значної сталої складової.

Динаміка коефіцієнта пульсацій світлового потоку прямих люмінесцентних ламп в складі світильника з розщепленою фазою. Для визначення об'ємного (просторового) розподілу пульсацій світлового потоку в приміщенні від найбільш вживаних двохлампових світильників (ЛПО 2×36 з двома ЛЛ потужністю TLD 36 W/827, з рівномірною поперечною і косинусною повздожньою кривими сили світла) в площинах на різних висотах від підлоги були проведені наступні дослідження. Спочатку були виміряні коефіцієнти пульсацій кожної з окремо взятих ЛЛ: а) ЛЛ увімкнених в мережу через індуктивний баластний дросель ($k_{пФ} = 48\%$); б) ЛЛ увімкнених в мережу через індуктивно-ємнісний баласт ($k_{пФ} = 50\%$). Потім ці ж ЛЛ в складі двох лампового

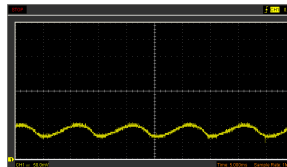
світильника з розщепленою фазою (на рис. 5 виділений жирним) були розміщені по центру стелі безвіконного приміщення (розміри: ширина 4 м, довжина 5 м, висота 3 м) і проведені наступні вимірювання коефіцієнта пульсацій світлового потоку по вертикалі. Спочатку вимірювання проводилися по центру світильника на підлозі, а потім по вертикалі аж до висоти 275 см. Такі ж самі вимірювання проводилися і при зміщенні від центру світильника вліво і вправо на відстань 1 м і 1,9 м. За результатами вимірювань були побудовані графічні залежності, представлені на рис. 5, з якого випливає, що вертикальний коефіцієнт пульсацій світлового потоку (КПСП) по центру світильника не залежить від відстані між світильником і датчиком вимірювального приладу і складає 24 % (в т. А прямої 1 на рис. 5), що вдвічі менше, ніж від окремо



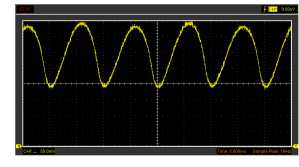
Зелена ЛЛ TLD 18W/17,
 $k_{пФ} = 23\%$.



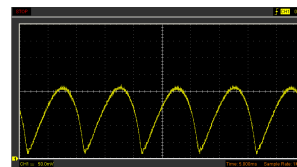
Червона ЛЛ TLD 18W/15,
 $k_{пФ} = 29,8\%$



Жовта ЛЛ TLD 18W/16,
 $k_{пФ} = 33,8\%$.



Біла ЛЛ TLD 18W/827,
 $k_{пФ} = 42,6\%$.



Синя ЛЛ TLD 18W/18,
 $k_{пФ} = 87\%$.

Рис. 4 - Осцилограми пульсацій світлового потоку білої TLD 18 W/827 і кольорових (зеленої, червоної, жовтої та синьої) люмінесцентних ламп фірми Philips у колі з індуктивним баластом промислової частоти 50 Гц

взятої ЛЛ, увімкненої з баластним дроселем. При відхиленні від центру світильника на 1 м коефіцієнт пульсації спочатку зростає приблизно на 10 % (т. В на рис. 5), залишаючись незмінним до висоти 1,1 м. Надалі його величина поступово зростає, досягаючи в т. С рис. 5 29 % і максимуму на висоті 275 см (криві 2, 3, 4, 5 на рис. 5), а саме: 33 % в т. D зі сторони ЛЛ, увімкненої з баластним дроселем, і 35 % в т. E зі сторони ЛЛ, увімкненої з індуктивно-ємнісним баластом.

Динаміка осцилограм просторових пульсацій світлового потоку в зазначених точках наведена на рис. 6. З осцилограм випливає, що зростання

пульсацій світлового потоку обумовлено зменшенням сталої складової в сумарному світловому потоці світильника за рахунок падіння частки світлового потоку від ЛЛ, ввімкненої через індуктивно-ємнісний баласт.

Таким чином пристельові просторові пульсації світлового потоку від дволампового світильника завжди більші, ніж на робочих поверхнях ($h = 76$ см). Це вказує на те, що відношення відстані L між світильниками (або рядами) до висоти вста-

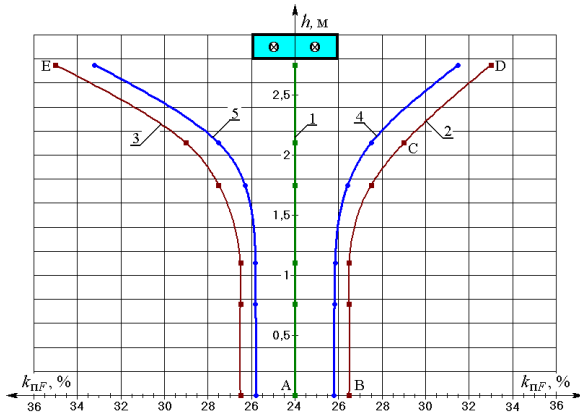


Рис. 5 - Динаміка просторового розподілу коефіцієнта пульсацій світлового потоку в приміщенні від світильника з двома ЛЛ, з'єднаними за схемою з розщепленою фазою: 1 – по центру під світильником по вертикалі; 2 і 3 – на відстані 1-го м від центру світильника в обидві сторони по вертикалі; 4 і 5 – на відстані 1,9 м від центру світильника в обидві сторони по вертикалі. Зліва в світильнику ЛЛ ввімкнена послідовно з індуктивно-ємнісним баластом, а справа – з баластним дроселем

новлення над розрахунковою поверхнею h не повинно перевищувати $L/h \leq 0,4-0,6$. Це потрібно не тільки для забезпечення рівномірності освітлення робочих поверхонь, але й для отримання низьких значень просторових пульсацій в приміщенні. Крім того, світильники повинні бути розташовані таким чином, щоб ЛЛ, ввімкнені з баластним дроселем, обов'язково чергувалися з ЛЛ, ввімкненими з індуктивно-ємнісним баластом. Інакше ввімкнення ЛЛ у світильнику за схемою з розщепленою фазою не дасть належного позитивного ефекту не лише в просторі на висотах більше 2-х метрів, але й на робочих поверхнях. Очам прийдеться постійно переадаптовуватися не тільки до змін освітленості, але й до змін просторового коефіцієнта пульсації світлового потоку. Слід також зазначити, що при будь-якому розташуванні світильників, у яких ЛЛ ввімкнені за схемою з розщепленою фазою, позбавитися від підвищених просторових пульсацій світлового потоку (в 1,4-1,5 раз) від крайніх рядів світильників,

працюючих в мережі промислової частоти 50 Гц, не вдається.

Динаміка коефіцієнта пульсацій світлового потоку прямих і компактних люмінесцентних ламп в процесі димерування. Дослідження впливу димерування на коефіцієнт пульсацій світлового потоку прямих і КЛЛ проводилося без додаткового підігрівання електродів за допомогою ЛАТРа і промислового симісторного регулятора «VIKO» 600 W/1000. Для досліджень були взяті не тільки лінійні (в колбі Т8) кольорові і білі стандартні, з найбільш розповсюдженими кольорними температурами ($T_k = 2700$),

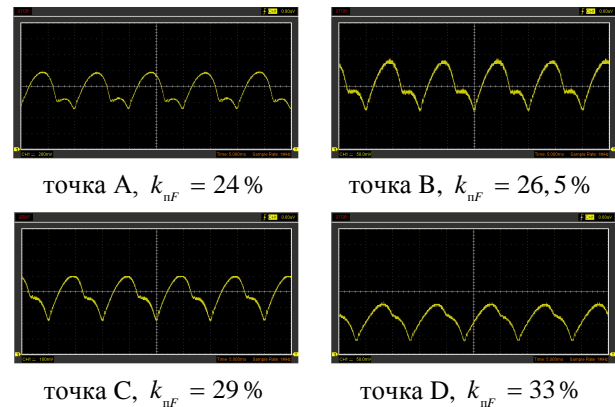


Рис. 6 - Осцилограми пульсацій світлового потоку світильника з двома ЛЛ, ввімкненими за схемою з розщепленою фазою в точках, позначених на рис. 5

3000, 4000, 6500 К) ЛЛ (рис. 7), але й КЛЛ. Стабілізація розряду в лінійних ЛЛ здійснювалася за допомогою індуктивного баласту, а в КЛЛ – електронного пускорегулювального апарату. За номінальну, для прямих ЛЛ, була прийнята напруга 230 В, а для КЛЛ – 220 В. В процесі досліджень порівнювалися КЛЛ різних виробників: а) PHILIPS – 18 W/2700 (криві 1, 2 на рис. 8) з номінальним коефіцієнтом пульсацій 5,2 % ; б) OSRAM – 18 W/2500 (криві 3, 4 на рис. 8) з номінальним коефіцієнтом пульсацій 5,5 % та в) MAXUS – 15 W/2700 (крива 5 на рис. 8) з номінальним коефіцієнтом пульсацій 7,2 %.

Аналіз нищенаведених графічних залежностей рис. 7 та рис. 8 показав, що будь-яке димерування (ЛАТРОм чи симісторним регулятором) незалежно від конфігурації (лінійні чи фігурні КЛЛ), кольорної температури і кольору ЛЛ завжди призводить до зростання коефіцієнту пульсацій світлового потоку (КПСП) (криві 1, 2, 4, 5 на рис. 7). Виключенням є лише жовті ЛЛ, у яких КПСП в процесі димерування зменшується. Найбільший приріст (у 1,75 рази) КПСП в процесі димерування притаманний червоним ЛЛ, у яких одне з найменших номінальне значення

$k_{н.п.ф.} = 30\%$ (крива 5 на рис. 3). Найменший приріст (у 1,35 рази) – притаманний синім ЛЛ, у яких найбільше номінальне значення $k_{н.п.ф.} = 87\%$ (крива 7 на рис. 3).

У КЛЛ процес димерування має більш широкі межі, ніж у лінійних ЛЛ, але в граничних точках, коли КЛЛ гасне, КПСП має неприпустимо великі значення. Так у КЛЛ виробництва PHILIPS при димеруванні за допомогою ЛАТРа він перевищує номінальний у 13,5 раз (крива 1 рис. 8), а регулятором «VIKO» – у 4,8 рази (крива 2 рис. 8). КЛЛ фірми OSRAM (криві 3, 4 на рис. 8) виготовлені таким чином, що регулюванню практично не піддаються. При занижених до 0,6 від номінального значення напруга мережі ЕПРА, вмонтовані в них, сильно перегріваються. У КЛЛ фірми MAXUS вмонтований ЕПРА в процесі димерування швидко не перегрівается, але КПСП в кінцевій точці (крива 5 на рис. 8) зростає у 9 раз.

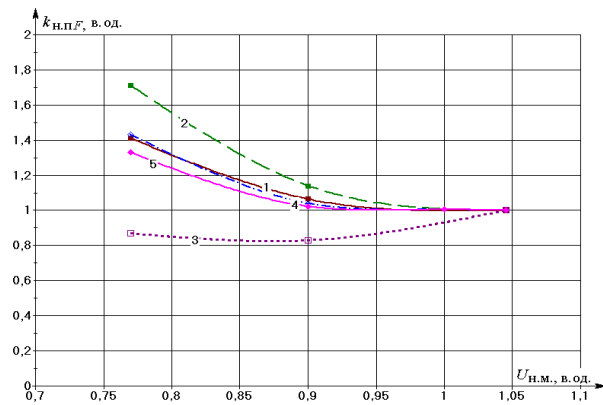


Рис. 7 - Динаміка нормованих значень коефіцієнта пульсацій світлового потоку лінійних ЛЛ, ввімкнених з індуктивним баластом, при димеруванні за допомогою ЛАТРа до моменту погасання: 1 – для білих стандартних; 2 – для червоних; 3 – для жовтих; 4 – для зелених; 5 – для синіх люмінесцентних ламп

Таким чином, для димерування КЛЛ потрібні більш досконалі схеми ЕПРА, що однозначно призведе до подорожчання виробу.

Висновки

1. Експериментально доведено що:
 – при димеруванні теплових джерел світла ЛАТРОм коефіцієнт пульсації світлового потоку зменшується, а симісторним регулятором – зростає;
 – будь-який спосіб димерування лінійних і компактних люмінесцентних ламп в мережі частотою 50 Гц, чи то ЛАТРОм, чи то симісторним регулятором, призводить до зростання коефіцієнта

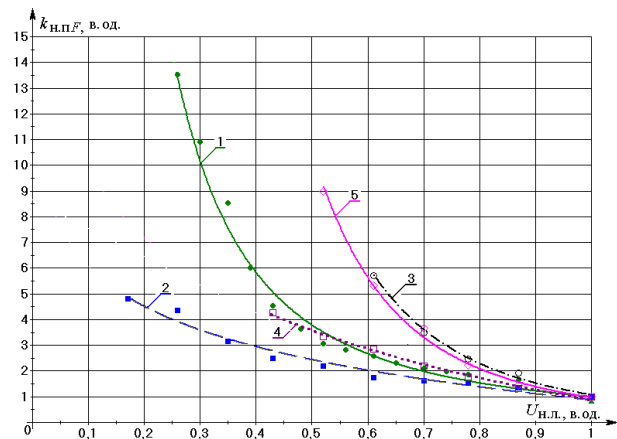


Рис. 8 - Динаміка нормованого коефіцієнта пульсацій світлового потоку КЛЛ при димеруванні до моменту погасання за допомогою ЛАТРа (криві 1, 3, 5) та за допомогою симісторного регулятора «VIKO» 600 W/1000 (криві 2, 4)

пульсацій світлового потоку;

– зростання коефіцієнта пульсацій світлового потоку у кольорових ЛЛ обумовлено не лише зменшенням сталої складової світлового потоку, але й збільшенням глибини пульсацій випромінювання;

– при збільшенні колірної температури ЛЛ коефіцієнт пульсації світлового потоку дещо зменшується;

– у кольорових ЛЛ коефіцієнт пульсацій світлового потоку зростає у напрямку зелений, червоний, жовтий, синій, у якого він у 3,78 рази більше, ніж у зелених.

2. Додовнено наукові дані поняттям просторових пульсацій світлового потоку, які виникають в приміщеннях при застосуванні двох-чотирьох лампових світильників з розщепленою фазою. Це дало можливість сформулювати вимоги для раціонального їх розміщення.

Література

1. Кириленко А.И. Экологические проблемы светотехники. / А.И. Кириленко // Энергия и менеджмент. – 2003. – № 2. – С. 8-13.
2. Картер Д. Управляемое освещение офисов: стратегия экономии энергопотребления. / Д. Картер, Т. Моор // Светотехника. – 2003. – № 1. – С. 28-33.
3. Кузьмин В.Н. Измерения пульсацій источников излучения. / В.Н. Кузьмин, К.А. Томский, А.С. Троицкий // Светотехника – 2004. – № 1. – С. 32-33.
4. Бармин В.В. Некоторые острые вопросы светотехники, требующие решения. / В.В. Бармин // Светотехника. – 2005. – № 4. С. 65-70.
5. Арекис Л. О пульсациях выпускаемых ламп / Л. Арекис, С. Китсинелис, Ж. Циссис // Светотехника. – 2012. – №3. – С. 58-63.
6. Причины пульсацій світлового потоку люмінесцентних ламп. Тези доповідей XVI наук. конф. (Тернопіль, 5-6 грудня 2012 р.) / М-во освіти і науки

України, Тернопільський національний техн. ун-т ім. І. Пулюя – Т.: ТНТУ, 2012. – 143 с.

7. Клыкков М.Е. Пульсации светового потока источников света и методы ее уменьшения. // М.Е. Клыкков // Светотехника. – 1985. – № 2. – С. 18-20.

8. Rajeci K., Zaremba K., Oświetlenie w przemyśle w kontekście energooszczędności, „Pomiary Automatyka Robotyka”, 6/2011, 45–51.

9. Solid State Lighting: Brilliant Solutions for America's Energy Future, U.S. Department of Energy, New York, N.Y., April 2009.

10. Janiga P., Gašparovsky D., Measurement of power characteristics in public lighting networks, „Przegląd Elektrotechniczny”, 6/2013, 324–327.

11. Różowicz A., Pulsation of light of the fluorescent lamps supplied by voltage source at different frequencies, Quality and Use of Electrical Energy, (2004), Volume X, Research Bulletin 1/2, 91-94,

12. Geerdinck, L. M., van Gheluwe, J.R., Vissenberg, M. C. J. M. Discomfort glare perception of non-uniform light sources in an office setting // Manuscript submitted for publication. – 2013.

13. Wilkins A. J., Clark C., Modulation of light from fluorescent lamps // Lighting Research and Technology (in the press). - 1990.

14. Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація): Навч. посібник. / Б.О. Пальчевський. – Львів: Світ, 2001. – 232 с.

15. ГОСТ 16809–88. Аппараты пускорегулирующие для разрядных ламп. Общие технические условия. М.: Издательство стандартов, 1989. – 27 с.

16. Тарасенко М.Г. Розвиток теорії і практики проектування пускорегулювальної апаратури для джерел оптичного випромінювання [Текст]: автореф. дис... докт. техн. наук: 05.09.07 / Тарасенко Микола Григорович; Харківська національна академія міського господарства. – Х., 2012. – 40 с.

References

1. Kirilenko A.I. Ekologicheskie problemy svetotekhniki. / A.I. Kirilenko // Energiia i menedzhment. – 2003. – № 2. – S. 8-13.

2. Karter D. Upravliaiemoie osveshcheniie ofisov: strategiia ekonomii energopotrebieniia. / D. Karter, T. Moor // Svetotekhnika. – 2003. – № 1. – S. 28-33.

3. Kuzmin V.N. Izmereniia pulsatsii istochnikov izlucheniia. / V.N. Kuzmin, K.A. Tomskii, A.S. Troitskii // Svetotekhnika – 2004. – № 1. – S. 32-33.

4. Barmin V.V. Nekotoryie ostryie voprosy svetotekhniki, trebuiushchiie resheniia. / V.V. Barmin // Svetotekhnika. – 2005. – № 4. S. 65-70

5. Areksis L. O pulsatsiakh vypuskaiemykh lamp. / L. Areksis, S. Kitsinielis, Zh. Tsissis // Svetotekhnika.– 2012. – №3. – S. 58-63.

6. Prychyny pulsatsii svitlovoho potoku liuminestsentnykh lamp. Tezy dopovidei XVI nauk. konf. (Ternopil, 5-6 hrudnia 2012 r.) / M-vo osvity i nauky Ukrainy, Ternopilskiyi natsionalnyi tekhn. un-t im. I. Puliuia – Т.: ТНТУ, 2012. – 143 с.

7. Klykov M. Ye. Pulsatsii svetovogo potoka istochnikov sveta i metody yeio umensheniia. / M.Ye. Klykov // Svetotekhnika. – 1985. – № 2. – S. 18-20.

8. Rajeci K., Zaremba K., Oświetlenie w przemyśle w kontekście energooszczędności, „Pomiary Automatyka Robotyka”, 6/2011, 45–51.

9. Solid State Lighting: Brilliant Solutions for America's Energy Future, U.S. Department of Energy, New York, N.Y., April 2009.

10. Janiga P., Gašparovsky D., Measurement of power characteristics in public lighting networks, „Przegląd Elektrotechniczny”, 6/2013, 324–327.

11. Różowicz A., Pulsation of light of the fluorescent lamps supplied by voltage source at different frequencies, Quality and Use of Electrical Energy, (2004), Volume X, Research Bulletin 1/2, 91-94,

12. Geerdinck, L. M., van Gheluwe, J.R., Vissenberg, M. C. J. M. Discomfort glare perception of non-uniform light sources in an office setting // Manuscript submitted for publication. – 2013.

13. Wilkins A. J., Clark C., Modulation of light from fluorescent lamps // Lighting Research and Technology (in the press). - 1990.

14. Palchevskiy B.O. Doslidzhennia tekhnolohichnykh system (modeliuvannia, proektuvannia, optymizatsiia): Navch. posibnyk. / B.O. Palchevskiy. – Lviv.: Svit, 2001. – 232 s.

15. GOST 16809–88. Apparaty puskoreguliruiushchiie dlia razriadnykh lamp. Obschie tekhnicheskie usloviia. M.: Izdatelstvo standartov, 1989. – 27 s.

16. Tarasenko M.H. Rozvytok teorii i praktyky proektuvannia puskorehuliuvalnoi aparatury dlia dzherel optychnoho vyprominiuvannia [Tekst]: avtoref. Dys. dokt. tekhn. nauk: 05.09.07 / Tarasenko Mykola Hryhorovych; Kharkivska natsionalna akademiia miskoho hospodarstva. – Kh., 2012. – 40 s.

Рецензент: доктор технічних наук, професор Г. М. Кожушко, Полтавський університет економіки і торгівлі, Полтава.

Автори: ТАРАСЕНКО Микола Григорович

доктор технічних наук, професор, професор кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя, 46001, Україна, Тернопіль, вул. Руська, 56
Конт. тел 0969431916, E-mail - tarasenko_mykola@ukr.net

Кількість публікацій в українських виданнях

Кількість публікацій в іноземних індексованих виданнях

КОЗАК Катерина Миколаївна

кандидат технічних наук, асистент кафедри світлотехніки та електротехніки

Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя, 46001, Україна, Тернопіль, вул. Руська, 56

Конт. тел 0979819696, E-mail – kozakateryna@gmail.com

Кількість публікацій в українських виданнях 4

Кількість публікацій в іноземних індексованих виданнях 2

КОВАЛЬ Вадим Петрович

кандидат технічних наук, доцент кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя, 46001, Україна, Тернопіль, вул. Руська, 56

Конт. тел 0673548263, E-mail – Koval_vp@ukr.net

Кількість публікацій в українських виданнях 12

**ДИНАМИКА КОЭФИЦИЕНТА ПУЛЬСАЦИЙ СВЕТОВОГО ПОТОКА
ТЕПЛОВЫХ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА**

М. Г. Тарасенко, К. М. Козак, В. П. Коваль

Опытным путем установлено влияние различных способов регулирования светового потока тепловых и разрядных ламп низкого давления разного цвета и с разной цветовой температурой на коэффициент пульсаций светового потока. Дополнены научные данные понятием пространственных пульсаций светового потока, которые возникают в помещениях при применении двух-четырёх ламповых светильников с расщепленной фазой.

Ключевые слова: источники света, регулирование светового потока, разрядные лампы низкого давления, пульсации.

**DYNAMIC OF COEFFICIENT LUMINOUS FLUX PULSATION OF THERMAL AND FLUORESCENT
LIGHT SOURCES**

M. G. Tarasenko, K. M. Kozak, V. P. Koval

Experimentally there has been established the influence of different ways of regulating the luminous flux (regulated laboratory autotransformer and triac regulator industrial manufacturing of «VIKO» 600W/1000W ROTATIVE DIMMER) of thermal and low-pressure discharge lamps (with different colors and colors temperature) on a coefficient of luminous flux pulsations. It has been supplemented by scientific data a concept of spatial pulsations of the luminous flux, which arise in the premises when using the two-four lamp luminaries with split phase. This made it possible to formulate the requirements for their rational location in the premises. Experimentally there has been established: a) the coefficient of luminous flux pulsations of thermal light sources by regulating laboratory autotransformer decreases and by triac regulator - increases; b) any of these ways of regulating the luminous flux of linear and compact fluorescent lamps in the network of industrial frequency of 50 Hz, leads to an increase in of the coefficient of luminous flux pulsations, regardless of the configuration (linear or shaped compact fluorescent lamp), the color temperature and the color of fluorescent lamps. Exceptions were only for yellow fluorescent lamps in which the coefficient of luminous flux pulsations in the regulatory process is decreased. Greatest growth (1.75 times) of the coefficient of luminous flux pulsations in the process of regulation inherent the red fluorescent lamps. The smallest increased (1.35 times) inherent to blue fluorescent lamps. In colored fluorescent lamps the coefficient pulsations of luminous flux pulsations is increased in the direction of green, red, yellow, blue, in which it is 3.78 times greater than in the green.

Keywords: light source, pulsations, regulation, luminous flux, low-pressure discharge lamps.