

УДК 628.98

К.І.ЮФФЕ

ПАТ «Важпромелектропроект», м. Харків

І.О.КОВАЛЬОВ

Харківська національна академія міського господарства

МЕТОД ОЦІНКИ ЦИРКАДНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА РІЗНОГО ТИПУ

Розроблено метод визначення циркадної ефективності джерел світла різного типу за кількістю фотонів енергії випромінювання ламп в діапазоні довжин хвиль 380-580 нм.

Разработан метод определения циркадной эффективности источников света разного типа по количеству фотонов энергии излучения ламп в диапазоне длин волн 380-580 нм.

The determining method of different types light sources circadian efficiency by the number of photon lamps radiation energy in the wavelength range 380-580 nm has been proposed.

Ключові слова: циркадні фоторецептори, фотони енергії, якість освітлення, біологічна дія видимого світла.

Сучасна світлотехніка бурхливо розвивається в напрямку створення революційно нових енергозберігаючих, екологічно чистих і високоякісних світлових рішень. Необхідно підтримання рівноваги між якістю та енергоефективністю освітлення в той час, коли спостерігається безперервно зростаюча потреба в зменшенні енергоспоживання, з одного боку, та в забезпеченні людей високоякісними умовами для виконання зорових задач – з іншого. Сьогодні до якості освітлювальних установок висувають дещо інші вимоги. Це пов'язано з відкриттям у 2002 р. в сітківці ссавців нового третього типу фоторецепторів, що відповідають за біологічний вплив світла, так званих «циркадних фоторецепторів» [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій [2, 3] показав, що біологічний ефект видимого світла визначається кількістю енергії, що падає на поверхню тіла, при її поглинанні тканинами організму та наявністю специфічного приймача – ока. Ефект залежить від інтенсивності потоку енергії, що падає, подовженості опромінення, величини поверхні тіла, що опромінюється, та спектрального складу потоку енергії, що визначається кольоровою температурою джерела. Також має значення глибина проникнення, що визначається енергією фотонів. Так як віддача (ефективність) випромінювання у видимій області спектра в однотипних за принципом роботи джерел світла приблизно однакова, то підвищити їх циркадну віддачу вдасться тільки шляхом збільшення частки випромінювання в областях спектра, що припадають на максимум спектральної кривої циркадної ефективності, і зменшення частки випромінювання, що відповідає мінімуму спектральної ефективності.

Тому для того, щоб спроектувати циркадно ефективну установку, необхідно оцінити ефективність кожної потенційної лампи, тобто існує необхідність вивчити ефективність та характеристики різних типів джерел світла щодо циркадних ефектів.

Складність задачі визначення циркадної ефективності тих чи інших типів ламп полягає у тому, що на сьогодні не існує чіткої термінології відносно циркадних ефектів. Тому на першому етапі величини і параметри можна обирати у відповідності з аналогічними для інших спектрів дії.

В даній роботі розроблено метод визначення циркадного ефективного потоку, що визначається кількістю фотонів енергії випромінювання ламп в діапазоні довжин хвиль 380-580 нм. Причиною для виразу ефективності джерела світла в числі фотонів, а не енергетичних одиниць, є неоднозначна думка та недостатня вивченість питань адитивності. Тому припустимо, що реакція нових чутливих клітин має місце при поглинанні певної кількості фотонів, довжина хвиль яких знаходиться в діапазоні 380-580 нм.

Цей метод є аналогом визначення ефективності джерел світла щодо створення процесу фотосинтезу рослин, шляхом визначення Photosynthesis Active Radiation (PAR) та Photosynthesis Usable Radiation (PUR) в залежності від потужності.

Для того щоб оцінити джерела світла щодо ефективного циркадного випромінювання, можна ввести такі параметри як Circadian Active Radiation (CAR) – загальна кількість фотонів, що згенерована за секунду в певному інтервалі довжин хвиль. CAR враховує з рівною вагою все світло, що випромінює джерело світла, в діапазоні хвиль 380-580 нм. Інша величина, отримана шляхом “зважування” фотонного спектру зі спектральною кривою циркадної ефективності – Circadian Usable Radiation (CUR) визначає суму всіх фотонів, що створюють циркадний ефект будь-якого випромінювання.

Необхідно сказати, що на відміну від міри для фотосинтезу, CAR буде визначатися як міра, подібна люмену, тобто в одиницях $\mu E / sec$. Це пов'язано, в першу чергу, з виключенням впливу середовища, де розповсюджується світло, а також залежності від детальної геометрії освітлення, що змінюється від установки до установки. Іншими словами, розрахунок виконано для джерела світла, а не для приймача випромінювання, що може бути використано для порівняння будь-яких ламп, а також стати вихідним параметром для розрахунку циркадної освітленості, що створено конкретною установкою.

Технічна інформація джерел світла від виробника обмежена потужністю, величиною світлового потоку, кольоровими характеристиками. Спектральні дані випромінювання в основному приводяться не в фізично значущих одиницях, наприклад, W/nm , а у відносних одиницях, що робить складним порівняння різних виробів.

Таким чином, для того щоб визначити коефіцієнт загальної ефективності, спочатку розрахуємо загальну потужність джерела світла в відносних одиницях. Для цього використовуємо відомий спектр випромінювання. Інтегруючи попереднє цифрований спектр по його повному діапазону хвиль, отримаємо:

$$S = \int_{380}^{780} X_e(\lambda) d\lambda. \quad (1)$$

Знаючи загальну споживчу потужність лампи P_l в Ватах, нормалізуємо цифровий спектр за масштабом ординати, помножуючи відносні значення на P_l / S . Це дасть спектр лампи в W/nm , приймаючи, що коефіцієнт перетворення електричної енергії в електромагнітну дорівнює 100%.

Теоретичний максимальний вихід лампи в люменах визначиться за формулою

$$F_{\max T} = 683 \int_{380}^{780} X_e(\lambda) \cdot \frac{P_l}{S} \cdot V(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

де $X_e(\lambda)$ – спектр випромінювання джерела світла, від. од.; $V(\lambda)$ – спектральна крива світлової ефективності.

Тоді

$$\eta = \frac{F_l}{F_{\max T}}, \quad (3)$$

де η – коефіцієнт загальної ефективності; F_l – номінальний світловий потік лампи, Лм.

Якщо помножити спектр в W/nm на коефіцієнт загальної ефективності, отримуємо спектр в істинних W/nm . Використовуючи відповідне фізичне відношення та постійні, перетворимо спектр в $\mu E / s \cdot nm$. При цьому $\mu E / s = 8,36 \cdot 10^{-3} \cdot P_l \cdot \lambda$.

Показник CAR лампи в $\mu E / s$ визначиться як інтеграл по спектру випромінювання в діапазоні 380-580 нм:

$$CAR = \int_{380}^{580} X_e(\lambda)_{\mu E} d\lambda. \quad (4)$$

Помноження спектру в $\mu E / s \cdot nm$ на криву $c(\lambda)$ дає значення показника CUR:

$$CUR = \int_{380}^{580} X_e(\lambda)_{\mu E} c(\lambda) d\lambda. \quad (5)$$

Основні результати розрахунку наведено в таблиці.

Результати розрахунку CAR, CUR різних типів джерел світла

Тип лампи	P_i, W	$F_l, \text{Лм}$	$F_{max T}, \text{Лм}$	η	CAR, $\mu E/s$	CAREff, $\mu E/sW$	CUR, $\mu E/s$
Лампа розжарювання	60	720	9242	0,08	4,62	0,077	1,52
ДНаТ	70	6600	28553	0,231	42,24	0,603	9,09
Галогенна лампа	20	235	2909	0,081	1,59	0,079	0,55
МГЛ типу PAR	35	1700	7690	0,221	19,17	0,547	8,05
Світлодіод білий 4500K	2	93	565	0,164	0,727	0,363	0,287
Світлодіод білий 6500K	0,7	40	192	0,208	0,49	0,7	0,289
Світлодіод синій 19000K нм	0,7	35	29,36	1,192	3,17	4,52	2,96
КЛЛ 2500K	14	770	4806	0,16	4,62	0,33	1,42
КЛЛ 4000K	16	1150	5272	0,218	8,91	0,55	3,44
КЛЛ 8000K	16	840	4596	0,183	9,05	0,565	4,71
КЛЛ 6500K	16	980	4629	0,212	9,98	0,62	4,79
MASTER TL5 ActiViva	49	4150	13106	0,317	52,73	1,08	27,04

Результати аналізу циркадно ефективного випромінювання показали:

Ефективність (ККД) перетворення електроенергії в CAR світлової енергії приблизно однакова для різних ламп і технологій. Велика частина ламп у вибірці виробляє приблизно однакову кількість $\mu E / (sW)$ в діапазоні 380-580 nm, приблизно $1 \mu E / (sW)$. Деякі лампи дещо кращі ніж інші в перетворенні потужності в фотони, хоча, коли ефективність – головний конструктивний чинник, потрібно використовувати лампи з більш високим CAREff. Все це можна пояснити досить просто: CAR – це

кількість фотонів. Усі лампи використовують пари ртуті, тому кількість фотонів буде приблизно однакова для однакової потужності розряду.

Зменшення ефективності в CAR майже ідентично зі зменшенням загальної ефективності. Цей ефект очікувався, так як обидва параметри в кінцевому рахунку вимірюють ефективність перетворення електроенергії в енергію електромагнітного поля, в широкій смузі спектра і безвідносно до спектральної форми.

Лампа розжарювання і галогенні лампи не відповідають тенденціям, що описані вище. Причина в тому, що ці лампи випромінюють істотну частину їх загального електромагнітного випромінювання поза діапазону 380-580 nm. Для люмінесцентних ламп з широким спектром і МГЛ ця частка становить приблизно 8-15%, для галогенних ламп і ламп розжарювання – понад 90%. У результаті вони мають значно гіршу CAR-емісію. Галогенні лампи розжарювання у створенні фотонів CAR приблизно в чотири рази менш ефективні, ніж середня люмінесцентна.

Високу ефективність мають металогалогенні лампи і натрієва лампа високого тиску, приблизно на 20-30% ефективніші ніж люмінесцентні з колірною температурою 2500 К.

Більш детальний аналіз циркадної ефективності було проведено для трубчастих люмінесцентних ламп Тб, різної потужності, колірної температури та індексу передачі.

На рис.1, 2 показано значення показника CUR люмінесцентної лампи з колірною температурою 4000 К різної потужності та індексу передачі кольору.

Люмінесцентні лампи з високим $R_a = 90$ приблизно на 10% менш ефективні (в одиницях CUR) ніж середні люмінесцентні. Але вони забезпечують і відносно високу продуктивність, і високий R_a .

Впорядкування ламп згідно з їх коефіцієнтом використання CUR грубо повторює тенденцію, що спостерігається з упорядкуванням по ефективності CAR: ті ж самі лампи з високою продуктивністю в термінах CAR/Watt займають високе місце в списку CUR/Watt. Іншими словами, ці два параметри добре корелюють. Основний ефект використання CUR в упорядкуванні ламп – очікувані кращі показники ламп, які були спеціально розроблено з урахуванням кривої біологічної дії, такі як ActiViva Philips, SkyWhite Osram.

Зрозуміло, первинним критерієм щодо циркадної ефективності повинен бути параметр CAREff, тобто для створення циркадно ефективною освітлювальною установкою потрібно використовувати лампи з більш високим CAREff.

Очікувано, лампи з $T_{кол} = 8800K$ мають найбільшу ефективність.

Однак, у лампи потужністю 36 Вт ця закономірність порушена, тобто більш ефективними є лампи з кольоровою температурою $T_{\text{кол}} = 6500 \text{ К}$.

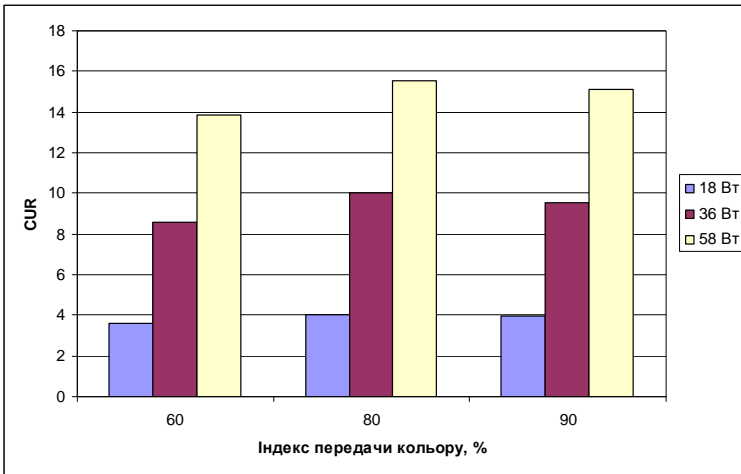


Рис.1 – Залежність CUR від індексу передачі кольору для ЛЛІ різної потужності

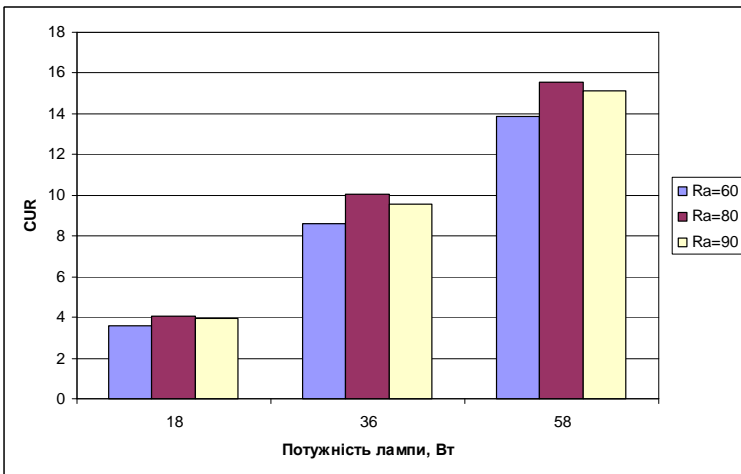


Рис.2 – Залежність CUR від потужності для ЛЛІ з різним індексом передачі кольору

Розроблений метод дозволив виключити вплив середовища, де розповсюджується світло, а також залежність від детальної геометрії освітлення, що змінюється від установки до установки, тобто розрахунок ви-

конується для джерела світла, а не для приймача випромінювання, що може бути використано для порівняння будь-яких ламп.

1. Berson D.M., Dunn F.A., Motoharu Takao. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. Science. February 8, 2002. – 369 p.

2. Иоффе К.И. Биологическое влияние видимого света на организм человека // Светотехника и электроэнергетика. – 2008. – №3. – С.21-23.

3. Вайтцель Р., Ваккер Р., Мюллер Ш., Хальтбритер В. О влиянии света на человека с учетом новых воззрений (взгляд изготовителей ламп) // Светотехника. – 2005. – №5. – С.12-15.

Отримано 30.05.2012

УДК 621.3.016.45

В.М. КОВАЛЬОВ, канд. техн. наук

Харківська національна академія міського господарства

ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ВІДПОВІДАЛЬНОГО ЗА НЕСИНУСОЇДАЛЬНИЙ СТРУМ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

Пропонується методика визначення відповідального, тобто "винуватця" погіршення якості електроенергії за коефіцієнтом несинусоїдальності.

Предлагается методика определения ответственного, т.е. "виновника" ухудшения качества электроэнергии по коэффициенту несинусоидальности.

The method of determination of "culprit" of worsening of quality of electric power is offered after the coefficient of unsinemet.

Ключові слова: якість електроенергії, нелінійні навантаження, коефіцієнт несинусоїдальності, тиристорні перетворювачі, облік електроенергії.

Погіршення показників якості електроенергії, взагалі, і коефіцієнта несинусоїдальності, зокрема, може відбуватись як з боку енергопостачальника, так і з боку споживача. В умовах постійного зростання навантажень з тиристорними перетворювачами великого значення набувають питання точного і достовірного визначення причину погіршення показників якості електроенергії, взагалі, і коефіцієнта несинусоїдальності, зокрема. При цьому можливі випадки недостовірного обліку електроенергії.

Існують роботи, присвячені питанню визначення відповідального за зниження якості електроенергії [1-3], в яких пропонується оцінювати ступінь внеску споживача в погіршення якості електроенергії "коефіцієнтом дольового внеску в погіршення якості електроенергії". Розрахунок цього коефіцієнта базується на понятті вторинної потужності, що перетворюється в потужність вищих гармонік і спотворює напругу мережі. Судити про споживання чи генерацію вторинної потужності електроприймачем дозволяє її знак (або кут між відповідними векторами струму