

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОДІОДІВ

О. Г. Біляєва^{1, а}, М. І. Лосяк^{1, б}, В. В. Іванова^{1, в}

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Анотація

Робота присвячена розробці методик визначення фотометричних параметрів світлодіодів. Реалізовано установку, яка дає змогу вимірювати такі характеристики як просторовий розподіл сили світла та відносну зміну повного світлового потоку.

Ключові слова: білі світлодіоди, світлотехнічні параметри, повний світловий потік, індикатриса розсіювання світла

Вступ

На сьогоднішній день світлодіодне освітлення широко використовується у різних сферах промисловості та побуту. Завдяки енергоефективності, екологічності, високій щільності потоку випромінювання і тривалому терміну служби вони дедалі більше витісняють електролюмінісцентні лампи, які прийшли на зміну традиційним лампам розжарювання. Тому постає питання про визначення характеристик і параметрів світлодіодів (СД), проте їхня оцінка ускладнюється деградацією СД.

Найсуттєвішим фактором деградації світлодіодів є температурний. Нагрівання під час роботи може призвести до руйнування люмінофору, а отже до зменшення світлової ефективності і колірному зсуву. Щоб визначити реальні параметри і навчитись аналізувати вплив температури на світлодіоди, необхідно розробити методики визначення їх світлотехнічних характеристик.

Аналіз впливу факторів деградації світлодіодів на їх вихідні характеристики і параметри потребує здебільшого оцінки відносних змін останніх, що дозволяє обмежити перелік оцінюваних абсолютних значень фотометричних параметрів. Такий підхід дає змогу спростити методику та зменшити вартість лабораторного обладнання.

1. Методика визначення фотометричних параметрів світлодіодів

До переліку важливих світлотехнічних параметрів і характеристик світлодіодів входить:

- люменамперна характеристика (залежність повного світлового потоку від робочого струму)

- кутовий розподіл сили світла (індикатриса розсіювання світла)
- корельована колірна температура
- спектральні характеристики вихідного випромінювання

Завданням дослідження було розроблення методики оцінки відносного кутового розподілу сили світла (індикатриса розсіювання) СД та інтегрального світлового потоку в залежності від робочого струму з огляду на подальшу можливість оцінки впливу зміни температури на ці фотометричні характеристики.

Традиційно повний світловий потік вимірюється за допомогою методу інтегруючої сфери з використанням фотометричної кулі (кулі Ульбріхта). Для його знаходження співставляють невідомий світловий потік із вимірами потоку від еталонного джерела [1].

Для знаходження кутового розподілу сили світла широко використовуються гоніофотометри. Прилад для виміру просторового розподілу сили світла на базі гоніометра і автоматичного датчика кута повороту представлено в роботі [2]. Відомі установки для вимірювання розподілу яскравості світлодіодних джерел світла з використанням цифрового фотоапарату [3]. Основним недоліком останнього є висока вартість та необхідність перерахунку яскравості в інші фотометричні характеристики.

1.1. Повний світловий потік

Важливою експлуатаційною характеристикою світлодіодів є повний світловий потік, що випромінюється. Однак для оцінки обумовленої температурною деградацією зміни вихідного світлового потоку доцільно обмежитись вимірюванням відносної зміни потоку випромінювання. Вимірювання потоку випромінювання в межах малого ($\approx 0,002$ рад) осьового тілесного кута, що еквівалентно оцінці осьової сили світла, дозволяє співставити зміни останньої

^аbelyaeva956@gmail.com

^бlosyakm@gmail.com

^вvivanova950@gmail.com

зі змінами повного потоку, якщо вважати джерело рівнояскравим, тобто ламбертівським. Нами досліджувались білі СД холодного та теплого світіння потужністю 1 Вт (рис. 1).



Рис. 1. Білий світлодіод поверхневого монтажу на платі

Залежність світлового потоку від робочого струму на діоді знімалась за допомогою фотодатчика (ФД) і конденсора, тілесний кут обмежувався вхідним вікном ФД. Струм, який ми вимірюємо на фотодатчику, є пропорційним осьовій силі світла, яка з урахуванням зазначених вище припущень є пропорційною повному світловому потоку. Отримані залежності повного світлового потоку від струму на діодах наведені на

рис. 2, вони якісно співпадають з тими, що надаються виробником світлодіодів [4], що підтверджує прийнятність вище описаного методу.

Дана установка дозволить оцінювати відносну зміну повного світлового потоку в умовах зміни температури СД.

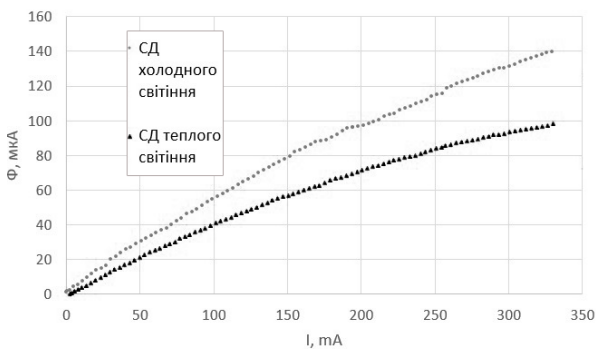


Рис. 2. Залежність повного світлового потоку від струму для світлодіодів холодного і теплого світіння

1.2. Індикатриса розсіювання світла

Індикатриса дозволяє розраховувати параметри світильників на основі СД. Для зняття індикатрис ми розробили установку, що складається з гоніометра, фотодатчика і щілини (рис. 3). Метод заснований на визначенні сили світла світлодіода при його повороті на кут, який ми визначаємо за допомогою гоніометра.

Світлодіод встановлюється на столику, який обертається в горизонтальній площині. Фотодатчик знаходиться на відстані 12 см від джерела світла. Можливість вимірів на невеликій відстані є ще однією перевагою нашого гоніофотометра.

Значення струму через фотодатчик визначається світловим потоком, що потрапляє на нього. Тому

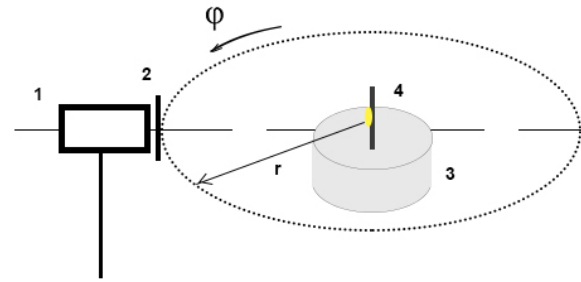


Рис. 3. Схема установки для вимірювання індикатрис розсіювання світла: 1 – фотодатчик; 2 – вертикальна щілина; 3 – столик гоніометра; 4 – світлодіод

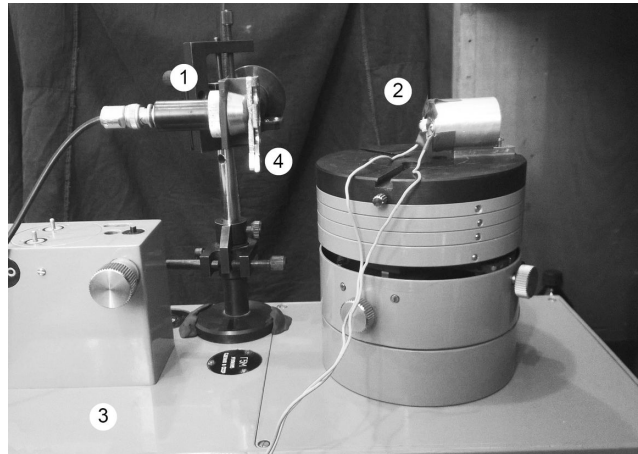


Рис. 4. Гоніофотометр: 1 – фотодатчик; 2 – світлодіод; 3 – гоніометр; 4 – щілина.

можна записати:

$$\Phi = E \cdot S_{fd}$$

де Φ – світловий потік, E – освітленість чутливої площадки СД, S_{fd} – площа фотодатчика.

Освітленість, який створює СД діаметром $r = 5$ мм на відстані $R = 12$ см має визначатись як:

$$E = \pi \cdot B_0 \cdot \frac{r^2}{R^2 + r^2} = \frac{I_0}{R^2 + r^2}$$

Однак, при даній конфігурації схеми установки можемо розраховувати освітленість від СД як від точкового джерела:

$$E = \frac{I_0}{R^2} \cdot \cos \alpha$$

де I_0 – осьова сила світла, R – відстань від світлодіода до фотодатчика, яка дорівнювала 12 см, α – кут між падаючим променем на поверхню та нормаллю до неї. Зі схеми видно, що $\cos \alpha = 1$. Отже, значення струму через фотодатчик пропорційне осьовій силі світла. Похибка наближення точкового джерела складає 1%, що виправдовує прийняті припущення. Таким чином, обертаючи столик із кроком у 2 градуси та вимірюючи відповідний струм на фотодатчику, було отримано індикатрис розсіювання для білих світлодіодів холодного і теплого світіння, які наведені на рис. 5-6.

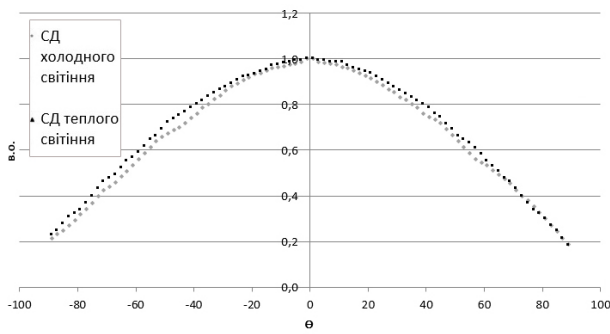


Рис. 5. Індикатриса розсіювання світла

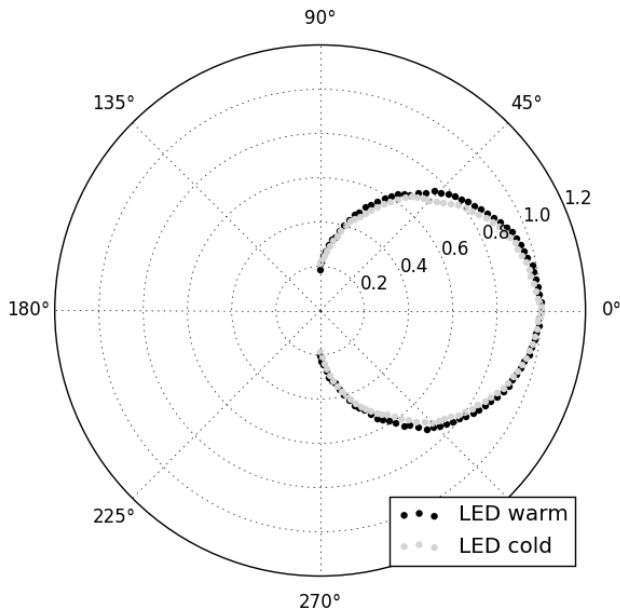


Рис. 6. Індикатриса розсіювання світла в полярних координатах

Аналіз експериментальних даних дозволив застосувати для просторового розподілу сили світла апроксимацію виду

$$I = I_0 \cdot \cos(\theta) \quad (1)$$

в межах $[-45^\circ; 45^\circ]$. Це є рівнянням кола. В декартових координатах коефіцієнти апроксимації наведені в табл. 1, де x_c та y_c - координати центра кола, r - радіус кола. Отже, отримана індикатриса відповідає закону Ламберта, що, по-перше, співпадає з характеристикою, заявленою виробником, а по-друге, доводить коректність нашого методу.

Висновок

В даній роботі обгрунтовано створення методики і установки для визначення світлотехнічних параметрів світлодіодів як відносних характеристик. Деградація СД, обумовлена багатьма факторами, наприклад, впливом температури, створює необхідність

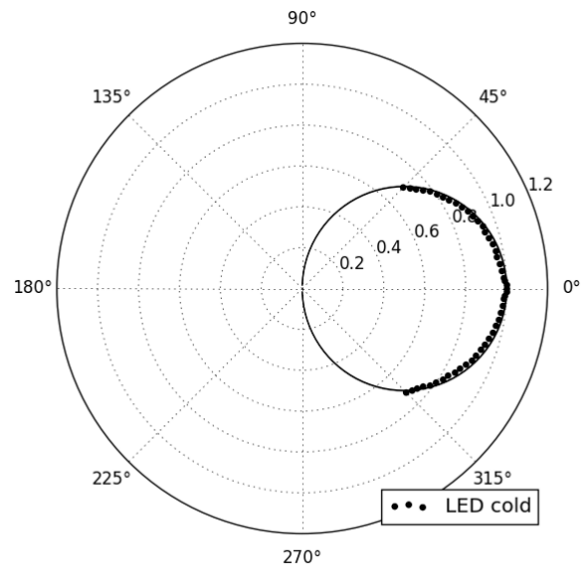


Рис. 7. Апроксимація індикатриса розсіювання світла для СД холодного світіння

Табл. 1. Коефіцієнти апроксимації

	Value	Error
x_c	0.495	0.003
y_c	$-2.9 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$
r	0.490	0.002

дослідження зміни базових фотометричних параметрів у часі. Звідси випливає доцільність оцінки відносних змін зазначених параметрів, що спрощує та здешевлює установку в порівнянні з обладнанням для вимірювання абсолютних характеристик. Для цього нами було створено установку, яка дозволяє вимірювати повний світловий потік, а отже і ефективність СД, та просторовий розподіл сили світла. Для знаходження індикатриса розсіювання ми створили гоніофотометр, що дозволяє визначити силу світла в будь-якій точці діаграми. Наша установка є простою у використанні і не потребує застосування вартісного обладнання.

Перелік використаних джерел

1. О. В. Круглов, В. Н. Кузьмин, К. А. Томский Измерение светового потока светодиодов — 2009.
2. Г. Азизян, А. Артамонов, С. Никифоров Гоніофотометрическая установка для определения распределения силы света — 2010.
3. Y. I. Tyukhova The assessment of high dynamic range luminance measurements with led lighting. — 2012.
4. Wayjun Technology Co.,Ltd 1W High Power White LED — 2014.