



Бондаревський С. Л.,
Данилейко О. К.,
Рожненко Ж. Г.

ДОСВІД РОЗРОБКИ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ПОРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

На кафедрі електромеханіки ДВНЗ «Криворізький національний університет» розроблено лабораторний стенд для аналізу характеристик джерел штучного освітлення. Стенд складається з двох ідентичних модулів для аналізу характеристик ламп і модуля керування, який призначено для керування роботою ламп і вимірювань електричних параметрів джерел світла. Запропонована досить проста методика розрахунку коефіцієнта світлової ефективності.

Ключові слова: лабораторний стенд, лампи штучного освітлення, коефіцієнт світлової ефективності, коефіцієнт пульсації світлового потоку.

1. Вступ

В сучасних умовах, у зв'язку з дефіцитом та високими цінами на енергоносії, приділяється все більше уваги до енергозбереження в системах енергоспоживання, до яких належать і системи освітлення.

Сьогодні близько 19 % світового споживання електроенергії припадає на частку штучного світла. Тільки завдяки оптимізації систем освітлення можна значно скоротити обсяг викидів CO₂. Модернізація старої системи освітлення, як правило, знижує споживання енергії та експлуатаційні витрати до 30 %. Використання інтелектуальних систем управління освітленням спільно з системами датчиків присутності і регулюванням сили світла в залежності від денного освітлення може забезпечити економію до 70 % [1, 2].

2. Аналіз літературних даних і постановка задачі

Наразі держава приділяє достатньо уваги питанням енергоефективності існуючих електротехнічних систем, зокрема і системам штучного освітлення, тому що це запорука енергетичної безпеки України [3–5]. Для формування в суспільстві свідомого ставлення до питання енергозбереження слід добре знати номенклатуру сучасних ламп, їх властивості, енергоефективність та характеристики, що дозволяє обрати оптимальний варіант побудови системи штучного освітлення [6–9].

Отже, перед закладами вищої освіти, які повинні формувати відношення молоді до енергозощадливості, постає завдання підвищити рівень теоретичної та практичної підготовки студентів з питань економії електроенергії в системах освітлення [10]. У зв'язку з цим кафедра електромеханіки ДВНЗ «Криворізький національний університет» впровадила в роботу лабораторію «Енергоефективні пристрої та технології в електромеханіці», один із стендів якої присвячений дослідженню та порівнянню енергетичних параметрів ламп загального та промислового використання.

3. Об'єкт та мета роботи

Об'єкт роботи — лабораторний стенд.

Проведена робота ставила за мету розробку лабораторного стенда та комплексу лабораторних робіт, які забезпечать поліпшення знань та навичок студентів з питань енергоефективності систем штучного освітлення.

4. Будова та обладнання стенда

Стенд складається з трьох модулів: два модулі для дослідження характеристик ламп загального та промислового призначення (далі за текстом Модуль-Д) та модуля керування (далі за текстом Модуль-К).

Модуль-Д (рис. 1) для дослідження ламп загального призначення складається з: 1 — лампи розжарювання; 2 — світлодіодної лампи; 3 — компактної люмінесцентної лампи; 4 — галогенної лампи; 5 — індукційної лампи; 6 — кнопки аварійного відключення стенда; 7 — дуги з отворами для фіксації фотодатчика люксметра; 8 — автоматичних вимикачів (АВ) для вмикання відповідної лампи.

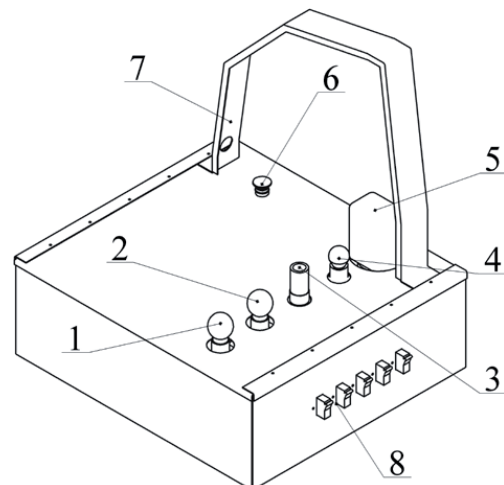


Рис. 1. Модуль для дослідження ламп

Модуль-Д для дослідження ламп промислового призначення ідентичний за будовою і відрізняється тільки встановленими лампами: ртутна газорозрядна (ДРЛ), ртутно-вольфрамова (ДРВ), натрієва (ДНат), металогалогенна (ДРІ).

Модуль-К (рис. 2) призначений для завдання різноманітних режимів роботи ламп і складається з: 1 — АВ (вимикає/вимикає стенд); 2 — мультиметра; 3 — димера; 4 — перемикача підключення компенсуючих конденсаторів; 5 — перемикача живлення Модуля-Д через димер або «напряму»; 6 — кнопки аварійного відключення стенда.

Зазначимо, що елементна база модулів може набиратися з будь-якого типу та фірм виробників ламп, АВ, димера, тощо.

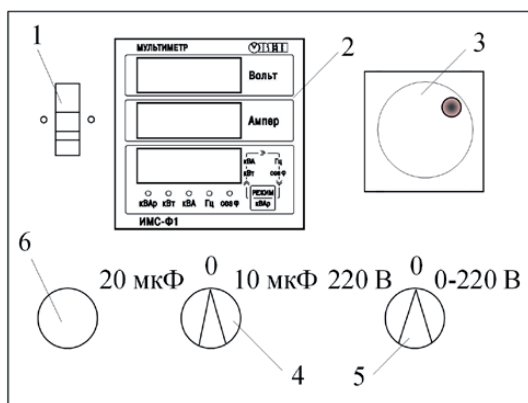


Рис. 2. Модуль керування

Для вимірювання електричних параметрів обрано цифровий мультиметр типу «ИМС Ф1» компанії «ОВЕН». Вибір обумовлено тим, що мультиметр, який допускає пряме підключення без трансформатора струму, дозволяє одночасно вимірювати параметри однофазної мережі (напруга, струм, повна, активна та реактивна потужності і коефіцієнт потужності ($\cos \phi$)) та виводити поточне вимірювання на вбудований світлодіодний індикатор.

Для вимірювання фотометричних параметрів — люксметр ТМ-202 компанії «TENMARS». Вибір обумовлено тим, що датчик люксметра розташований в окремому корпусі і з'єднаний з базою за допомогою гнучкого проводу довжиною 1,5 м, а виміряні параметри відображаються на невеликому рідкокристалічному дисплеї, який також може відображати мінімальні, максимальні і середні значення тривалих серій вимірювання, що зручно при необхідності отримання узагальнених показників.

5. Лабораторні роботи, що виконуються на стенді

Стенд передбачає виконання чотирьох лабораторних робіт з таких тем:

№ 1 — «Порівняння енергетичних характеристик ламп освітлення загального та промислового призначення»;

№ 2 — «Компенсація реактивної енергії, що споживається газорозрядними лампами»;

№ 3 — «Дослідження енергоефективності ламп розжарювання при зниженні напруги живлення»;

№ 4 — «Дослідження коефіцієнта пульсації ламп освітлення загального призначення».

Зупинимося докладніше на лабораторній роботі № 1.

Мета роботи — порівняти енергетичні параметри ламп.

Загальні теоретичні положення. З точки зору енергоефективності основним показником лампи освітлення є світлова ефективність випромінювання лампи (одиниці виміру лм/Вт) — відношення загального світлового потоку лампи до потужності випромінювання. Світлова ефективність залежить від спектрального складу випромінювання і дорівнює нулю в тих випадках, коли випромінювання не містить потоку у видимій частині спектру.

Таким чином, для оцінки енергоефективності ламп освітлення треба виміряти повний світловий потік випромінювання лампи та потужність цього потоку. Потужність потоку можливо оцінити за електричною потужністю лампи.

Для вимірювання або розрахунку повного світлового потоку використовують декілька способів.

Перший — скористатися фотометричною сферою або гоніометром [11, 12]. Очевидно, що даний спосіб вимагає застосування недешевого обладнання, що унеможливує його використання навчальними закладами в умовах фінансового сьогодення.

Другий — виміряти люксметром освітленість для певного ряду вимірів та апроксимувати її в функції кута повороту датчика люксметра відносно осі симетрії лампи. Для розрахунку повного світлового потоку необхідно отриману функцію проінтегрувати по повній поверхні сфери. Очевидно, що даний спосіб громіздкий і потребує застосування складного математичного апарату.

Третій спосіб, покладений в основу запропонованого стенда, базується на другому способі і використовує спрощену методику розрахунку повного світлового потоку. При деяких допущеннях, які будуть описані нижче, повний світловий потік розраховують шляхом усереднення значень виміряної освітленості. Відомо [11, 12], що освітленість розраховується за формулою:

$$E = \frac{Id\omega}{r^2 d\omega} = \frac{d\Phi}{d\delta}, \quad (1)$$

де $d\Phi = Id\omega$ — світловий потік, який поширюється від джерела в тілесному куті $d\omega$, $d\delta = r^2 d\omega$ — площа елемента, на яку падає цей потік.

Якщо освітленість деякої поверхні незмінна, то світловий потік можна розрахувати за формулою:

$$\Phi = E \cdot S, \quad (2)$$

де S — площа поверхні, на яку припадає світловий потік, E — освітленість, що вимірюється за допомогою люксметра.

Зазначимо, що на розробленому стенді збереження відстані від джерела світла до фотодатчика забезпечується дугою з отворами постійного радіуса (рис. 1, позиція 7).

Коефіцієнт світлової ефективності:

$$K = \frac{\Phi}{P}, \quad (3)$$

де P — електрична потужність, що споживається лампою і вимірюється мультиметром (рис. 2, позиція 2).

Вираз (2) передбачає наступні допущення:

- джерело світла точкове;
- прилад, за допомогою якого вимірюють освітленість, повинен мати ту саму спектральну чутливість, що і спектральний склад джерела світла.

Очевидно, що в умовах проведення навчальної лабораторної роботи цими допущеннями доводиться знехтувати.

Порядок виконання роботи.

1. В Модулі-К перевести перемикач 5 в положення «220 В», 4 – в положення «0».

2. Зсунути дугу (рис. 1) так, щоб лінія центрів отворів дуги співпадала з вертикальною віссю лампи, що досліджується.

3. Включити АВ Модуля-К та АВ відповідної лампи в Модулі-Д.

4. Перевести мультиметр в режим вимірювання активної потужності.

5. Послідовно провести виміри освітленості в площині отворів дуги. Покази люксметра та мультиметра занести до табл. 1 у розділ «Виміряні величини».

У силу симетрії ламп сила світла у горизонтальній площині не залежить від напрямку і є постійною. Отже освітленість можливо вимірювати тільки у одній чверті кола перетину сфери у вертикальній площині шляхом переміщення датчика люксметра по дузі.

6. Після проведення декількох вимірів освітленості розрахувати:

- середнє арифметичне значення освітленості;
- за виразом (3) світловий потік, прийнявши $S = 4 \cdot \pi \cdot R^2 = \pi$ – площа сфери ($R = 0,5$ м – радіус дуги);
- за виразом (4) коефіцієнт світлової ефективності.

Отримані значення занести до табл. 1 у розділ «Розраховані величини».

7. Повторити виміри для всіх ламп Модуля-Д.

Зрозуміло, що в силу прийнятих допущень запропонований метод не є точним, але з урахуванням того, що всі лампи знаходяться в однакових умовах, допустимих для проведення навчальних лабораторних досліджень, отримані дані, які наведені в табл. 1 співпадають з усередненими значеннями [13], що доступні у мережі Internet, і не є паспортними для ламп, що досліджуються.

Запропонована в роботі конструкція стенда і приклад лабораторної роботи свідчать про широкі можливості проведення різноманітних лабораторних робіт, які будуть предметом окремого розгляду.

6. Висновки

1. Для підвищення практичної підготовки майбутніх фахівців з електромеханіки розроблено лабораторний стенд з використанням сучасного обладнання для систем штучного освітлення та визначення їх характеристик.

2. Стенд активно використовується в навчальному процесі при проведенні лабораторних занять з навчальних дисциплін «Основи енергетичної грамотності» та «Енергоефективні електромеханічні системи та технології».

Література

1. OSRAM [Електронний ресурс]. – Режим доступу: \www/URL: http://www.osram.ru/osram_ru/. – 08.09.2015.
2. Rehg, J. A. Industrial Electronics [Text] / J. A. Rehg, G. J. Sartori. – New Jersey: Pearson, Prentice Hall, Uper Saddle River, 2006. – 880 p.
3. Енергетична безпека України та світу [Електронний ресурс]: реферативний огляд. – Київ, 2015. – Режим доступу: \www/URL: http://www.nbuuv.gov.ua/sites/default/files/all_files/references/201504/vtdo_ro_4.pdf. – 08.09.2015.
4. Булгакова, М. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація [Текст] / М. Булгакова, М. Приступа. – Рівне: видавець О. Зень, 2011. – 54 с.
5. Торкатюк, В. І. Проблеми енергозбереження в контексті забезпечення енергетичної безпеки держави [Електронний ресурс]: ст. / В. І. Торкатюк, О. С. Салтанова, С. В. Мозговий та ін. – Харків, 2013. – Режим доступу: \www/URL: <http://eprints.kname.edu.ua/32271/1/86.pdf>. – 08.09.2015.
6. Гончаров, А. К вопросу энергоэффективности и энергосбережения в освещении [Электронный ресурс] / А. Гончаров, И. Денисов, И. Козырева, А. Федченко, А. Яковлев // Полупроводниковая светотехника. – 2011. – № 4. – Режим доступу: \www/URL: http://www.led-e.ru/assets/files/pdf/2011_4_5.pdf. – 08.09.2015.
7. Боммель, В. В. Качество освещения и энергоэффективность: критический обзор [Текст] / В. В. Боммель // Светотехника. – 2011. – № 1. – С. 6–11.
8. Красножон, Ю. Сказка о четырех долларах [Текст] / Ю. Красножон // Современная светотехника. – 2010. – № 6. – С. 7–8.
9. Bangali, J. A. Energy Efficient Lighting Control System Design For Corridor illumination [Electronic resource] / J. A. Bangali, A. D. Shaligram // International Journal of Scientific & Engineering Research. – April 2012. – Vol. 3, № 4. – Available at: \www/URL: <http://www.ijser.org/researchpaper/Energy-Efficient-Lighting-Control-System-Design-For-Corridor-illumination.pdf>. – 08.09.2015.
10. Гвоздев, С. М. Энергоэффективное электрическое освещение [Текст]: учебное пособие / С. М. Гвоздев, Д. И. Панфилов, Т. К. Романова и др.; под ред. Л. П. Варфоломеева. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 288 с.

Таблиця 1

Результати вимірів

Тип лампи	Виміряні величини					P, Вт	Розраховані		
	Освітленість, лк						E _{сєр.} , лк	Ф, лм	K, лм/Вт
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅				
галогенна	800	590	480	340	210	84	484	1520,5	18,10
світлодіодна	280	270	315	360	410	5	327	1027,3	205,46
люмінесцентна	800	675	665	575	510	23	645	2026,3	88,1
розжарювання	940	655	700	696	805	120	759,2	2385,1	19,88
індукційна	1350	1170	1065	1000	1100	41	1137	3572	87,12
ДРЛ	4200	3100	2290	1570	1390	157	2510	7885,4	50,23
ДРВ	1090	800	550	355	280	125	615	1932,1	15,46
ДНат	3990	3300	2580	1350	400	89	2324	7301,1	82,03
ДРІ	16320	14750	13200	8840	3730	327	11368	35713,6	109,22

11. Сапожников, Р. А. Теоретическая фотометрия [Текст] / Р. А. Сапожников. — Л.: Энергия, 1967. — 267 с.
12. Гуревич, М. М. Фотометрия [Текст] / М. М. Гуревич. — Л.: Энергоатомиздат, 1983. — 272 с.
13. Айзенберг, Ю. Б. Справочная книга по светотехнике [Текст] / под ред. Ю. Б. Айзенберга. — М.: Знак, 2006. — 972 с.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

На кафедре электромеханики ГВУЗ «Криворожский национальный университет» разработан лабораторный стенд для анализа характеристик источников искусственного освещения. Стенд состоит из двух идентичных модулей для анализа характеристик ламп и модуля управления, который предназначен для управления работой ламп и измерений электрических параметров источников света. Предложена достаточно простая методика расчета коэффициента световой эффективности.

Ключевые слова: лабораторный стенд, лампы искусственного освещения, коэффициент световой эффективности, коэффициент пульсации светового потока.

Бондаревський Станіслав Львович, кандидат технічних наук, кафедра електромеханіки, ДВНЗ «Криворізький національний університет», Україна, e-mail: kafEM@mail.ru.

Данилейко Олег Костянтинович, старший викладач, кафедра електромеханіки, ДВНЗ «Криворізький національний університет», Україна, e-mail: kafEM@knu.edu.ua.

Рожненко Жанна Георгіївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра електромеханіки, ДВНЗ «Криворізький національний університет», Україна, e-mail: kafEM@knu.edu.ua.

Бондаревський Станіслав Львович, кандидат технічних наук, кафедра електромеханіки, ГВУЗ «Криворожський національний університет», Україна.

Данилейко Олег Константинович, старший преподаватель, кафедра електромеханіки, ГВУЗ «Криворожський національний університет», Україна.

Рожненко Жанна Георгіївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра електромеханіки, ГВУЗ «Криворожський національний університет», Україна.

Bondarevskiy Stanislav, SIHE «Kryvyi Rih National University», Ukraine, e-mail: kafEM@mail.ru.

Danileiko Oleg, SIHE «Kryvyi Rih National University», Ukraine, e-mail: kafEM@knu.edu.ua.

Rozhnenko Zhanna, SIHE «Kryvyi Rih National University», Ukraine, e-mail: kafEM@knu.edu.ua.

УДК 621.391:681.518

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.52017

Блиндюк В. С.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВОЇ СТРУКТУРИ ВИХІДНОГО СТРУМУ КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ СИГНАЛІВ СИСТЕМИ АЛСН

Коректний математичний опис струму шунта системи АЛСН необхідний для строгого аналізу роботи цієї системи в цілому. Існуючі моделі цього струму побудовані на основі спрощеного припущення про малість швидкості руху шунта. Це обмежує їх цінність для розв'язання теоретичних та практичних задач. В статті отриманий математичний опис струму шунта для випадку його руху із сталою швидкістю. Вираз зберігає справедливість для широкого діапазону числових значень швидкості.

Ключові слова: автоматична локомотивна сигналізація, рейкова лінія, шунт, сигнальний імпульс, параметричне коло.

1. Вступ

Канал передачі сигналів є важливою складовою частиною систем автоматичної локомотивної сигналізації неперервного типу (АЛСН). Існуючі системи АЛСН мають недостатню високу пропускну здатність і достовірність передачі повідомлень [1]. Це обумовлює актуальність задачі їх подальшого вдосконалення.

2. Аналіз найновіших досліджень та публікацій

На вихідний струм каналу передачі сигналів системи АЛСН впливає багато факторів як завадового, так і інформаційного характеру. В роботі [1] описано структуру сигналу та подано перелік основних завадових впливів. Робота [2] присвячена дослідженню дії на сигнал завад, обумовлених намагнічуванням рейок.

Цьому ж питанню присвячена робота [3], де в розгляд додатково включене питання спотворення сигнального струму з причини нелінійності магнітних властивостей рейок. В роботі [4] досліджений вплив феромагнітних неоднорідностей колії (стрілки, хрестовини) на струм шунта. Робота [5] присвячена поширенню математичної моделі цього струму на випадок руху власне шунта. Аналіз даних робіт вказав на те, що вони або висвітлюють емпіричні результати, слабо придатні для подальшого узагальнення, або базуються на припущенні знехтуваної малої швидкості руху, що обмежує область придатності отриманих в них співвідношень.

3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єктом дослідження даної роботи є процес формування в рейковій лінії струму рухомого шунта системи АЛСН.