



**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА**

Міжнародна науково-практична конференція

**«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В СВІЛОТЕХНІЦІ
ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»**



16-17 травня 2024 року
Харків, Україна

УДК 628.92/.97+621.31]:001.895](06)

ISBN 978-966-965-607-4

*Міністерство освіти і науки України
Харківська міська рада
Харківська обласна військова адміністрація
Національна академія наук вищої освіти України
Харківський національний університет міського
господарства імені О. М. Бекетова
Національний науковий центр «Інститут метрології»
Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України
Лодзинський технічний університет
Główny Urząd Miar (Центральна служба мір та ваг в Республіці Польщі)*

**«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СВІЛОТЕХНІЦІ
ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»**

**МАТЕРІАЛИ
міжнародної науково-практичної конференції**

16–17 травня 2024 р.

Харків, Україна

УДК 628.92/.97+621.31]:001.895](06)

I-66

*Рекомендовано до друку Вченою радою Харківського національного
університету міського господарства імені О. М. Бекетова,
протокол № 10 від 03 травня 2024 р.*

Інноваційні технології в світлотехніці та електроенергетиці :
I-66 матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., Харків, 16–17 трав. 2024 р. /
Нац. акад. наук вищ. освіти України, Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва
ім. О. М. Бекетова, Нац. наук. центр «Ін-т метрології» [та ін.]. –
Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 110 с.

ISBN 978-966-965-607-4

Розглядається широке коло питань, пов'язаних з розвитком сучасних електроенергетичних та світлотехнічних технологій. Порушуються питання розробки альтернативних джерел енергії, інтелектуальних систем, впровадження світлодіодних джерел світла, теорії та практики світлових вимірювань. Особлива увага приділяється вивченню впливу світла на людину, розвитку архітектурно-художнього освітлення.

УДК 628.92/.97+621.31]:001.895](06)

ISBN 978-966-695-607-4

© Колектив авторів, 2024

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

6

<i>Ł. Kaczmarek, P. Kula, K. Dybowski, P. Zawadzki, M. Balik, I. Acznik, P. Kosobudzki, M. Stegliński, R. Atraszkiewicz, H. Szymanowski, B. Januszewicz, G. Romaniak</i> Graphene as a material for energy applications.....	7
<i>L. Nazarenko, O. Didenko, D. Felonenko</i> Integrative lighting	8
<i>В. Назаренко, Т. Сахно, Г. Кожушко</i> Світлове забруднення та його вплив на навколишнє середовище і здоров'я людей.....	10
<i>В. Андрійчук, Я. Філюк, М. Наконечний</i> Аналіз перехідних процесів в електричному колі з світлодіодами	13
<i>Б. Шабашкевич, Ю. Добровольський, В. Юр'єв</i> Прилади для вимірювання параметрів світлового середовища на відповідність ДСТУ 3649	16
<i>Д. Пекур, В. Корнага, В. Сорокін</i> Світлодіодні системи освітлення з широким діапазоном напруг живлення.....	17

СЕКЦІЯ 1: МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ В СВІЛОТЕХНІЦІ. БЕЗПЕКА РУХУ ТА ВПЛИВ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ НА ЛЮДИНУ. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СВІЛОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ. ІНТЕГРОВАНЕ, АРХІТЕКТУРНЕ ТА ХУДОЖНЄ ОСВІТЛЕННЯ

19

<i>О. Біленький</i> Установка для дослідження параметрів сонячних фотоелементів.....	20
<i>В. Далека, В. Будниченко, А. Коваленко</i> Нормативні вимоги до світлотехнічних систем та пристроїв транспортних засобів міського електричного транспорту.....	21
<i>Н. Кульбашина, М. Гніденко</i> Світлові пристрої пішохідних переходів	23
<i>А. Литвиненко</i> Світловий елемент рекламних конструкцій	24
<i>А. Литвиненко</i> Трап-детектор із змінним коефіцієнтом поглинання	25
<i>К. Лукін, Д. Тат'янка, О. Земляний</i> Застосування світлодіодів для рефлектометричних вимірювань методом спектральної інтерферометрії.....	26
<i>О. Liashenko</i> Design of lighting installation in conditions of circular economy	29
<i>І. Мокрецов</i> Аналіз існуючих методів моделювання сонячного випромінювання	30
<i>М. Мороз, В. Гиренко</i> Управління процесами попередження надзвичайних ситуацій та безпека на транспорті	31
<i>О. Мочурад, Н. Гоц</i> Аналіз повірки одноканальних пірометрів.....	32
<i>І. Олейнікова, А. Цвєркунова</i> Комплексне використання світловипромінювальних матеріалів та джерел світла різного спектрального складу.....	34
<i>Л. Назаренко, Б. Олійниченко</i> Colour fidelity index (індекс точності кольорів).....	35
<i>О. Пітяков, Т. Тибур, Є. Пшеничний</i> Світлодіодне освітлення для вирощування рослин	37

О. Пітяков, В. Улізько Проектування циркадного освітлення	39
В. Табуненко, О. Сальник Особливості розробки лазерної зброї на нових фізичних принципах.....	40
Б. Шабашкевич, Ю. Добровольський, В. Юр'єв Вимірювання великих значень сили світла спалаху	43

**СЕКЦІЯ 2: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В СВІЛОТЕХНІЦІ
ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В
СИСТЕМАХ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ.
ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ.
МОДЕЛЮВАННЯ В СВІЛОТЕХНІЦІ ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ** 45

Ю. Басова, С. Шпак, С. Кислиця Дослідження колориметричних параметрів світлодіодних ламп для загального освітлення в процесі строку служби	46
К. Бровко, О. Великогородський Вплив систем освітлення на роботу оперативного персоналу АЕС	49
Y. Vasylieva Lighting calculation and simulations' tasks for special street locations	50
С. Войтків Тенденції розвитку систем освітлення колісних транспортних засобів громадського користування	51
С. Гайдукевич, Н. Семенова, І. Плонка Підвищення ефективності освітлення корівника на базі освітлювальних систем нового покоління	54
В. Герасименко, М. Шпіка Інтелектуальна система освітлення для транспортних засобів	56
А. Гордієнко Моделювання електромагнітних процесів в асинхронному електродвигуні циркуляційних насосів першого контуру охолодження реактору ВВЕР-1000	58
V. Nerubatskyi, D. Hordiienko Application of autonomous voltage inverters in light technology and electrical energy	60
V. Nerubatskyi, D. Hordiienko Method of determining additional thermal losses in the windings of electric motors..	62
С. Закурдай, В. Шавкун, В. Фурсов Оптимізація енергоспоживання в автономних електромобілях.....	64
А. Кіндінова Вплив освітлювальних рішень на енергоефективність	65
Д. Коваленко, О. Шкурпела Дослідження умов запуску автономного асинхронного генератора з інверторним збудженням	67
В. Коваль Вплив ємності акумулятора на ефективність роботи фотоелектричної станції	69
К. Козак, М. Тарасенко, П. Теравський Системи інтелектуального вуличного освітлення для розумних міст	72
А. Колесник Digital twin архітектура для інфраструктури освітлення в контексті інтерфейсу індустрії 4.0.....	74
Л. Колодійчук, І. Плонка Використання цифрових технологій для управління електричним освітленням.....	75
О. Коляда Загальні питання при проектуванні інженерних систем з електрозабезпечення сховищ та укриттів подвійного призначення	77

<i>А. Лупенко, Л. Мовчан, Д. Чаплій</i> Світлодіодний драйвер із знижувальним коректором коефіцієнта потужності та LLC резонансним перетворювачем напруги	78
<i>Л. Назаренко, О. Діденко</i> Світлодіодна ера дорожнього освітлення	80
<i>Л. Назаренко, А. Колесник</i> Колірні метрики для світлодіодів	81
<i>І. Олейнікова, А. Дерев'яновський</i> Особливості моделювання освітлення зонованого простору в DIALUX.....	83
<i>Б. Оробчук, І. Сисак, С. Бабюк</i> Розробка системи освітлення для навчальної лабораторії на базі WI-FI контролера.....	84
<i>В. Поліщук</i> Аналіз стану нормативної бази для проектування та експлуатації освітлювальних установок	86
<i>Я. Серіков</i> Вплив пульсації світлового потоку на безпеку життєдіяльності людини в системі «людина – виробниче середовище»	87
<i>Я. Серіков, В. Согласов</i> Постачання електричної енергії від сонячної фотоелектричної станції споживачам сільської місцевості.....	90
<i>М. Тарасенко, К. Козак</i> Розумне освітлення як елемент розумного будинку...	93

СТУДЕНТСЬКА СЕКЦІЯ 96

<i>І. Гвоздь, П. Говоров, А. Кіндінова</i> Енергоефективність керування освітленням з урахуванням соціально-екологічних наслідків	97
<i>В. Голуб, Л. Назаренко, О. Діденко</i> Вплив спектрального розподілу потужності джерел світла на дорожнє освітлення.....	98
<i>В. Коломієць, О. Діденко</i> Аналіз системи power over ethernet (POE)	100
<i>А. Котенко, О. Діденко</i> Моделювання світлової реклами.....	102
<i>В. Литвяк, В. Герасименко</i> Альтернативна енергетика в світлотехніці	104
<i>Д. Приймак, В. Герасименко</i> Впровадження інтелектуальних систем освітлення.....	105
<i>О. Третьяков, Л. Назаренко, О. Діденко</i> Метрики оптичного випромінювання з врахуванням циркадних відкликів світла.....	107

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

GRAPHENE AS A MATERIAL FOR ENERGY APPLICATIONS

Professor Łukasz Kaczmarek,
Piotr Kula, Konrad Dybowski, Piotr
Zawadzki, Magdalena Balik, Ilona Acznik,
Piotr Kosobudzki, Mariusz Stegliński,
Radomir Atraszkiewicz, Hieronim
Szymanowski, Bartłomiej Januszewicz,
Grzegorz Romaniak
Lodz University of Technology, Lodz, Poland
Email: lukasz.kaczmarek@p.lodz.pl

Geopolitical changes in Europe have caused, among others, energy crisis and the need to introduce changes in the supply chain of oil and gas, as well as coal. For this reason, intensive search for solutions to achieve energy independence with the use of Renewable Energy Sources began. Unfortunately, technical infrastructure has become a technical limitation, the limitations of which make it impossible to collect the surplus of energy produced.

On the other hand, energy banks in the form of hydrogen storages are also at a relatively low level of advancement (except for high-pressure solutions). This fact significantly limits the development of modern systems for generating and storing energy from renewable energy sources. For this reason, high hopes are placed in graphene and materials produced on its basis with quasi2D properties of graphene not only in the field of energy, but also in relation to improving the quality of life (clean water and health).

Rising silicon prices led to the search for its substitutes. One such proposal is graphene quantum dots (QGD). The research conducted at the Institute of Materials Science and Engineering of the Lodz University of Technology led to the development of a method for producing QGD from natural precursors (extracts of fruits, vegetables, leaves or cut grass) and the construction of flexible and transparent photovoltaic cells based on them, the efficiency of which is currently at the level of several %. In this case, the ability to produce any large cell surface and its low cost is the main advantage compared to the currently used silicon wafers.

Conclusion & Significance:

The 3D material created using the oxidized form of graphene made it possible to achieve a hydrogen storage degree of 1% by weight.

Another example are the processes of synthesis of graphene materials for the construction of Li-ion battery electrodes. The conducted galvanostatic tests showed that the material with finer crystallites, fewer graphene layers, higher degree of oxidation and defect reached a higher value of electrochemical capacitance. For this material, after the functionalization process, we have achieved an electric capacity of 1080 mAhg⁻¹, which is almost three times higher than the value recorded for commercially used graphite anodes.

References

1. Jastrzebski K., (2024) Cłapa M., Kaczmarek L., Kaczorowski W., Sobczyk-Guzenda A., Szymanowski H., Zawadzki P., Kula O., Spatial Graphene Structures with Potential for Hydrogen Storage, *Energies* 2024, 17, 2240. <https://doi.org/10.3390/en17102240>
2. Lekshmi GS. (2024) Engineering of brewery waste-derived graphene quantum dots with ZnO nanoparticles for treating multi-drug resistant bacterial infections. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 12 (2).
3. Leyko J. (2023) An experimental device for evaluation of hydrogen sorption. *Metrology and Measurement Systems* 30: 367-376.

4. Kaczmarek L. (2021) Functionalization Mechanism of Reduced Graphene Oxide Flakes with BF₃•THF and Its Influence on Interaction with Li⁺ Ions in Lithium-Ion Batteries. *Materials* 14 (3) 679.
5. Kaczmarek L. (2020) The Influence of the Size and Oxidation Degree of Graphene Flakes on the Process of Creating 3D Structures during Its Cross-Linking. *Materials* 13(3).
6. Kaczmarek L. (2019) The influence of the hydrogenation degree on selected properties of graphene as a material for reversible H₂ storage. *International Journal of Hydrogen Energy* 44(41).
7. Kaczmarek L. (2014) Functionality of graphene as a result of its heterogenic growth on SiC nanoparticles on the basis of reversible hydrogen storage. *International Journal of Hydrogen Energy* 39(34).

UDC 628.98

INTEGRATIVE LIGHTING

Nazarenko Leonid,
 Doctor of Sciences, professor;
Didenko Olena,
 PhD,
Felonenko Dmytro,
 graduate student
 O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
E-mail: leonnaz@ukr.net

Over the past 25 years, research concerning the human responses to light has been largely expanded, and currently, there is strong scientific evidence that light is not only essential for vision, but it also affects the biological functioning of people and has an important impact on human health and performance. Numerous studies have demonstrated that light also influences circadian rhythms and neurobehavioral responses. These types of responses have been defined as “non-image – forming” (NIF) effect of light. Non-visual effects are mediated by signals from retinal photoreceptors, i.e. from circuits of rods, cones and intrinsically photosensitive retinal ganglion cells (ipRGCs). These retinal photoreceptors are specialized ganglion cells that contain the photopigment “melanopsin” and are intrinsically sensitive to light spectrum. Their peak sensitivity (approx. 460-480 nm) occurs at a shorter wavelength compared to that of rods (at 507 nm) and cones (at 555 nm) suggesting the relevance of the spectral distribution as a factor that influences non-visual effects of lights.

Considering the relevant impact of non-visual response to light on human health and well-being significant research, has been carried out, which led to the proposition of new, dedicated circadian metrics to estimate and quantify non-visual effects of light.

Up-to-date there main approaches have been proposed: The Circadian stimulus (CS) model, The “Equivalent Melanopic Lux (EML)”, The melanopic Equivalent Daylight Illuminance (m-EDI).

The “Circadian stimulus” model was proposed by Rea and Figueiro and indicates the human responses to light in terms of the percentage of melatonin suppression. CS is defined as the calculated effectiveness of the spectral weighted irradiance at the cornea from threshold (CS=0,1) to saturation (CS=0,7), assuming a fixed duration of exposure of 1h. According to indications provided by Figueiro, a CS value of 0,3 or greater at the eye during the morning is suitable for the promotion of good circadian entertainment. The target threshold values are reduced to a maximum of 0,2 in the evening and a maximum of 0,1 during the night.

The “Equivalent Melanopic Lux”(EML) is based on the spectral sensitivity of the melanopsin photoreception of ipRGCs with reference to the illuminant E (an equal-energy illuminant) and is based on studies connected by Lucas and Enezi.

The “melanopic Equivalent Daylight illuminance” (melanopic EDI or m-EDI) is an SI-compliant “ α -opic” metric defined as illuminance produced by radiation conforming to standard daylight (D65) illuminant that provides an equal “ α -opic” irradiance as the test source. The m-EDI was recently defined by CIE (CIE S: 026:2018) to supplement the EMI, which did not provide an SI unit for calculating lux. As daylighting is the most natural “circadian” light, it was assumed as reference for the definition of m-EDI, unlike EML, which refers to an equal-energy spectral power distribution. The EML and m-EDI metrics are thereby correlated through the expression $m-EDI=0,9058 * EML$.

Despite the growing knowledge concerning integration light current design approaches and standards for indoor lighting are mainly intended to ensure visual requirements and needed to define specific and agreed recommendations that address both photopic and melatonic aspects.

The recent European Standard 12464 has introduced other requirements to also include the illuminance level in the room (average illuminance and uniformity over the walls and the ceiling) and the illuminance at the eye level of the occupants, through the cylindrical illuminance to integrate the luminance-based unified glare rating UGR requirement. There is no melanopic requirement to also account for circadian entrainment. On the contrary, the WELL Building Standard (USA 2023) protocol introduced circadian recommendations in its rating system through the m-EDI, in association with daylighting recommendations through the special daylighting. On the one hand, lighting designers must comply with workplane requirement in terms photopic illuminance, on other hand, they may want to also meet melanopic requirements to quality for the circadian credit of the WELL, thus considering the vertical plane at the eye level.

Recently an international expert workshop on circadian and neurophysiological photometry published a set of light recommendation to best support human physiology sleep and wakefulness within indoor settings. The workshop concluded that under most practically relevant situation, the spectral sensitivity of non-visual responses to light can be well described by the intrinsic melanopsin-based spectral sensitivity of ipRGCs

The workshop recommendations were therefore expressed in terms of melanopic EDI (measured at the eye position of the user with a detector orientation that corresponds to the dominant direction of gaze) according to:

Throughout the daytime the recommended minimum melanopic EDI is 250 lx;

During the evening starting at least three hours before bedtime the recommended maximum melanopic EDI is 10 lx;

The sleep environment should be as dark as possible with are commended maximum melanopic EDI of 1 lx and 10 lx in case unavoidable activities during the nighttime require vision.

These recommendations are intended for healthy adults (18-55 yrs.) with a day-active-schedule.

It seems that the integrative lighting approach is of crucial importance but needs further research to be implemented in the current design practice especially for what concerns the amount of the melanopic recommendation and the duration of the time to which to refer the application of such recommendation. This involves considering a new paradigm for the lighting design practice, which involves the following aspects: the spectral power distribution of the light output luminaires that are specifically conceived for an integrative light approach, especially in terms of their photometric curve.

References

1. CIE. Commission Internationale de l'Eclairage. CIE S 026/E:2018. CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light. Vienna, CIE, 2018. doi: 10.25039/S026.2018
2. Rea MS, Figueiro MG., Bierman A, Bulloigh J,D Circadian light. Journal of Circadian Rhythms 2010, 8:2, pp 1-10. doi:10.1186/1740-3391-8-2

СВІТЛОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ І ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ

Назаренко Василь Іванович,

Доктор біологічних наук, с.н.с

Інститут медицини праці ім. Ю. І. Кундієва НАМН України, Київ

Сахно Тамара Вікторівна,

Доктор хімічних наук, професор

Полтавський державний аграрний університет

Кожушко Григорій Мифодійович,

доктор технічних наук, професор

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

E-mail: sakhno2003@ukr.net

Світлове забруднення (light pollution) – це широке поняття яке відноситься до всіх проблем викликаних непотрібним, надмірним або не ефективним використанням штучного світла. На сьогодні ще немає загальноприйнятого визначення поняття «світлового забруднення». Міжнародна асоціація збереження темного неба (International Dark-Sky Association, IDA) дає наступне визначення: це зміна рівня освітленості, що створюється недоречним або надмірним використанням штучного світла. Під світловим забрудненням часто розуміють збільшення природної яскравості нічного неба за рахунок штучного світла, що випромінюється в нижні шари атмосфери [1]. Розділяють астрономічне поняття світлового забруднення яке погіршує видимість небесних об'єктів і екологічне світлове забруднення, що має негативні наслідки для дикої природи і людей через порушення нічного середовища [2]. Крім світіння неба IDA кваліфікує ще кілька форм світлового забруднення: надмірне і непотрібне використання світла (over-illumination); відблиски (glare), що викликані надмірною яскравістю світла, яке створює зоровий дискомфорт або засліплення; проникнення світла (light trespass) за межі необхідного, що створює непотрібне освітлення і негативно впливає на середовище проживання людей; світловий «безлад» (light clutter), викликаний потужними яскравими хаотично розміщеними джерелами світла, що створює надмірне освітлення і розсіювання світла.

Найбільш негативним наслідком штучного освітлення в нічний час для людини є порушення біологічних ритмів, через пригнічення нічної секреції мелатоніну. Викликане нічним освітленням порушення циркадних ритмів пов'язане з підвищеним ризиком розвитку різних захворювань - в тому числі онкологічних, сахарного діабету, а також впливає на сон, травлення, викликає мігрень, головні болі, роздратування, хронічну втоми та інш. [3]. Світлове забруднення поширене і в приміщеннях, що безпосередньо збільшує ризик для здоров'я. У людей зростає кількість цифрових пристроїв (комп'ютери, смартфони та інш.), які використовують LED-матриці та випромінюють значну частину синього світла, що суттєво впливає на циркадну систему.

Крім біологічної активності світла, яка залежить від спектра випромінювання в області 450-480 нм, на здоров'я людей та їх психологічний стан впливає висока яскравість світла, що створює зоровий дискомфорт та тимчасову засліплюваність [4], фотобіологічна небезпечність синього світла, що створює ризики пошкодження сітківки ока [5]. Фотохімічні ризики для очей, що може спричинити сине світло залежить від накопиченої дози і формується як при короткочасній експозиції яскравого світла так і в результаті низько інтенсивного впливу протягом тривалого часу. Одним із негативних ефектів, що штучні створюють джерела світла є мерехтіння яскравості. Біологічний вплив мерехтіння яскравості на людину – це функція глибини модуляції, частоти мерехтіння яскравості та інших факторів. Як мінімум мерехтіння створює дискомфорт, але воно може стати і небезпекою для здоров'я – спричинити втому,

напруженість очей, знижувати продуктивність зорових робіт, провокувати головний біль, мігрень, створювати неврологічні проблеми такі як епілептичні судоми та інш.

Світло має фундаментальне значення для всіх живих організмів, будучи для них джерелом енергії і інформації. Найбільш важливими процесами, що викликаються світлом для тварин і людей є зір і регулювання біоритмів, які обумовлені змінами добових, місячних і сезонних циклів [6]. Майже всі організми мають генетично детерміновані внутрішні годинники, які налаштовуються періодичними змінами освітлення, щоб збалансувати функції і поведінку організму в залежності від часу доби, фази місяця чи пори року. Циркадні ритми відіграють центральну роль в забезпеченні гомеостазу в організмі в тому числі відновлення фізіологічних функцій і управляються щодобовою зміною світла і темноти та контролюють синхронізацію циклу сон-бадьорість, зміну температури тіла та частоти серцебиття, гормональний баланс та інше. Штучне світло в нічний час впливає на циркадний годинник, зміщуючи його назад. Коли циркадні ритми синхронізовані з сонячним днем - вони викликають бадьорість вдень і сонливість вночі. Якщо вони десинхронізовані через такий фактор, як штучне освітлення вночі - бадьорість може виникати в невідповідний час, а сонливість може не співпадати з часом відведеним для сну. Пригнічення секреції мелатоніну, основного маркера циркадного ритму, найбільш інтенсивно відбувається для спектрального діапазону світла 446-477 нм [7]. Це означає, що джерело світла з великою часткою синього світла буде мати великий потенціал для зміщення циркадних ритмів і впливати на сон, якщо таке світло використовується вночі.

Пом'якшення негативного впливу світла на навколишнє середовище в нічний час необхідно розглядати з врахуванням того, що не існує безпечного рівня, при якому антропогенне світло буде одночасно задовольняти людину і не буде справляти ніякого негативного впливу на екологічну систему. Циркадні ритми дикої природи можна синхронізувати при рівнях освітленості значно нижчих від граничних значень для ефективного людського зору. Таким чином, пом'якшення наслідків – це задача по забезпеченню достатньої кількості світла, що необхідне для безпеки людини і мінімізацію впливу на навколишнє середовище [8]. Міжнародною асоціацією захисту темного неба (IDA) для пом'якшення негативного впливу світлового забруднення на навколишнє середовище рекомендовані наступні принципи зовнішнього освітлення: - світло має бути направлене тільки туди, де це необхідно;- світло не повинно бути яскравіше, ніж це потрібно;- світло потрібно використовувати тільки тоді, коли воно корисне;- за можливістю необхідно використовувати світло теплих тонів (з CCT <3000K); - зовнішнє освітлення має відповідати рекомендаціям стандартів EN 12464-2, EN 13201, EN 12193.

В [9] відзначається, що не всі мінімальні рівні освітленості встановлені стандартами, розроблені на надійних емпіричних даних, тому в окремих випадках доцільно установити науково обґрунтовані мінімальні рівні освітленості.

За останні роки проблемам світлового забруднення приділяється багато уваги - публікується велика кількість наукових праць, ведеться просвітницька діяльність серед населення, приймаються законодавчі рішення про обмеження впливу світлового забруднення через встановлення граничних рівнів освітленості та інш. В цих питаннях Україна зараз знаходиться на початковій стадії: - для зовнішнього освітлення впроваджені національні стандарти України гармонізовані з європейськими стосовно (ДСТУ EN 12464-2:2016, ДСТУ EN 13201-2:2015, ДСТУ EN 12193:2022); - розроблені Державні будівельні норми України ДБН В.2.2.5-28:2018 –«Природне і штучне освітлення», де встановлені вимоги до гранично допустимих параметрів зовнішніх освітлювальних установок для запобігання світлового забруднення. Ці вимоги гармонізовані з європейським стандартом EN 12464-2; - розроблений Національний стандарт України ДСТУ 8546:2015 «Світильники зі світлодіодними джерелами світла. Загальні технічні умови», в якому встановлені вимоги до світлорозподілу, кутів захисту, максимальних значень сил світла та яскравості та інших параметрів світильників для внутрішнього та зовнішнього освітлення.

Всі вимоги, що стосуються світлового забруднення були розроблені майже 20 років тому і з точки зору крайніх досліджень впливу світлодіодних джерел світла на навколишнє середовище і здоров'я людей не відповідають сучасному рівню знань. Зокрема, відсутні вимоги до спектру випромінювання (до біологічної активності світла) для джерел, що застосовуються в зовнішньому освітленні, допускається занадто висока частка світла, що випромінюється в верхню півсферу (до 25%) та високі значення сили світла в засліплюючому напрямку (до 25 000 кд), не встановлені нові вимоги до рівня мигтіння яскравості та стробоскопічного ефекту у відповідності з Регламентом Комісії (ЄС) 2019/2020, методика визначення блискавості з використанням узагальненого показника дискомфорту(UGR) не відповідає рекомендаціям CIE[10] для світлодіодних світильників з неоднорідною яскравістю. Застосування світильників зі світлодіодами для зовнішнього освітлення викликало занепокоєння серед прихильників боротьби з екологічним світловим забрудненням, в основному через велику частку синього світла в світловому потоці та високу яскравість і рівень мерехтіння яскравості.

Актуальними питаннями для України на сьогодні є організація наукових досліджень направлених на зменшення рівня світлового забруднення, встановлення науково-обґрунтованих граничних значень параметрів для світлодіодних систем зовнішнього освітлення, застосування систем автоматичного керування освітленням. Так як світлове забруднення стосується і житлових приміщень то необхідне встановлення безпечних граничних рівнів світлового забруднення під час відпочинку та сну.

Важливими шляхами зниження світлового забруднення та пом'якшення його впливу на навколишнє середовище і здоров'я людей є виконання рекомендацій сформульованих в концепції освітлення запропонованій IDA.

Список використаних джерел

1. Widmer K. et al. (2022). Review and Assessment of Available Information on Light Pollution in Europe, ISBN 978-82-93970-08-8, ETC HE c/o NILU, Kjeller, Norway.
2. Longcore T, Rich C. (2004). Ecological light pollution, *Front. Ecol. Environ.* 2(4), 191–198.
3. Miao Cao, et al. (2023). Understanding light pollution: Recent advances on its health threats and regulations *J. Environ. Sci.* 127, P.589-602 <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.06.020>.
4. ISO/CIE 8995-3:2018 Lighting of work places - Part 3: Lighting requirements for safety and security of outdoor work places.
5. Шпак С., Кожушко Г., Кислиця С., Сахно Т., Пітяков О. (2020). Дослідження фотобіологічної безпечності світлодіодних ламп та світильників для загального освітлення». *UKR METROL J.* №4, с.29-35.
6. Kronfeld-Schor N, Dayan T. (2003). Partitioning of time as an ecological resource. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34, 153–181. doi:10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132435.
7. West KE et al. (2011). Blue light from light-emitting diodes elicits a dose-dependent suppression of melatonin in humans. *J. Appl. Physiol.* 110(3), p.619-626.
8. Encyclopedia of Biodiversity 3rd edition, Volume 4 doi:10.1016/B978-0-12-822562-2.00249-8 p.369.
9. Fotios S, Gibbons R. (2018). Road lighting research for drivers and pedestrians: The basis of luminance and illuminance recommendations. *LR&T.* 50(1), P.154-186.
10. CIE 232:2019. Discomfort Caused by Glare from Luminaires with a Non-Uniform Source Luminance.

АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРИЧНОМУ КОЛІ З СВІТЛОДІОДАМИ

Андрійчук Володимир Андрійович,

доктор технічних наук, професор

Філюк Ярослав Олександрович,

кандидат технічних наук,

Наконечний Мирослав Степанович,

кандидат технічних наук

Тернопільський Національний Технічний Університет імені І. Пулюя

E-mail: filuk.slavik.91@gmail.com

Світлодіодні джерела світла(СД) набули найбільшого поширення завдяки їх високій світловій віддачі, тривалому часу та невибагливим умовам експлуатації. При їх впровадженні не виникає потреб повністю перебудувувати освітлювальну систему, світлодіоди легко вбудовуються в стандартні корпуси, розроблені для традиційних джерел світла. Такі світлодіодні лампи з паралельним, послідовним та змішаним з'єднанням СД оснащуються імпульсними драйверами з широтною модуляцією імпульсів (ШІМ). Для них важливу роль відіграє перехідний процес в електричному колі. На даний час є недостатньо інформації про перехідні процеси в електричних колах з світлодіодними джерелами. Завданням, яке ставилось перед авторами даної роботи, було розробити методику розрахунку та провести аналіз перехідних процесів в електричному колі з СД.

Для теоретичного аналізу перехідних процесів в електричному колі з СД використали його еквівалентну електричну схему, яка базується на теоретичних розрахунках гомогенних та експериментальних дослідженнях гетерогенних $p-n$ переходів і знайшла підтримку в роботах [1-4]. Вона приведена на рис. 1.

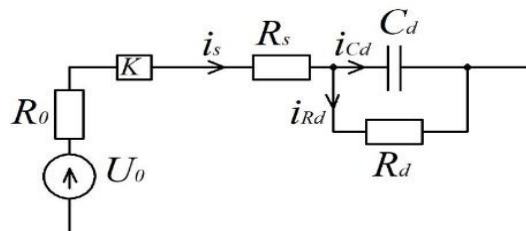


Рисунок 1 – Еквівалентна електрична схема електричного кола з СД

Тут СД представлений паралельною ланкою, що складається з опору R_d , який визначається опором активної області гетеропереходу, та конденсатора C_d , ємність якого дорівнює дифузній ємності $p-n$ переходу. Послідовно їм приєднаний опір R_s , що включає опір пасивних областей СД, а також опір провідникових елементів електричного кола живлення. Додатково на даній схемі також зображено R_0 – внутрішній опір джерела, та K – ключ, який замикає або розмикає коло.

Для розрахунку перехідного процесу використали операторний метод та еквівалентну електричну схему світлодіода. При цьому електрична схема, приведена на рис.1, залишається без змін, лише опір конденсатора буде дорівнювати $1/pC_d$, а ЕРС джерела U_0/p , де p – комплексний оператор.

При замиканні ключа зміна операторного струму $i_s(p)$ і струму оригіналу $i_s(t)$ в даному колі описуються рівняннями:

$$i_s(p) = \frac{U_0(R_d C_d p + 1)}{p((R_s + R_0)R_d C_d p + R_s + R_0 + R_d)},$$

$$i_s(t) = \frac{U_0}{R_s + R_0 + R_d} \left(1 + \frac{R_d}{R_s + R_0} e^{-\frac{t}{\tau_1}}\right), \text{ де } \tau_1 = \frac{(R_s + R_0)R_d C_d}{R_s + R_0 + R_d} = \frac{R_d C_d}{1 + \frac{R_d}{R_s + R_0}}.$$

Тепер розглянемо випадок коли маємо n однакових СД, які з'єднанні послідовно. В кінцевому варіанті рівняння, яке описує зміну струму в електричному колі з n послідовно з'єднаними світлодіодами при подачі імпульсу постійної напруги:

$$i(t) = \frac{U_0}{R_0 + n(R_s + R_d)} \left(1 + \frac{nR_d}{R_0 + nR_s} e^{-\frac{t}{\tau'}}\right), \text{ де } \tau' = \frac{(R_0 + nR_s)R_d C_d}{R_0 + n(R_s + R_d)} = \frac{R_d C_d}{1 + \frac{nR_d}{nR_s + R_0}}$$

У випадку коли в електричному колі паралельно з'єднано n СД, використовували провідність еквівалентної схеми світлодіода:

$$G(p) = \frac{R_d C_d p + 1}{R_s R_d C_d p + R_s + R_d}.$$

Наростання струму в колі з n паралельно з'єднаними світлодіодами при подачі імпульсу напруги описується рівнянням:

$$i(t) = \frac{nU_0}{R_s + R_d + nR_0} \left(1 + \frac{R_d}{R_s + nR_0} e^{-\frac{t}{\tau''}}\right), \text{ де } \tau'' = \frac{(R_s + nR_0)R_d C_d}{R_s + R_d + nR_0} = \frac{R_d C_d}{1 + \frac{R_d}{R_s + nR_0}}$$

Перейдемо до аналізу перехідних процесів, коли вимикається джерело ЕРС і струм в електричному колі починає спадати. Операторна схема електричного кола з світлодіодом при відключенні джерела напруги зображена на рис. 2.

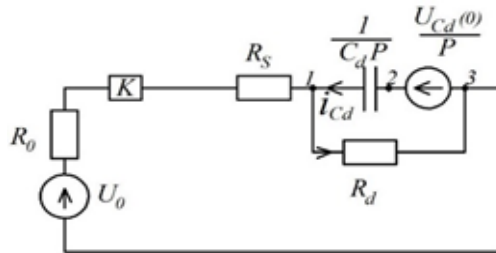


Рисунок 2 – Операторна схема електричного кола з СД при відключенні джерела напруги

При розмиканні ключа K перехідний процес буде зосереджений в електричному контурі (123) і буде визначатися динамікою струму i_{cd} , а спадання струму i_1 буде визначатися параметрами ключа K , з'єднувальних елементів та внутрішнім опором джерела U_0 .

Рівняння електричної рівноваги у виділеному контурі:

$$i_{cd}(p) \left(\frac{1}{C_d p} + R_d\right) = \frac{U_{cd}(0)R_d}{p(R_0 + R_s + R_d)}, \text{ де } U_{cd}(0) = U_{cd}(-0) = \frac{U_0 \cdot R_d}{p(R_0 + R_s + R_d)}.$$

Корінь характеристичного рівняння $p = -\frac{1}{R_d C_d}$ і, відповідно, постійна часу спадання

струму в контурі $\tau_2 = R_d C_d$.

Спадання струму в електричному колі з світлодіодом, при відключенні джерела напруги, описується рівнянням:

$$i_{cd}(t) = \frac{U_0}{R_0 + R_s + R_d} e^{-\frac{t}{\tau_2}}.$$

Аналогічна картина перехідного процесу буде спостерігатися і в електричних колах з послідовним, або паралельним з'єднанням світлодіодних джерел світла.

Для експериментальних вимірювань було взято два типи світлодіодів: FYL-3014 і ARPb L-1W червоного, зеленого, синього та білого свічення електричною потужністю 0,1, 1 та 3 Вт,

світлодіодний модуль із збірних однокорпусних СД матриць (10 Вт) та світловий прилад (СП) ДО73У виробництва ВАТ Ватра із змішаним їх з'єднанням. Світлодіоди FYL-3014 потужністю 0,1 живились від генератора SIGLENT SDG 1050 П-подібними імпульсами, частота яких змінювалася в межах 1-500 кГц і заповнення 30-95%. Для живлення СД FYL-3014 і ARPb L-1W 1 та 3 Вт, а також СП, додатково використовували електронний ключ, схема якого приведена в роботі [3].

На рис. 3 подані осцилограми переднього та заднього фронту імпульсу струму для одного та трьох паралельно і послідовно з'єднаних СД FYL-3014 білого свічення. Аналізуючи динаміку наростання та спадання струму в колі з СД було встановлено, що в переважній більшості випадків вона має дві складові, швидку і повільну. Для її характеристики використали інтервал часу між моментами, що становлять 10% і 90% від усталеного значення.

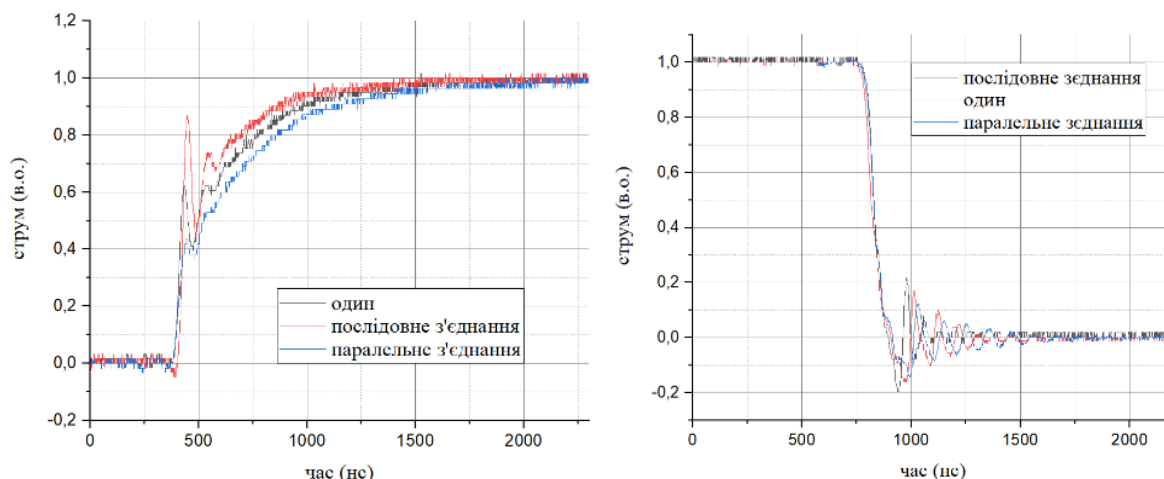


Рисунок 3 – Осцилограми переднього та заднього фронту імпульсу струму

Також були проведені вимірювання динаміки світлового потоку як для окремих СД, так і для їх послідовного, паралельного та змішаного з'єднання. Постійна наростання світлового потоку для окремих СД та їх послідовного і паралельного з'єднання лежить в межах 500–600 нс. Спадання світлового потоку має дві складових: швидку – 100–120 нс і повільну – 500–600 нс. Динаміка світлових імпульсів добре узгоджується з перехідними процесами струму в колі з даними джерелами світла, а їх невелику різницю можна пояснити особливостями рекомбінаційних процесів в активній області гетеропереходу. Таким чином, для частотного живлення світлових приладів із СД джерелами світла, можна використовувати драйвери з максимальною частотою імпульсів $8 \cdot 10^5$ Гц.

Список використаних джерел

1. Shi, D., Li, J., Liu, Y., Shi, L., Huang, Y., Wang, Z., Vladimirescu, A. Effect of Illumination Intensity on LED Based Visible Light Communication System. In *2020 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting*. Pp. 1-4.
2. Perlaza, J. S. B.; Torres, J. C.; Morales, M.; Martínez-Sarriegui, I.; Valle, C. del I.; Sánchez Pena, J. M. (2021). Characterization of high-power white leds for VLC applications. In: *Measurement: Sensors. Proceedings of XXIII IMEKO World Congress, Yokohama, Japan. 2021. Vol. 18.*
3. Андрійчук В., Наконечний М., Осадца Я., Філюк Я. (2021). Дослідження світлодіодних джерел світла у випадку імпульсного живлення. *Технічна електродинаміка*, (1), 068. <https://doi.org/10.15407/techned2021.01.068>
4. Андрійчук В., Костик Л., Філюк Я., Наконечний М. (2024). Дослідження перехідних процесів в електричному колі з світлодіодами. *Технічна електродинаміка*, (2), 087. <https://doi.org/10.15407/techned2024.02.087>

ПРИЛАДИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА НА ВІДПОВІДНІСТЬ ДСТУ 3649

Шабашкевич Борис Григорович,
кандидат технічних наук,
директор ТОВ НВФ «Тензор»
Добровольський Юрій Георгійович,
доктор технічних наук,
заступник директора ТОВ НВФ «Тензор»
Юр'єв Василь Григорович,
провідний метролог
ТОВ «НВФ «ТЕНЗОР», м. Чернівці, Україна.
E-mail: td_tenzor@ukr.net

Вимірювання параметрів світлового середовища залишається актуальним завданням сучасної світлотехніки. Зокрема, розвиток в Україні сучасної мережі станцій технічного огляду та сертифікації автомобілів потребує контролю характеристик зовнішніх світлових приладів, якими вони обладнані, за допомогою вітчизняних засобів вимірювання.

Тому метою роботи є створення конструкцій приладів для вимірювання показників світлового середовища на відповідність вимог ДСТУ 3649 [1]:

1. Сили світла, створюваної зовнішніми світловими приладами автомобіля;
2. Частоти проблесків покажчиків поворотів автомобіля;
3. Світлопропускання стекол автомобіля.

В якості базової конструкції для розробок була використана апаратно-програмна платформа фотометра Екотензор-03 [2]. Але, у кожному з вище перелічених випадків ця платформа дороблялася згідно висунутих вимог.

Для вирішення першого і другого завдання розроблений фотометр Екотензор-03М, який вимірює силу світла, автомобільних фар у діапазоні від 0,1 до $2,25 \times 10^5$ кд з роздільною здатністю 0,01 кд і границею допустимої основної похибки при вимірюванні сили світла не більше ніж $\pm 15,0$ %.

Також прилад забезпечує вимірювання частоти проблесків покажчиків поворотів від 30 хв^{-1} до 150 хв^{-1} з границею допустимої основної відносної похибки вимірювання частоти проблесків не більше ніж ± 15 %. Живлення приладу здійснюється від вбудованої батареї гальванічних елементів (типу ААА, 1,5В – 4 шт.) напругою 6 В. Зовнішній вигляд фотометра Екотензор-03 наведено на рисунку 1.



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд фотометра Екотензор-03



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд приладу ТЕНЗОР-81

Для забезпечення вище зазначених характеристик була доопрацьована апаратна частина приладу, а саме – застосований фотодіод ФД-288 для забезпечення вимірювання 0,01 кд на відстані 5 метрів від джерела світла. Також розроблений алгоритм обробки фотосигналу при вимірюванні частоти пробісків покажчиків поворотів, який враховує зміну амплітуди пробіску у часі.

Для розв'язання третього завдання розроблено вимірювач світлопропускання скла ТЕНЗОР-81, який вимірює пропускання скла від 0 до 100 % з роздільною здатністю 0,1 % і границею абсолютної похибки вимірювання не більше ніж $\pm 1,0$ %. При цьому прилад здатен забезпечувати вимірювання на зразках скла товщиною до 18 мм. Живлення приладу – батарея гальванічних елементів 6 В (4x1.5V AAA). Зовнішній вигляд приладу наведено також на рисунку 2. Особливістю приладу є його динамічна оптична система, яка з високою точністю фокусує тестовий промінь на фоточутливу площину фотодіода не залежно від взаємного розташування випромінюючої частини.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 3649:2010 (Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання).
2. Shabashkevych B. G. Devices of RPC "TENZOR" for investigation of physical environmental factors / B. G. Shabashkevych, Yu. G. Dobrovolskyi // Український метрологічний журнал. - 2017. - № 3. - С. 29-31. - URL: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.3.2017.114703>

УДК 628.98

СВІТЛОДІОДНІ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ З ШИРОКИМ ДІАПАЗОНОМ НАПРУГ ЖИВЛЕННЯ

Пекур Демид Володимирович,

PhD, старший дослідник

Корнага Василь Ігорович,

кандидат технічних наук,

Сорокін Віктор Михайлович,

доктор технічних наук, професор

Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України

E-mail: demid.pekur@gmail.com

Нестабільне електропостачання створює значні труднощі для повсякденного життя людей [1] і призводить до значних економічних втрат [2, 3]. Сьогодні енергетичний сектор України зіткнувся окрім звичних для світової спільноти викликів пов'язаних з природними катастрофами та кібератаками [4], зі ще більш складними викликами, а саме військовими діями на території нашої держави.

Одним із шляхів створення безперебійного освітлення в умовах нестабільного електропостачання є забезпечення можливості роботи систем освітлення не тільки від загальної мережі електроживлення (220 В/50 Гц), а і від відновлюваних джерел енергії (сонячні батареї, вітрогенератори тощо) чи сучасних систем накопичення енергії на основі акумуляторних батарей, іоністорів [5]. Наявні на сьогодні системи комбінованого електроживлення з накопичувачами енергії зазвичай мають втрати на кількох ступенях перетворень напруги. У випадку резервного живлення систем освітлення від накопичувачів (акумуляторних батарей) відбуваються втрати (до 15-20%) при накопиченні енергії та зниженні напруги для заряджання акумуляторних батарей (зазвичай вони мають загальну напругу постійного струму до 100 В, але переважно 12-24 В). Додаткові втрати (до 15%) виникають при необхідності перетворення постійної напруги в напругу змінного струму

(220 В/50 Гц) для живлення систем освітлення розрахованих на роботу від загальної мережі електропостачання. В системах у будові яких присутні відновлювані джерела енергії, наприклад сонячні батареї (робоча напруга складає зазвичай 24-48 В), стає актуальним розроблення нових систем освітлення з відсутньою потребою у перетворенні рівнів та типу напруги (змінного та постійного струму) між накопичувачем та системою освітлення. Системи перетворення рівнів та типу напруги передбачають вбудовані функції регулювання вихідних напруг, що дозволяє їх використовувати в умовах перепаду напруги загальної мережі електроживлення, однак, платою за це є втрати енергії при стабілізації напруги.

У зв'язку з вище наведеним, метою даної роботи є демонстрація експлуатаційних можливостей нових світлодіодних систем освітлення побутового та спеціального призначення з широким діапазоном напруг живлення.

Системи освітлення з широким діапазоном напруг живлення можуть використовуватися як для освітлення побутових та промислових приміщень, об'єктів спеціального призначення, зокрема, бомбосховищ, об'єктів укриття та приміщень з відсутнім природнім освітленням. Конструкція розроблених систем освітлення дозволяє використовувати широке коло джерел електроживлення як постійного струму (з напругою від 16 до 300 В), так і змінного (від 36 до 250 В). Показано, що використання в конструкції даних джерел світла світлодіодів Samsung LM301H дозволило забезпечити ефективність розроблених систем освітлення понад 150 лм/Вт при потужності споживання системи освітлення близько 11 Вт. В роботі наведено особливості функціонування розроблених світлодіодних систем освітлення побутового та спеціального призначення з широким діапазоном напруг електроживлення.

Роботу виконано за підтримки Національного фонду досліджень України в рамках грантового дослідницького проєкту №2022.01/0037.

Список використаних джерел

1. Vennemo H., Rosnes O., Skulstad A. The cost to households of a large electricity outage. *Energy Economics*. 2022. P. 106394. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106394>
2. Zachariadis T., Poullikkas A. The costs of power outages: A case study from Cyprus. *Energy Policy*. 2012. Vol. 51. P. 630–641. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.09.015>
3. Zachariadis T., Poullikkas A. The costs of power outages: A case study from Cyprus. *Energy Policy*. 2012. Vol. 51. P. 630–641. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.09.015>
4. Data-Driven False Data Injection Attacks against Cyber-Physical Power Systems / J. Tian et al. *Computers & Security*. 2022. P. 102836. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2022.102836>
5. Коломзаров Ю. В., Костильов В. П., Сорокін В. М., Ніколаєнко Ю. Є., Пекур І. В., Корнага В. І., Коркішко Р. М. Екологічні проблеми освітлення та перспективи застосування енергоощадних світлодіодних освітлювальних систем з комбінованим електроживленням. *ТКЕА*. 2020. №1-2. С. 3-9. DOI: 10.15222/ТКЕА2020.5-6.03

СЕКЦІЯ 1

***МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ
В СВІТЛОТЕХНІЦІ. БЕЗПЕКА РУХУ ТА ВПЛИВ ШТУЧНОГО
ОСВІТЛЕННЯ НА ЛЮДИНУ. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ
СВІТЛОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ. ІНТЕГРОВАНЕ,
АРХІТЕКТУРНЕ ТА ХУДОЖНЄ ОСВІТЛЕННЯ***

УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕМЕНТІВ

Біленький Олексій Сергійович,

аспірант

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: Bilenkyi.Oleksii@kname.edu.ua

У зв'язку зі швидким розвитком світової сонячної фотоелектричної промисловості випробування продуктивності та оцінка сонячних модулів є дуже актуальним питанням, де особлива увага приділяється електричним характеристикам модулів, а саме кривій напруги та струму. Такі випробування повинні відповідати вимогам єдності вимірювань, а методи їхнього проведення мають бути стандартизованими, що дозволить одержувати надійні відтворені результати. Підвищення точності вимірів електричних величин сонячних елементів та встановлення їх залежностей від зовнішніх факторів повинно дозволити отримувати дані, що характерні не тільки стандартним контрольованим умовам лабораторних досліджень, а і достатньо наближених до експлуатаційних, де сонячні модулі працюють під сонячним світлом у відкритому середовищі. До основних характеристик сонячних елементів відносяться: напруга холостого ходу, струм короткого замикання, вольт-амперна характеристика та ефективність перетворення (ККД). Ефективність перетворення сонячного елемента визначається як відношення його максимальної електричної потужності до загальної потужності падаючих на його фотоприймальну поверхню фотонів. Слід зазначити, що метрологічна атестація фотоприймачів сонячної енергії являє собою комплексну роботу, для виконання якої необхідно розробити апаратні засоби і методики для проведення випробувань, що будуть відповідати нормативним вимогам та стандартам у сфері електричних технологій, якими займається Міжнародна електротехнічна комісія (ІЕС) спільно з Міжнародною організацією із стандартизації (ІСО).

Для оптимізації процесу та підвищення точності вимірів було вирішено зайнятися розробкою установки для дослідження параметрів сонячних фотоелементів. Автоматизація контрольовано-вимірювальних процесів дасть змогу більш повно дослідити характеристики сонячних фотоелементів та їх залежність від заданих параметрів: кут між віссю падіння світла та фотоприймальною площиною (дослідження коефіцієнтів поглинання і відбиття дослідних зразків сонячних фотоелементів); наявність засобів (лінз або дзеркал) фокусування світлового випромінювання на фотоприймальну площину (дослідження ефективності оптичних систем або засобів спрямованих на підвищення характеристик сонячних фотоелементів); робоча температура сонячного фотоелемента (дослідження залежності вихідних напруги і струму від температури сонячного фотоелементу). Основні вимірювання спрямовані на одержання вольт-амперних характеристик та дослідження спектральної чутливості сонячних фотоелементів.

Список використаних джерел

1. Ключ М.І., Костильов В.П., Макаров А.В., Черненко В.В. Метрологічні аспекти випробувань фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії // Складні системи і процеси. — 2007. — № 1. — С. 42-50.
2. T. I. Frolova, G. I. Churyumov, V. M. Vlasyuk and V. P. Kostylyov, "Combined Solar Simulator for Testing Photovoltaic Devices," 2019 1st Global Power, Energy and Communication Conference (GPECOM), Nevsehir, Turkey, 2019, pp. 276-280, doi: 10.1109/GPECOM.2019.8778607.

НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ДО СВІЛОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Далека Василь Хомич,

доктор технічних наук, професор

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: dalekavf@ukr.net

Будниченко Валерій Борисович,

кандидат технічних наук, доцент

Національний транспортний університет, м. Київ

E-mail: budnrb@i.ua

Коваленко Андрій Віталійович,

кандидат технічних наук, доцент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: avmyk@ukr.net

Відповідно до перспективних державних програм економічного розвитку України передбачається перехід на використання для міських пасажирських перевезень електричного транспорту та рухомого складу з паливними елементами. Це повинно значно зменшити шкідливий вплив транспорту на навколишнє середовище та здоров'я мешканців міст.

Основна задача міського електричного транспорту – це надання якісних транспортних послуг, що включають, в першу чергу, безпеку, комфорт та регулярність пасажирських перевезень. Якість транспортних послуг у визначній мірі залежить від конструкції та рівня технічного стану рухомого складу. Особливо це відноситься до систем, що безпосередньо забезпечують відповідний рівень безпеки руху та комфорту поїздки, зокрема, до світлотехнічних систем та пристроїв транспортних засобів (ТЗ).

Міський електротранспорт характеризується специфікою використання світлотехнічних пристроїв, особливостями системи їх живлення, монтажу, технічного обслуговування тощо, що потребує вирішення актуальних питань конструкції кузова, заміни елементів світлотехнічних систем більш новими під час виконання ремонтів, а, особливо, при модернізації транспортних засобів [1].

Метою роботи є підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів за рахунок удосконалення світлотехнічних систем рухомого складу міського електротранспорту.

Враховуючи світову однозначність інформативності систем освітлення, сигналізації та світлових пристроїв транспортних засобів встановлено єдині міжнародні вимоги до цих систем [1-4].

Державним стандартом України ДСТУ UN/ECE R 48-02:2002 "Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів стосовно встановлення засобів освітлення та світлової сигналізації" (Правила ЄЕК ООН № 48-02:2001, IDT) регламентовано основні вимоги до світлотехнічних систем і пристроїв [2].

Відповідно до прийнятої міжнародної та національної класифікації система освітлення і сигналізації ТЗ складається з двох підсистем (рис. 1).

Але в останні роки у зв'язку з широким впровадженням на транспорті інформаційних технологій та цифрових пристроїв доцільно виділити третю підсистему – інформаційну, що включає відповідні технічні засоби для надання інформації пасажирам та водію.

Ця інформація відповідно до рисунку 1 може включати дані режимів руху, діагностування систем, що забезпечують безпеку руху тощо в кабіні водія, для пасажирів в салоні – зупинки, дані маршрутів, реклама тощо. Систематизація цих питань дозволить прискорити впровадження інформаційних технологій.

З введенням в дію на території України міжнародних стандартів „Правил ЄЕК ООН № 48”, що стосуються вимог до зовнішніх світлових пристроїв актуальною стала задача

уніфікації зовнішніх світлових пристроїв рухомого складу міського електротранспорту, зокрема, трамвайних вагонів з іншими дорожніми транспортними засобами. Для цього було розроблено нормативний документ – ДСТУ 4798:2007 Вагони трамвайні пасажирські. Розташованість зовнішніх пристроїв освітлення та світлової сигналізації. Технічні вимоги та методи контролювання. (Зі зміною № 1:2015) [4]. Де було встановлено вимоги до пристроїв освітлення та світлової сигналізації, які впливають на безпеку дорожнього руху, а також визначено вимоги до розташування пристроїв освітлення й сигналізації та їх кутів геометричної видимості за переліком рисунку 1.

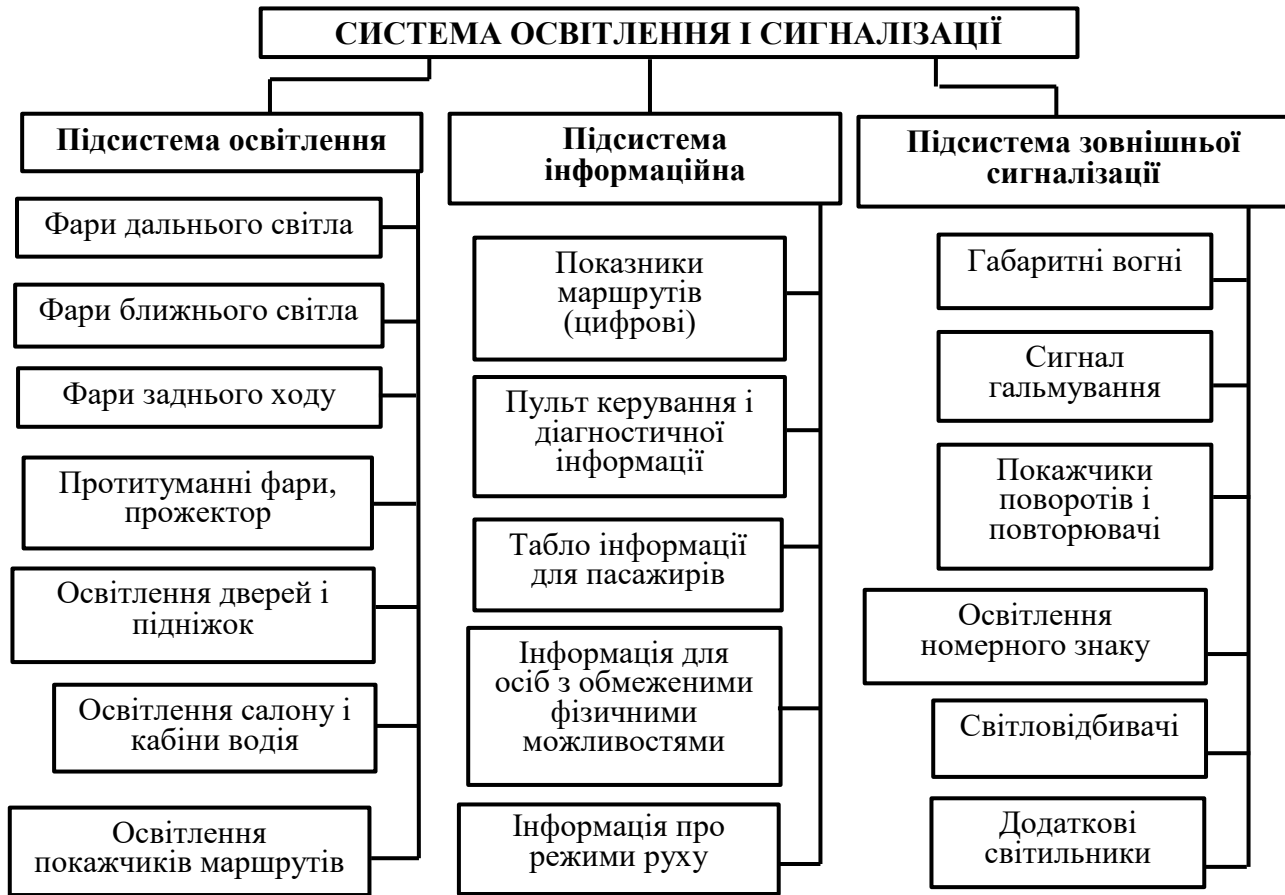


Рисунок 1 – Блок-схема системи освітлення та сигналізації з інформаційною підсистемою

Таким чином для міського електричного транспорту є актуальним виконання досліджень з провадження інформаційних технологій та уніфікації світлотехнічних систем та пристроїв, вирішення питань безпеки та комфорту поїздок.

Список використаних джерел

1. Підвищення рівня ресурсозбереження при експлуатації світлових приладів рухомого складу міського електротранспорту / В. Х. Далека, П. П. Говоров, В. Б. Будниченко // Світлотехніка та електроенергетика. – 2006. – № 7–8. – С. 29–36.
2. ДСТУ UN/ECE R 48-02:2002 "Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів стосовно встановлення засобів освітлення та світлової сигналізації" (Правила ЄЕК ООН № 48-02:2001, IDT)
3. ДСТУ UN/ECE R 7-02:2002 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження підфарників, задніх габаритних (бічних) вогнів, стоп-сигналів і контурних вогнів дорожніх транспортних засобів (за винятком мотоциклів) та їхніх причепів (Правила ЄЕК ООН № 7-02:1992, IDT)
4. ДСТУ 4798:2007. Вагони трамвайні пасажирські. Розташованість зовнішніх пристроїв освітлення та світлової сигналізації. Технічні вимоги та методи контролювання. Зі зміною № 1:2015.

СВІТЛОВІ ПРИСТРОЇ ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДІВ

Кульбашна Надія Іванівна,
кандидат технічних наук, доцент,
Гніденко Максим Сергійович,
здобувач,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail: kulbakanadia810@gmail.com

Пішохідні переходи, навіть обладнані світлофорами, є зонами підвищеної небезпеки, яка збільшується у декілька разів в умовах темного часу доби. Важливою складовою інженерно-транспортної інфраструктури міста є зовнішнє освітлення міста. Згідно з [1] вулиці та дороги повинні забезпечуватися світильниками вуличного освітлення. Правильно спроектоване освітлення вулиць створює комфорт і безпеку пішоходів в темний час доби. Дослідження свідчать, що якісне зовнішнє освітлення підвищує продуктивність зорового апарату людини і на дорогах сприяє зниженню кількості дорожньо-транспортних пригод на 30 %, а в зонах перехресть – на 45 % [2]. За європейськими дослідженнями кількість нещасних випадків на освітлених пішохідних переходах на 74 % менше ніж на пішохідних переходах, які мають погане освітлення. Застосування на пішохідних переходах дорожніх знаків і розмітки не завжди ефективно через стирання дорожньої розмітки і обмеження видимості дорожніх знаків.

Неосвітленість пішохідних переходів у містах створює велику проблему і людину, якщо вона виходить на дорогу в темний час доби, водії практично не можуть помітити. Тому запропоновуються рішення покращення освітлення пішохідних зон так, щоб пішохода було видно в різних погодних умовах і в різний час доби, водій міг розпізнавати силует пішохода, а пішохід – обстановку навколо. Встановлення спеціального вуличного освітлення має враховувати низку особливостей зорового сприйняття об'єктів в неосвітлених місцях.

В сучасній закордонній та вітчизняній практиці організації руху використовують такі види заходів: застосування на острівцях безпеки світлових маячків, встановлених на острівцях і на крайки тротуарів [3], світлових табло з відображенням обмеження швидкості руху транспортного засобу перед пішохідним переходом; нанесення на проїзній частині дороги білих хвилястих ліній до і після пішохідного переходу; позначення пішохідних переходів розміткою або дорожнім покриттям іншого кольору (червоним або білим, виконаними, наприклад, за допомогою холодного пластику зі світловідбиваючими склакульками); обладнання проїзної частини штучними нерівностями, які можуть бути виконані як додаткові генератори електричної енергії і для освітлення знаків і табло пішохідного переходу [2 – 4].

Світло має відрізнятися за колірністю від загального вуличного освітлення, що створює додаткову сигнальну дію. Краще розрізняють пішоходів, коли ті з'являються, як світлі об'єкти на темному фоні, для чого світильник краще розташувати між водієм і пішоходом з направленням світла в напрямку руху автомобіля [4]. Нові технічні рішення застосовують «повітряну зебру», яка дублює малюнок зебри над проїзною частиною проєкційними лампами, або виконання зебри, яка складається із світлових сонячних панелей, застосування світлової індикації на знаках – це миготливі жовті ліхтарі на пішохідних переходах, позитивний ефект дають і вбудовані у світлодіодні світлофори індикатори часу до зміни сигналу, якими керуються пішоходи і водії. Також застосовують: червону підсвітку переходу, освітлювальні смуги для дублювання сигналів світлофора, контрастне освітлення з двох світлодіодних прожекторів.

Водночас обрана система освітлення, джерела світла та системи керування повинні бути енергоефективними, з цією метою широко впроваджуються напівпровідникові LED-джерела світла, які мають вищу світлову віддачу, більший термін служби, екологічність тощо. Через обмежений бюджет приймаються рішення про відключення зовнішнього освітлення на

дорогах в нічний час, тому облаштування пішохідних переходів забезпечують сонячними батареями. Виробники пропонують [2] автономну систему освітлення пішохідного переходу, яка живиться від сонячних панелей, має світлофор і датчик руху, який вмикає світлодіодний світильник тільки в разі появи пішохода у темний час доби, а система імпульсної індикації зі світлофором допомагає водіям за десятки метрів ідентифікувати пішохідний перехід і задіяти безпечний режим руху.

Проаналізовані наукові публікації щодо систем освітлення пішохідних переходів свідчать про роботу вчених за напрямками не тільки загальних питань якісного або додаткового освітлення для забезпечення безпеки та енергоефективності роботи освітлювальних установок, а і підвищення ефективності і надійності засобів освітлювання за рахунок підвищення коефіцієнту корисної дії і захисту від нагрівань і швидкому зношенню.

Для освітлення нерегульованого пішохідного переходу може бути запропонована система з світлодіодними прожекторами, знаками пішохідного переходу зі світлодіодним підсвічуванням та проєкція знаку пішохідного переходу на асфальт з встановленням на опорах з обох боків пішохідного переходу сонячних батарей, які з'єднані з електронно-аккумуляторним блоком та блоком керування з інтелектуальним контролером, що вимірює рівень зарядки і розподіляє накопичену енергію на весь час роботи системи. Датчики руху і освітлення розташовані на опорі: фоторезистор визначає настання темного часу доби, а ультразвуковий далекомір з певним діапазоном дії визначає звук кроку пішохода. Датчики руху з'єднані синхронізаторами, які посилають радіочастотний сигнал до датчика руху з протилежного боку переходу. Для досягнення малих пульсацій вихідного струму і високого коефіцієнту корисної дії світлодіодних світильників при змінюванні опору навантаження в широких межах, має бути застосоване джерело стабільного струму на польовому транзисторі, охопленого негативним зв'язком за напругою стік-вітік.

Отже, увесь спектр новітніх засобів і технологій для підвищення надійності, ефективності і якості освітлювальних установок дає змогу забезпечити безпеку руху пішохідів у вуличному просторі.

Список використаних джерел

1. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28:2018. – [Чинний від 03.10.2018]. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 137 с. – (Державні будівельні норми).
2. Поталіцин С. Ю. Енергоефективне освітлення нерегульованих пішохідних переходів / С. Ю. Поталіцин, В. М. Мацко // Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». – ТНТУ, 2016. – С. 190–190.
3. Руденко Д. В. Аналіз способів інформування учасників дорожнього руху на нерегульованих пішохідних переходах / Д. В. Руденко, А. О. Кошелєв // Науковий вісник НЛТУ України, 2016. – Вип. 26.8. – С. 388–393.
4. Lighting requirements for pedestrian crossings – positive contrast / P. Tomczuk, K. Jamroz, T. Mackun, M. Chrzanowicz // MATEC Web of Conferences 262. – 05015, 2019. – С. 1–6.

УДК 628.94

СВІТЛОВИЙ ЕЛЕМЕНТ РЕКЛАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Литвиненко Анатолій Савелійович,

кандидат технічних наук, доцент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: Litvinenko_as@ukr.net

Широке впровадження світлодіодних технологій дозволило створити оптимальні освітлювальні прилади, зумовило загальні тенденції освітлення: енергоефективність,

економічність, безпека використання, пожежна безпека, тривалий термін служби, інтелектуальне управління та інше.

Світлодіодна реклама має такі переваги як висока інформативність (завдяки яскравим, привабливим елементам інформація гарантовано буде помічена і сприйнята споживачем), тривалий термін служби, широкі можливості дизайну (можна обрати оптимальний розмір, форму, тип підсвітки).

В розробленому елементі рекламних конструкцій у якості джерела випромінювання використовуються світлодіоди різної кольоровості. Сам елемент представляє собою планарний світловод довільної форми, випромінювання в який спрямовується за допомогою волоконного світловода, який приєднується перпендикулярно площині світлового елемента.

При необхідності, волоконний світловод може використовуватись для кріплення елемента рекламних конструкцій в просторі. За рахунок зміни системи вводу випромінювання в пластмасовий світловод, стає можливим зменшити товщину і вагу пластмасового планарного світловода. Окрім цього, світловий елемент може працювати в динамічному режимі. Його можна використовувати для відображення складних тривимірних об'єктів в рекламних проектах, а також в оригінальних декоративних світильниках та подарункових виробках.

Список використаних джерел

1. Литвиненко А. С. Світлові прилади: навч. посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів / А. С. Литвиненко, О. Л. Черкашина; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 125 с.
2. Розрахунок і конструювання оптико-електронних приладів : навч. посібник / А. С. Литвиненко, Г. О. Петченко, О. М. Ляшенко, О. М. Діденко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 139 с.

УДК 621.384.3

ТРАП-ДЕТЕКТОР ІЗ ЗМІННИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ПОГЛИНАННЯ

Литвиненко Анатолій Савелійович,

кандидат технічних наук, доцент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: Litvinenko_as@ukr.net

Подальший успішний розвиток таких областей науки і техніки, як телекомунікації, медицина, світлотехніка, створення еталонів енергетичних і спектральних одиниць оптичного випромінювання пред'являє все більш високі вимоги до детекторів оптичного випромінювання. На сьогодні розроблені спеціальні типи кремнієвих фотодіодів, внутрішня квантова ефективність яких близька до одиниці. Разом з тим, похибка абсолютного виміру світлових потоків повністю визначається зовнішньою квантовою ефективністю фотоприймача, тобто втратами світла за рахунок відбиття і розсіювання вимірюваного потоку випромінювання. Проблема вирішується застосуванням трап-детекторів. Це пристрій для високоточного виміру випромінювання оптичного діапазону. У таких пристроях випромінювання частково поглинається фотодіодом, а частково відбивається (перенаправляється) на сусідній фотодіод і так далі в ланцюзі фотодіодів, або повторно спрямовується на фотодіод дзеркалами. Таким чином практично все оптичне випромінювання (включаючи відбите від поверхні фотодіода) перетворюється в фотострум. У таких детекторах квантова ефективність перевищує значення 99,9%. Разом з тим, збільшення кількості відбиттів призводить до зменшення вхідної апертури. А крім того, досвід застосування трап-детекторів показав, що основним джерелом похибки вимірювань є неточність просторового

юстування положення трап-детектора щодо вхідного в нього (вимірюваного) оптичного променя. При попаданні вхідного оптичного променя в середину вхідної діафрагми трап-детектора, та суворій фіксації положення відбитого після проходження трап-детектора променя, можна домогтися істотного зменшення похибки вимірювань. Запропонована конструкція трап-детектора із змінним коефіцієнтом поглинання має два режими роботи - режим попереднього юстування (чотири внутрішніх відбиття вхідного променя) і режим вимірювань (сім внутрішніх відбиттів вхідного променя). Це дозволяє істотно підвищити точність вимірювань за рахунок зменшення похибок, спричинених неточним розміщенням трап-детектора відносно вимірюваного світлового променя. При цьому вхідна апертура трап-детектора в порівнянні з відомими конструкціями збільшується по площі більш ніж на 80%. Відбитий сигнал у режимі попереднього юстування не надсилається в лазерне джерело, що підвищує точність установки трап-детектора для проведення вимірювань. Така конструкція буде корисною при розробці високоточних засобів для прецизійних вимірювань фотометричних, радіометричних характеристик джерел і приймачів випромінювань.

Список використаних джерел

1. Palmer J.M. Alternative Configurations for Trap Detectors // Metrologia. - 1993. - №30. - P. 327-333.
2. Еталонний трап-детектор / Л. А. Назаренко, А. С. Литвиненко, Д. П. Зубков та ін. // Світлотехніка та електроенергетика. – Харків : ХНАМГ, 2011. – № 2. – С. 34–38.

УДК 681.785.57

ЗАСТОСУВАННЯ СВІТЛОДІОДІВ ДЛЯ РЕФЛЕКТОМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ МЕТОДОМ СПЕКТРАЛЬНОЇ ІНТЕРФЕРОМЕТРІЇ

Лукін Костянтин Олександрович,
доктор фізико-математичних наук, професор,

Татьянко Дмитро Миколайович,
кандидат фізико-математичних наук,

Земляний Олег Васильович,
кандидат фізико-математичних наук

Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України

E-mail: tatyanko@ukr.net

Вступ.

Оптична рефлектометрія є невід'ємним метрологічним інструментом для обслуговування волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ).

Сучасні оптичні рефлектометри – це прилади, які дозволяють вимірювати основні параметри ВОЛЗ, визначати довжину оптичних ліній, відстань до неоднорідностей оптичного волокна (зварювань, точок з'єднань і т.і.), зворотні втрати, а також візуалізувати ушкодження оптоволоконна тощо [1, 2].

Принцип роботи оптичних рефлектометрів заснований на аналізі затримки часу зворотного розсіювання оптичних імпульсів, що випромінюються імпульсним лазером рефлектометра в оптичне волокно та відбиваються від його неоднорідностей (з'єднань, точок зварювання тощо).

Недоліком таких рефлектометрів є наявність так званої «мертвої зони» – ділянки оптичного волокна, на якій рефлектометр не може вимірювати тому, що потужність зондуючого імпульсу перевищує потужність сигналу, що вимірюється. Величина мертвої зони пропорційна довжині зондуючого імпульсу.

В якості альтернативи методу імпульсного зондування, що реалізовано в імпульсних рефлектометрах, пропонується рефлектометрія, що основана на методі спектральної інтерферометрії.

Метод спектральної інтерферометрії полягає у формуванні канавчастого спектру випромінювання за умови, що різниця плечей інтерферометра перевищує довжину когерентності джерела випромінювання. При цьому період повторення максимумів та мінімумів в результуючому спектрі обернено пропорційний відстані, що вимірюється.

Завдяки тому, що для реалізації методу спектральної інтерферометрії застосовується безперервне випромінювання, у приладів на базі цього методу відсутні «мертві зони».

Зазвичай в приладах на основі цього методу застосовують суперлюмінесцентні діоди, які є доволі коштовними пристроями. В якості широкосмугового джерела світла нами запропоновано застосувати над'яскраві світлодіоди (LED) [3].

Як правило, низько-когерентна техніка використовується для вимірювань із субміліметровою роздільною здатністю з дуже високою чутливістю, але тільки в межах обмеженого діапазону відстаней [4]. Для вимірювання великих відстаней, пропонується здійснювати модуляцію випромінювання напівпровідникових джерел світла, таких, як світлодіоди, шумовим сигналом.

Експериментальні дослідження.

Для реалізації методу спектральної інтерферометрії було досліджено різні типи широкосмугових джерел випромінювання. Зокрема проведено дослідження таких світлодіодів, як TLRH190P фірми Toshiba, OSHR5111P фірми OptoSupply та інфрачервоних світлодіодів EDEI-1LS3 фірми Edison Opto Corporation [3].

Методом спектральної інтерферометрії отримані канавчасті структури спектрів оптичних джерел, що розглядаються, на виході інтерферометрів (Майкельсона та Фабрі-Перо). При цьому різниця плечей інтерферометрів перевищувала довжину когерентності джерел випромінювання. Приклад канавчастого спектру світлодіода Toshiba TLRH190P, що утворився в результаті інтерференції в спектральній області наведено на рис. 1б. На рисунку 1а наведено початковий спектр світлодіода.

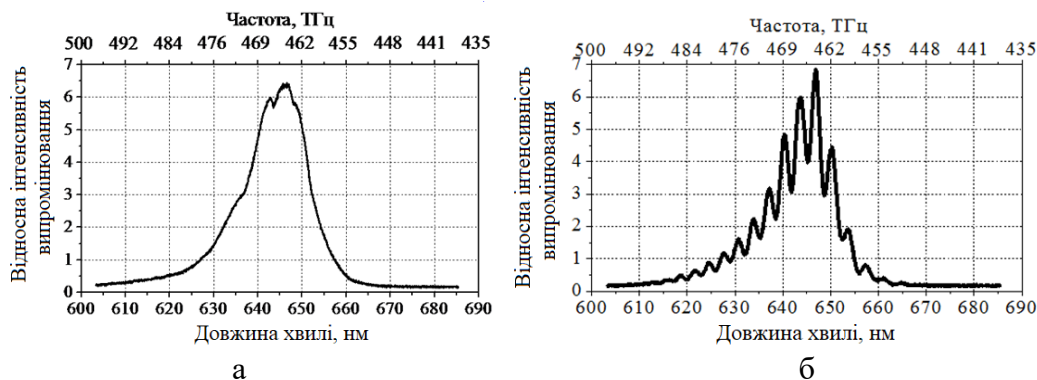


Рисунок 1 – а) спектр випромінювання світлодіода Toshiba TLRH190P; б) спектр випромінювання на виході інтерферометра Майкельсона з різницею плечей, що перевищує довжину когерентності джерела випромінювання

Такий підхід дозволив вимірювати мікрометричні відстані з похибкою в сотні нанометрів. Для вимірювання великих відстаней пропонується модулювати випромінювання широкосмугових джерел оптичного випромінювання, таких як світлодіоди, шумовим сигналом радіо діапазону і далі отримувати рефлекторами методом спектральної інтерферометрії, або оцінюванням крос-кореляційної функції.

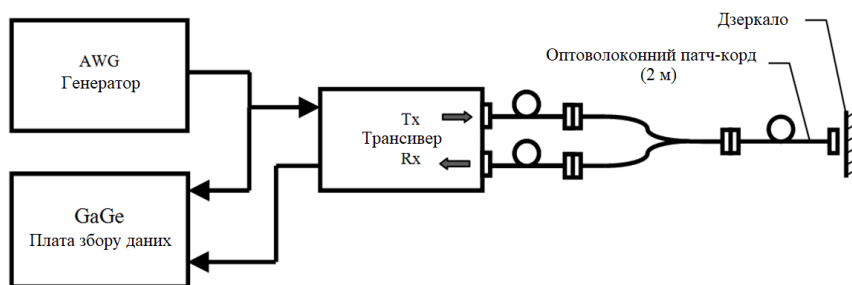
Для оцінки можливості таких вимірювань в роботі було застосовано метод оцінювання крос-кореляції для визначення довжини оптичного волокна. Експериментально реалізовано кореляційний оптичний рефлектометр, що складається з генератора сигналів довільної форми AWG, плати АЦП GaGe Acquisition, оптичного трансивера HFBR-5911LZ/ALF (рис. 2).

З генератора AWG модулюючий шумовий сигнал надсилається до трансивера та до одного каналу плати збору та обробки даних GaGe в якості опорного. Далі цей сигнал надсилається на вхід джерела трансивера та модулює випромінювання на його виході. Модульований оптичний сигнал далі надсилається у волоконно-оптичний розгалужувач. Потім сигнал частково відбивається від з'єднань оптичної системи та кінця волокна назад до розгалужувача і поширюється вздовж другого плеча розгалужувача до фотодетектора трансивера. З виходу фотодетектора трансивера сигнал надсилається на другий канал плати збору та обробки даних GaGe, і далі отримується кореляційна функція вхідних сигналів.

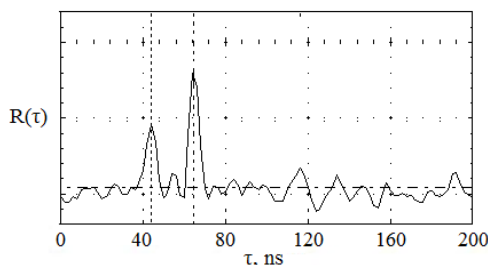
На рис. 2а наведено схему експериментальної установки з вимірювання довжини оптичного волокна, в якій до розгалужувача приєднали 2-метровий оптоволоконний патч-корд.

На рис. 2б представлена кореляційна функція сигналів у розглянутій схемі, яка є рефлектограмою волоконно-оптичної лінії. На кореляційній функції видно два піки, що відповідають відбиттю від з'єднань оптичного волокна. Знаючи показник заломлення оптичного волокна, що застосовується, можна визначити його довжину.

Таким чином, ми маємо експериментально отриману рефлектограму волоконно-оптичної лінії, на якій видно ділянку оптичного волокна довжиною 2 м.



а)



б)

Рисунок 2 – Блок-схема оптичного рефлектометра з кореляційною обробкою з 2-метровим патч-кордом (оптоволоконно) (а) та кореляційна функція, яка отримана за його допомогою (б)

Висновки.

В роботі описано результати досліджень в області вимірювання відстані методом спектральної інтерферометрії та перенесення спектру з оптичного діапазону в радіодіапазон. Було представлено модель нового шумового рефлектометра, заснованого на застосуванні над'яскравих світлодіодів.

Експериментальні дані показують можливість отримання рефлектограм оптичного волокна методами, що були застосовані. Роздільна здатність рефлектограм визначається роздільною здатністю вимірювального обладнання. Запропонований рефлектометр також дозволяє уникати «мертвих зон», оскільки він не використовує імпульси для вимірювання.

Таким чином були отримані рефлектограми на основі крос-кореляції та напрацьовані механізми для отримання рефлектограм оптичних волокон методом спектральної інтерферометрії.

Список використаних джерел

1. Listvin A.V. Reflectometry of optical fibers / A.V. Listvin, V.N. Listvin. – М .: LESARart, 2005. – 208 p.
2. Мачехин Ю.П. Оптичні вимірювання у волоконно-оптичних системах передачі інформації. Принципи та завдання розробки. / Ю. П. Мачехин, Е. П. Тимофєєв, А. І. Расчектаєва, Д. Н. Татьянко // Світлотехніка та електроенергетика. - 2008. - № 2. - С. 45-52.
3. К.А. Lukin. Nano-distance measurements using spectral interferometry based on light-emitting diodes. / К.А. Lukin, М.В. Danailow, Yu.Р. Machehkin, and D.N. Tatyanko // Applied radio electronics. – 2013. – V. 12, № 1. – P. 166-171.
4. К. А. Лукін, Д. Н. Татьянко, А. Б. Пих, О. В. Земляний. Вимірювання товщини оптично прозорих шаруватих структур методом спектральної інтерферометрії // Радіофізика та електроніка. – 2017, Т 8(22), № 1. – СС. 77-85.
5. К. А. Lukin, D. N. Tatyanko, O. V. Zemlyaniy, A. B. Pikh. Noise waveform reflectometer based on LED and spectral interferometry technique // Proc. of the Signal Processing Symposium (SPSymposium), Jachranka Village, Poland, Sept. 12-14, 2017, pp. 254-259.

UDC 628.98

DESIGN OF LIGHTING INSTALLATION IN CONDITIONS OF CIRCULAR ECONOMY

Liashenko Olena Mykolayivna,

candidate of technical sciences, associate professor

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

Email: olenalyashenko@kname.edu.ua

According to integrating processes to Europe Union and necessary of meeting its requirements and standards the crucial role plays taking into account of contemporary demands of circular economy while developing new lighting installations or its elements. The conception of circular economy is being provided in EU legislation consists of such basic phases as refuse, reform, reduce, reuse and final destination with minimum waste. When learning the phases in details it should be considered the processes: recycling end-of-life treatment, design, production and re-transformation, transportation and distribution, consumption, use, reuse and repair and collection.

The Europe Union strategy of waste operating provides the hierarchy with such phases: waste prevention, preparation for reuse, recycling, other recovery operations (including recovery with energy generation), disposal.

Among main legislative documents for regulation of the implementation of the circular economy action plan can be selected:

- Ecodesign Directive - for the waste of electric and electronic equipment;
- EU Strategy for sustainable textiles;
- EU Strategy for plastic and prohibition of disposable plastic products;
- Revision of the packaging directive (packaging has to be recyclable, reusable and recoverable).

At the same time, solid-state lighting technologies are the most efficient and applicable in the development of smart lighting systems for buildings and streets or urban area.

The one of main contemporary ecological problems that can be paid attention when developing some lighting device or system is utilization of destroyed or outdated equipment. LED luminaires contains a plastic diffuser that could be harmful if it has low quality material. Another valuable problems concerned wasting of destroyed lighting devices should meet requirements of utilizing electric and electronic equipment and sustainable textiles, for instance, textile lighting panels.

Taking to account the considered reasons the necessity of advanced choice when developing new or renovated lighting installation will provide reliable and high quality systems and its components which create a comfort and safety lighting environment and can be repaired or utilized.

References

1. Council of the European Union. Circular economy. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/circular-economy/#:~:text=A%20toxic%2Dfree%20environment&text=On%2024%20October%202022%2C%20under,plastics%2C%20and%20electronic%20equipment>).
2. Кращі європейські практики управління відходами. Під заг. редакцією Кравченко О. (2019). Компанія Манускрипт. ISBN 978-966-2400-74-8

УДК 628.9

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Мокрецов Ігор Олегович,
аспірант

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail: Igor.Mokretsov@kname.edu.ua

Розвиток альтернативної енергетики та світлотехніки спонукає людство приділяти все більше уваги до дослідження сонячного випромінювання. Дослідження сонячних елементів, впливу сонячної радіації на шкіру та біологію людини або на різні матеріали зобов'язує до створення більш досконалих імітаторів сонячного випромінювання.

Імітатор сонячного випромінювання має бути розроблений таким чином, щоб запропонувати інтенсивність і спектральний склад випромінювання, що буде максимально подібним до природного сонячного випромінювання та відповідати міжнародним стандартам. Метою імітатора сонячного випромінювання є забезпечення стабільного та керованого джерела освітлення в лабораторному середовищі. Такий імітатор необхідний, наприклад, для тестування впливу сонця на різні матеріали і покриття, тестування та покращення сонячних елементів. Основними компонентами імітатора сонячного випромінювання є джерело світла, джерело живлення, оптика/фільтри та засоби керування.

Імітатори сонячного випромінювання можна поділити на дві категорії в залежності від тривалості випромінювання. До першої категорії відносяться безперервні імітатори які забезпечують безперервний потік випромінювання протягом тривалого часу. До другої категорії відносяться імпульсні імітатори, що створюють серію спалахів тривалість в мілісекунди.

Існують два методи імітації сонячного випромінювання. До першого відноситься метод, при якому використовується джерело світла з широким спектром випромінювання, спектр якого за допомогою фільтрів та лінз коригується для відповідності сонячному. При другому методі бажаний спектр, випромінювання створюється за допомогою набору вузькосмугових джерел світла та оптики.

Найпоширенішими джерелами світла для імітатора сонячного випромінювання є ксенонові дугові лампи, металогалогенові дугові лампи, кварцові вольфрамові галогенні лампи та світлодіодні(LED) джерела випромінювання.

Останні 40 років на ринку домінували ксенонові дугові лампи, оскільки такі джерела світла мають відносно безперервний спектр від 300 нм до 2000 нм. Однак у порівнянні з світлодіодними джерелами світла системи на основі ламп мають нижчу стабільність у часі, вищу вартість експлуатації, а також менший термін служби.

Світлодіоди, на перевагу іншим джерелам світла, забезпечують стабільний вихід світла протягом тривалого часу, а також можливість його регулювання з роздільною здатністю 30 нм – 50 нм, завдяки чому здатні забезпечити більшу функціональність сонячного імітатора для різних досліджень. Крім того такі джерела світла є більш компактними, мають меншу вартість, менше енергоспоживання та довший термін служби. Завдяки цим факторам світлодіодні джерела випромінювання є більш перспективними для імітації сонячного випромінювання.

Список використаних джерел

1. B. Parida, S. Iniyar, and R. Goic, "A review of solar photovoltaic technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 3, pp. 1625–1636, Apr. 2011. DOI: 10.1016/j.rser.2010.11.032
2. Л. В. Фетюхіна, О. А. Бутова, М. С. Булавін Особливості моделювання автономної сонячної фотоелектричної системи / Електротехніка і електромеханіка. – 2016. – Спец. вип. до 22 Міжнар. наук.-техн. конф. "Силова електроніка та енергоефективність". № 4, т. 1, С. 69-74.

УДК 614.8

УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА БЕЗПЕКА НА ТРАНСПОРТІ

Мороз Микола Олександрович,

кандидат технічних наук, доцент

Гиренко Владислав Олександрович,

студент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: Mykola.Moroz@kname.edu.ua

В даний час транспортна інфраструктура стає об'єктом терористичних атак, оскільки вона є одним із найважливіших функціональних інструментів життя держави та суспільства. Транспортна інфраструктура приваблює терористичні організації масовим скупченням людей та зосередженням багатьох засобів пересування. До різних видів транспорту відносяться: автомобільний, повітряний, морський, залізничний та інші. Кожен вид транспорту має власні відмінні риси та особливості технологічного процесу. Важливим моментом організації процесу перевезень є безпека.

Транспорт досить часто стає причиною виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру – аварії та катастрофи. До транспортних аварій відносяться: дорожньо-транспортна пригода, залізнична аварія або катастрофа, аварії корабля та аварії судів, авіаційні катастрофи та інші. Тому система комплексного забезпечення безпеки на транспорті – це питання актуальне, особливо нині військових загроз та терористичних атак.

Комплексна система безпеки на транспорті передбачає сукупність організаційних заходів, спрямованих на транспортну сферу, створення взаємопов'язаних систем моніторингу, прогнозування та запобігання непередбаченим ситуаціям, небезпечним для життя та здоров'я пасажирів, а також вантажів, що перевозяться.

Комплексне забезпечення безпеки це контроль за потенційно небезпечними об'єктами та відповідним рівнем захисту, прийняття рішень щодо запобігання та ліквідації небезпечних ситуацій, оповіщення та інформування населення про можливі загрози та ознайомлення його з основними діями у разі непередбачених обставин. Основними загрозами безпеці населення на транспорті можуть бути: акти незаконного втручання на територію транспортного засобу, які мають терористичну спрямованість; загрози, що мають техногенний характер або спричинені природними катаклізмами.

Основними способами забезпечення безпеки на транспорті є: своєчасне попередження та ліквідація терористичного втручання; попередження та прогнозування актів техногенного

характеру та природних катаклізмів; ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру.

Реалізація системи безпеки на транспорті є одним із складових національної безпеки. До неї можна віднести оперативну систему реагування, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій; систему, що інтегрує європейське законодавство у сфері забезпечення безпеки та відповідає основним міжнародним нормам; функціонування взаємопов'язаних між собою автоматизованих інформаційних та аналітичних систем, які мають єдиний центр управління базами даних у галузі забезпечення транспортної безпеки; систему професійної підготовки, навчання та атестації фахівців у системі безпеки на транспорті; актуальна систему інформування та оповіщення населення про потенційно можливі загрози та систему державного контролю та моніторингу.

Список використаних джерел

1. Мороз М. О. Травматизм на залізничному транспорті та шляхи зниження впливу виробничих небезпек / М. О. Мороз, Є. О. Михайлова, А. С. Рогозін та ін. // Комунальне господарство міст. - 2023. – Т. 3. – Вип. (177). - С. 159–165.
2. Поглиблення відносин між ЄС та Україною/під ред. Майкла Емерсона і Вероніки Мовчан; (CEPS), Брюссель, (ІЕД). Київ, 2016. 267 с.
3. Аверічев І. М. Транспортна безпека як особливий вид економічної безпеки. 2013. Вип. 2. С. 53–57.

УДК 62

АНАЛІЗ ПОВІРКИ ОДНОКАНАЛЬНИХ ПІРОМЕТРІВ

Мочурад Олексій Петрович,
аспірант

Гоц Наталія Євгенівна,

доктор технічних наук, професор

Національний університет “Львівська політехніка”

E-mail: oleksii.p.mochurad@lpnu.ua

Безконтактний метод інфрачервоного вимірювання температури - використовується для вимірювання температури за тепловим випромінюванням об'єкта, не потребуючи прямого контакту з ним.

Розглянемо цифрові термометри інфрачервоного випромінювання, оскільки це найбільш поширений вимірювальний засіб безконтактного вимірювання температури. Існує декілька типів пірометрів, які відрізняються методами вимірювання та використанням: одноканальні, багатоканальні, оптичні, спектрального відношення. Кожен тип пірометра має свої переваги та обмеження, і вибір конкретного типу залежить від вимог конкретного застосування.

Одноканальні пірометри – вимірюють інфрачервоне випромінювання в одному вузькому діапазоні довжин хвиль. Дані пірометри вимірюють температуру випромінювання об'єкта, використовуючи інфрачервоне випромінювання в одному вузькому діапазоні довжин хвиль.

Загальні діапазони довжин хвиль, які використовуються в одноканальних пірометрах:

- 3–5 мкм., цей діапазон хвиль використовується для вимірювання температури металів та інших матеріалів, які мають високий коефіцієнт інфрачервоного випромінювання в цьому діапазоні хвиль.

- 7–14 мкм., найбільш поширений діапазон хвиль для одноканальних пірометрів. Використовується для вимірювання температури різних об'єктів, включаючи метали, неметали та пластмасові матеріали.

Завдяки їх простоті у експлуатації, доступності та поширеному використанню, постає важливе питання дотримання єдності та точності безконтактних вимірювань температури

завдяки даним засобам вимірювальної техніки. Цю проблему можна вирішити з допомогою періодичної повірки, оскільки саме ця процедура дозволить неупереджено та за допомогою еталонних засобів вимірювальної техніки визначити чи за період експлуатації прилад вимірює у межах допустимої похибки. Тому що за час у ньому можуть відбуватись зміни, такі як осідання пилу на фокусувальній лінзі, механічні пошкодження чи падіння які приводять до внутрішніх пошкоджень та багато інших факторів які впливають на експлуатацію.

Згідно з постановою кабінету Міністрів України №374 від 04 червня 2015 року, про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці [1]. Саме пірметрів немає у переліку приладів які підлягають періодичній повірці, але там присутнє саме поняття термометрів під номером 74 які використовуються для здійснення контролю харчових продуктів, безпеки умов праці та проведення судових експертиз за дорученням органів досудового розслідування, органів прокуратури та судів. Тому з цього ми можемо зрозуміти що згідно чинного законодавства є важливою саме сфера використання того чи іншого пірметра. Якщо він експлуатується в одній з вище перерахованих сфер, тоді є важливо дотримуватись періодичності метрологічної повірки, якщо у інших тоді ця процедура може проводитись тільки за бажанням власника такого ЗВТ. Також такі вимоги встановлює сам закон про метрологію та метрологічну діяльність [2] у якому є перераховані сфери законодавчо регульованої метрології, отже коли пірметр експлуатується в одній зі сфер використання прописаних законом він підлягає обов'язковій метрологічній повірці. Періодичність повірки становить – один рік.



Рисунок 1 – Еталонний пірметр



Рисунок 2 – Одноканальний пірметр

Саме процедура повірки одноканальних пірметрів, згідно МПУ 06-78:2012 [3], відбувається за допомогою еталонного обладнання, це може бути абсолютне чорне тіло, або еталонний пірметр з більшою точністю за прилад який повіряється. Розглянемо цю процедуру яка виконується на абсолютно чорному тілі (АЧТ), за допомогою еталонного пірметра. Абсолютне чорне тіло являє собою простір у який через отвір проникає промінь світла ззовні, та після великої кількості відбиттів у середині зникає. Ця система дозволяє забезпечити постійний та попередньо відомий коефіцієнт випромінювання, і не залежить від кута проведення вимірів. Але згідно методики вимірювального прилад повинен бути зафіксований штативом на одній відстані, під прямим кутом по відношенню до АЧТ, на увесь час проведення вимірювань. І сам робочий еталонний пірметр, який згідно методики повірки підлягає періодичному калібруванню, та відповідає необхідним вимогам точності вимірювань. В пірметрі який повіряється встановлюється коефіцієнт випромінювання, що відповідає випромінювальній здатності самого випромінювача.

Таким чином виставивши необхідні температурні показники на АЧТ, та витримати необхідну температуру нагріву можна почати проводити вимірювання. Вимірювання у кожній точці температури проводяться не менше трьох разів. Після обчислюємо різницю між показами пірметра та значеннями температури еталонного випромінювача: $\Delta t_i = t_{\Pi i} - t_{EBi}$, де $t_{\Pi i}$ - покази пірметра що повіряється, t_{EBi} - температура еталонного випромінювача, i - кількість вимірювань, $i \geq 3$ Усі вимірювання проводяться у градусах Цельсія (С°). Обчислюємо різницю між показами пірметра що повіряється та розрахунковими значеннями температури еталонного випромінювача $t_{EBi}^{(\epsilon > 1)}$ за формулою - $\Delta t = t_{\Pi i} - t_{EBi}^{(\epsilon > 1)}$. Та у кінцевому результаті обраховуємо різницю між показами пірметра $t_{\Pi i}$ що повіряється, та показами еталонного пірметра $t_{EBi}^{(\epsilon > 1)}$ за формулою: $\Delta t = t_{\Pi i} - t_{EBi}^{(\epsilon > 1)}$, де $t_{\Pi i}$ - покази пірметра що повіряється. $t_{EBi}^{(\epsilon > 1)}$ -

покази еталонного пірометра, і- кількість вимірювань $i \geq 3$. За основну похибку приймаємо найбільшу за абсолютним значенням величину Δt_i .

Отже розглянувши одноканальні пірометри які все заміняють контактні у різних галузях, та особливість і важливість їх періодичної повірки, можемо дійти висновку щоб як користувач бути впевненим у їх точності вимірювань варто періодично прилад подавати на метрологічну повірку, тільки ця процедура з дотриманням усіх норм забезпечить єдність вимірювань на виробництві і в подальшій експлуатації. А саме з даною послугою допоможуть регіональні метрологічні центри.

Список використаних джерел

1. Кабінет міністрів України. Постанова. Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці. від 4 червня 2015 р. № 374 Київ.
2. Закон України про метрологію та метрологічну діяльність. Редакція від 01.01.2022.
3. МПУ 06-78:2012 Пірометри часткового випромінення із цифровою індикацією температури. Методика повірки. Харків 2012 р.

УДК 628.971.6

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОВИПРОМІНЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ДЖЕРЕЛ СВІТЛА РІЗНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СКЛАДУ

Олейнікова Ірина Веніамінівна,

кандидат фіз.-мат. наук, доцент

Цверкунова Анастасія Миколаївна,

студентка

Київський національний університет технологій та дизайну

E-mail: olejnikova.iv@knuud.com.ua

В умовах енергетичної кризи, яка захопила більшість території України, актуальним залишається питання створення оптимального штучного, як зовнішнього, так і внутрішнього освітлення. Слід розуміти, що з розвитком сучасних матеріалів освітлення включає в себе не лише джерела світла, а і оточуючий це джерело простір. Саме тому особливу увагу слід звернути на ті матеріали, які завдяки своїм властивостям взаємодії зі світлом можуть створювати додаткові елементи освітлення. Це в першу чергу стосується світловідбиваючих та світловипромінюючих матеріалів різного виду. Найбільш відомою світловідбиваючою поверхнею є дзеркальна, яка здатна створювати ефект збільшення простору, що забезпечило їх широке застосування в дизайні середовища. З іншого боку, коректне розташування дзеркальних елементів по відношенню до джерел світла можуть створити не лише додаткову освітленість певних елементів, а і зробити певні акценти в інтер'єрі.

Сучасні світловідбиваючі матеріали можуть мати різну текстуру, колір та властивості відбивання світла, що дозволяє вирішити будь-які задачі світлодизайну [16]. Існують різні види світловідбиваючих матеріалів, такі як плівки, тканини, термоматеріали із світловідбиваючою фарбою, фарби та лаки. Для створення світлодизайну простору найбільш вдалим елементом можна вважати світловідбиваючі фарби та тканини. В першу чергу вони можуть наноситися на поверхні будь – якої форми і не потребують джерел випромінювання спеціального спектрального складу. Окремі складові елементи з такого матеріалу дозволять підвищити мобільність у створенні акцентного освітлення, що є особливо важливим у виставковому світлодизайні. Використання LED освітлення в поєднанні з такими елементами та трековими способами кріплення забезпечать гнучкість системи освітлення та може допомогти у оптимізації ефективності освітлення. Підвищення енергозбереження можливо за рахунок зменшення втрат світла та максимальної ефективності його використання.

Інший варіант матеріалів – це фарба, що складається з двокомпонентної акрилової основи з додаванням спеціального флуоресцентного порошку [2]. Така фарба поглинає світло вдень та віддає його вночі ще деякий час. Цей матеріал може поглинати сонячне світло, яке включає в себе весь набір частот електромагнітних хвиль, а для штучного освітлення такого матеріалу необхідно використовувати джерела з хвилями ультрафіолетового діапазону [3].

Тривалість періоду випромінювання світлопоглинаного матеріалу, відомого, як люмінофор, може залежати від різних факторів, таких, як кількість поглиненої енергії та властивостей джерела світла. Зазвичай, період випромінювання люмінофору змінюється від 4 до 8 годин після зарядження.

Ще одним варіантом матеріалу, що реагує на світло, може бути рефлексивна акрилова емаль зі спеціальним пігментом, який відштовхує світло, яке потрапляє на її поверхню. Варіанти застосування такої фарби актуальні при необхідності виділити певні елементи інтер'єру або при створенні світлових маркерів. Найефективнішим є поєднання такої фарби з лазерними джерелами випромінювання.

Цікавим рішенням інтер'єрного освітлення може стати симулятори синього неба, які дозволяють перенести яскравість неба в штучне освітлення простору. Відомо, що синій колір неба пов'язаний з релеевським розсіюванням у короткохвильовому синьо-фіолетовому діапазоні. Використання нанополімерних матеріалів дозволяє створити імітацію ефекту релеевського розсіювання. Використання таких матеріалів дозволяє створювати світильники, які випромінюють блакитне світло високої інтенсивності, завдяки спеціально продуманим інноваціям, таким як обране джерело світла, унікальна лінза та антивідблискова система. Стельові ліхтарі з таким світлом можна з'єднувати з усіх боків, що дає простір для створення особливого світлодизайну.

У висновку зазначимо, сучасне розуміння світлодизайну полягає в раціональному поєднанні джерел світла з різним діапазоном частот та спеціальних сучасних матеріалів для покриття поверхні, на яку потрапляє світло і яка здатна взаємодіяти з ним.

Список використаних джерел

1. Бокша Н., Біляк Л. Використання світловідбиваючих матеріалів у жіночому верхньому одязі побутового призначення. Міжнародна науково-практична конференція: (м. Мукачєво, 30 березня 2023 р.). Мукачєво: Вид-во МДУ, 2023. С.145.
2. Signal fluorescent paint for concrete: Official site Fabrava. URL: <https://fabrava.com/signal-fluorescent-paint-for-concrete> (дата звернення: 11.10.2023).
3. Дзікевич А., Іванова М., Олейнікова І. Розробка автономного енергоефективного комплексу освітлення пішохідного переходу. *Технології та інжиніринг*, Київ, 2022. № 6 (11). С. 9-19.

УДК 628.98

COLOUR FIDELITY INDEX (ІНДЕКС ТОЧНОСТІ КОЛЬОРІВ)

Назаренко Леонід Андрійович,
доктор технічних наук, професор
Олійниченко Богдан Олегович,
аспірант

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекєтова
E-mail: bogdangrace@gmail.com

Індекс колірної передавання (CRI), визначений МКО (CIE 133-1995), зокрема загальний індекс колірної передавання Ra широко прийнятий і використовується в освітлювальній індустрії, в регулярних документах, міжнародних і регіональних стандартах і специфікаціях. Проте, обмеження CRI були нещодавно (адресовані) реактуалізовані, особливо

для твердотільних джерел світла, за яких значення R_a не завжди добре корелюють з візуальним оцінюванням звичайних споживачів. Ця невідповідність виникає, перш за все, від неточності CRI в їх наміченій ролі як індекса колірної точності (вірності) і ці обидва аспекти потребують кращих методів колірного характеризування для вимірювання і специфікації білих джерел світла і розвинення науково точного індексу колірної точності.

Важливим покращенням цього вимірювання відносно CRI є поновлення обчислення колірної відмінності, зокрема об'єкта колірного простору і введення (інкорпорація) 99 тестових зразків із забезпеченням більш однорідного розподілу нахилу і кривизни як функції довжини хвилі і значень, які мають значення колірних зорових сприйняття, які більш широко і однорідно розподілені в трьох розмірах однорідного колірного простору.

Загальний індекс колірної точності R_f , представляє як близько колірні зорові відчуття всього ряду зразків репродуктує (передає) в середньому за тестового світла як порівнюється до цього референсний спромінювач. Таким чином, подібно до загального індекса колірного передавання R_a , індекс загальної колірної точності R_f , комбінує обчислені колірні різниці для всіх тестових колірних зразків в одне єдине середнє значення індекса, і є тільки один аспект колірної якості не розглядаючий ефекти відчуття і переважність. Таким чином, він розглядає, як такі параметри використовуються CRI, як в цілому вимірювання колірної якості для кінцевих споживачів є не кращим виконанням більш науковим фактором поміж колірної точності, таких як ефекти сприйняття чистоти кольору, і детальована природа специфічних завдань освітлення.

Недавні вивчення показали, що чутливість R_a значення до спектральної пертурбації, як функція центральної довжини хвилі цієї зміни є досить неоднорідною: деякі довжини хвилі є привілейовані, в тому сенсі, що вони вносять непропорційно в значення загального індекса колірного передавання. В широкому масштабі це є очікуваним, через неоднорідності відмінностей між функціями чутливості системи візуального людського сприйняття. Проте суттєві варіації коротко-хвильової чутливості, які виникають від довільних деталей факторів спектральної яскравості восьми МКО тест-колірних зразків (TCS), які використовуються для обчислення R_a , також знайдені.

CRI МКО забезпечує інформацію про величину колірного зсуву 14 зразків, які не є ні однорідно розподілені в трьохмірному колірному просторі, ні в необхідно репрезентативних актуалізацій матеріалах знайдених в реальному світі. Раніше дослідники вказували на забезпечення інформації про колірні зсуви для більшого числа зразків (ван дер Вурт, van Kempenach гоx) що репрезентує більшу різноманітність реальних об'єктів і представляє ширший діапазон колірного простору. Пропонується науково точний індекс, щоб використовувати більший ряд зразків.

Для обчислення колірних зсувів використовується простір колірного сприйняття CAM02-UCS. Найбільш просунутий сучасний однорідний колірний простір, названий CIE CAM02-UCS. Його назва складається із CIE Colour Appearance Model (МКО Модель Колірного Сприйняття). UCS (Uniform Colour Space) – однорідний колірний простір – в тому сенсі, що рівні відстані в просторі представляють приблизно рівні зорові відчуття колірних відмінностей.

Вбудована хроматична адаптація і неявно прийнята біла точка в CAM02-UCS дають переваги, оскільки обчислення точності у великій степені не залежить від ККТ тестового джерела світла.

При визначенні колірних координат кожної із тестового-колірних зразків використовуються функції складання (CMFs) 10° 1964. Це робиться на відміну від процедури обчислення індекса загального колірного передавання R_a , де використовуються 2° CMFs.

У випадку комерційно доступних ламп, таких як з низькою ККТ CFL лампи, і певні вузько-діапазонні LED, збільшуючи середній квадратичний корінь різниці між R_f і R_a значеннями для кожної із цієї ламп говорить про те, що спектральний розподіл потужності ламп був попередньо оптимізований для R_a і стратегія оптимізації заснована на R_f може дати різні результати оптимізації R_f значення для цих джерел в загальному нижче, ніж їх R_a

значення, виключаючи, коли гамма площина (gamut area) збільшується відносно до референсного ілюмінанта.

Зокрема, нові джерела є під розвитком, для якого більшість їх радіаційної потужності можуть лежати в середині дуже вузького діапазону довжин хвилі, і це вже трапилося для люмінесцентних ламп (tri-phosphor lamps). Концентруючи потік випромінювання в дуже вузькому діапазоні довжин хвиль, можливо збільшити світлову ефективність. Робота в цій області включає вивчення вузько-діапазонних фосфорів, фосфорних квантових дотів, і лазерно-випромінюючих емітерів – всі із яких будуть вести до значно більшої концентрації, ніж у випадку сучасної LED фосфорної технології. Для цих SPDsc розходження між індексом загального колірною передавання Ra і індексом загальної колірної точності Rf може бути значно більше, ніж спостерігається для інших SPDs. Оскільки такі джерела ймовірно стають звичайними в наступаючі роки, це критично, що точне колірне вимірювання стає доступним.

Список використаних джерел

1. Cheng, K., Hwang, A. D., Shi, Y., & Fierman, A. (2021). Assessment of Colour Fidelity Index for Human Vision with Applications in Lighting Design. IEEE Access, 9, 40990-41004. doi:10.1109/ACCESS.2021.3068452.

УДК 628:582

СВІТЛОДІОДНЕ ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН

Пітяков Олександр Сергійович,

доктор філософії з електричної інженерії

Тибур Тетяна Володимирівна,

здобувачка освіти,

Пшеничний Єгор Сергійович,

здобувач освіти

Відокремлений структурний підрозділ «Полтавський політехнічний фаховий коледж
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

E-mail: opitiakov@polytechnic.poltava.ua

В природі сонячне світло забезпечує всі потреби рослин – активізує проростання насіння, ріст розсади, цвітіння та зав'язь плодів. Однак, в сільському господарстві в умовах тепличного вирощування рослин, а також в домашніх умовах при вирощуванні рослин на підвіконнях, виникають неприродні умови ізоляції рослин від звичного для них середовища, особливо в осінньо-зимовий період при короткотривалих світлових днях. Тому важливо в таких умовах створити оптимальну освітленість, яка б забезпечила всі найважливіші фактори росту та розвитку рослин.

Найбільш ефективним випромінюванням для повноцінного розвитку рослин є випромінювання при довжинах хвиль 660 нм та 455 нм. Це пояснюється тим, що фотосинтез відбувається під дією синього та червоного випромінювання, а зелене та жовте практично не бере участь в процесах фотосинтезу.

Технологія світлодіодного освітлення дає можливість навіть ізолювати певну довжину хвилі випромінювання, щоб контролювати ріст рослини [1]. Якщо подивитись на типовий спектр світлодіодних джерел світла (див. рис. 1), в них досить великий відсоток синьої складової випромінювання. А саме синє та блакитне випромінювання має потужний вплив на розвиток і вегетацію рослин за рахунок утворення хлорофілу, що дозволяє рослинам поглинати більше енергії сонця. Хлорофіл також контролює клітинне дихання рослин та зменшує втрати води через випаровування в сухих та жарких умовах клімату.

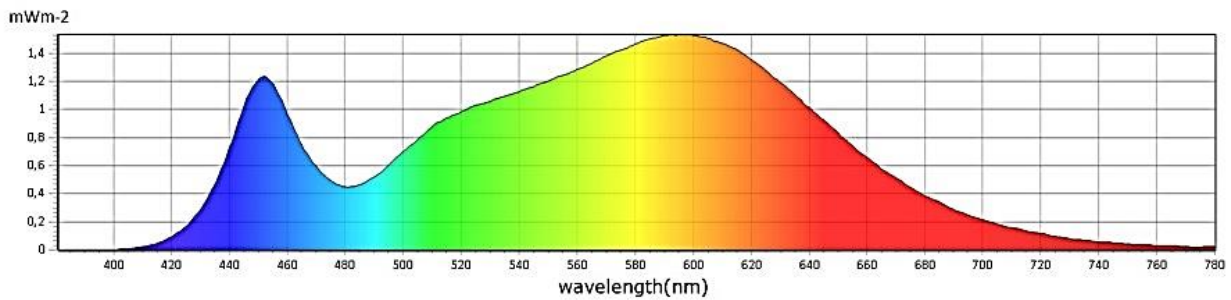


Рисунок 1 – Спектр випромінювання світлодіодної лампи 4000 К

Виділяють чотири основні діапазони спектрального випромінювання, які беруть безпосередню участь в рості рослин:

- 400-500 нм. Синє світло сприяє вегетативному росту, формуванню міцних стебел і пишного листя, що важливо для ранньої фази росту та забезпечує утворення компактної і здорової рослини;
- 600-700 нм. Червоне світло, що має вирішальне значення для формування квітів та плодів;
- 280-400 нм. Ультрафіолетовий діапазон посилює природні захисні механізми рослин;
- 700-1000 нм. Інфрачервоне випромінювання позитивно впливає на ріст і розвиток рослин та сприяє фотосинтезу.

Враховуючи це найбільш ефективними світлодіодами для вирощування рослин є червоні та сині світлодіоди. Ряд досліджень показує, що розсада краще розвивається при використанні синіх і червоних світлодіодів у співвідношенні 1:2 – 1:4. Таке співвідношення сприяє активній вегетації і є корисним не лише для розсади, але й для будь-яких рослин, що мають зелену масу. На етапі цвітіння та дозрівання рекомендується співвідношення синіх та червоних світлодіодів 1:5 – 1:8 [2, 3].

Крім спектрального складу в установках фітоосвітлення важливу роль відіграють і способи розміщення фітоламп та їх відстань до рослин. Хоча світлодіодні лампи випромінюють значно менше тепла ніж галогенні лампи високого тиску та лампи розжарювання, однак вони можуть перевантажувати рослини своїм інтенсивним спектром випромінювання, якщо їх розмістити надто близько до рослин. При такому розміщенні може виникати інтенсивний ріст рослини з порушенням функцій цвітіння та плодоношення.

Останнім часом набувають популярності та широкого застосування в побутових умовах гроубокси. Гроубокс – це частково або повністю закрита систем для вирощування рослин у закритому просторі [4]. Система дозволяє регулювати абіотичні фактори [5] – температуру, світло, вологість, а також контролювати подачу води та поживних речовин для більш ефективного росту рослин. Гроубокси поділяються на гідропонні та ґрунтові. В гідропонних гроубоксах встановлюють спеціальні механізми для циркуляції води та поживних речовин, що не передбачено в ґрунтових гроубоксах.

Найбільш поширеним варіантом освітлення гроубоксів є застосування спеціальних світлодіодних ламп, прожекторів та стрічок з спектром випромінювання, призначеним для інтенсивного росту рослин. Також гроубокси містять світло- та тепловідбивне покриття всередині конструкції, що дає змогу більш ефективно використовувати світлове випромінювання, зберігати температуру та створювати потрібний мікроклімат всередині гроубокса.

Точний контроль освітлення та циркуляції повітря є вирішальними факторами для успішного вирощування рослин в гроубоксах. Їх система передбачає застосування таймерів та інтелектуальних пристроїв керування, що дають можливість створити оптимальне середовище для рослин.

Сучасні світлодіодні технології широко застосовуються в різних сферах господарств. Не виключенням є й рослинництво. Комплексний підхід до розробки проєкту систем освітлення та їх контролю і керування дають можливість покращити якість агропродукції,

збільшити врожайність та якість рослин в тепличному господарстві. Застосування компактних міні-теплиць гроубоксів дають змогу отримувати врожай постійно в домашніх умовах і цілий рік. Однак для вирощування рослин в гроубоксі важливо створити мікроклімат, який зумовлений правильним освітленням, підтримкою температури та вологості і постійною вентиляцією повітря.

Список використаних джерел

1. Bula RJ, Morrow RC, Tibbitts TW, Barta DJ, Ignatius RW, Martin TS. 1991. Light emitting diodes as a radiation source for plants. *HortScience* 26, 203–205.
2. Sabzalian MR, Heydarizadeh P, Zahedi M, Boroomand A, Agharokh M, Sahba MR, Schoefs B. In press High performance of vegetables, flowers and medicinal plants in a red–blue LED incubator for indoor plant production.
3. Goins GD, Yorio NC, Sanwo-Lewandowski MM, Brown CS. 1998. Life cycle experiments with *Arabidopsis* under red light-emitting diodes (LEDs). *Life Support Biosph. Sci.* 5, 143–149.
4. Grow box – Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Grow_box (дата звернення: 30.04.2024)
5. Cheng M, Chory J, Fankhauser C. 2004. Light signal transduction in higher plants. *Annu. Rev. Genet.* 38, 87–117.

УДК 628.9.04

ПРОЄКТУВАННЯ ЦИРКАДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Пітяков Олександр Сергійович,

доктор філософії з електричної інженерії

Улізько Владислав Володимирович,

здобувачка освіти,

Відокремлений структурний підрозділ «Полтавський політехнічний фаховий коледж

Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

E-mail: opitiakov@polytechnic.poltava.ua

Організація сучасного робочого місця вимагає особливих підходів в його освітленні. Офісне освітлення має бути орієнтоване на людину, повинно сприяти концентрації уваги, розслабленню працівника, здоровому циклу робочого часу та відпочинку. Сучасні підходи в організації такого освітлення мають розроблятися індивідуально та передбачати різні сценарії освітлення, яке б зменшувало стрес, покращувало настрій та самопочуття. Останнім часом набувають популярності світлотехнічні системи циркадного освітлення, які й вирішують перелічені вище задачі.

Циркадне освітлення – це концепція, відповідно до якої штучне освітлення можна використовувати для підтримки здоров'я людини шляхом мінімізації його впливу на циркадний ритм і психологічне здоров'я, поєднуючи при цьому природні та штучні джерела світла [1]. Фактично, циркадне освітлення передбачає створення відповідного рівня освітленості, яскравості та спектрального складу в різні періоди доби.

Циркадне освітлення не може обмежуватись лише одним джерелом світла чи освітлювальним приладом. Світло від циркадного освітлення завжди має оцінюватись на рівні очей людини, при типовому положенні людини в відповідному приміщенні. Отже, як стверджує автор [2], циркадне освітлення залежить від комплексного підходу при проектуванні освітлення відносно людини, простору, в якому людина перебуває, робіт, які вона виконує, та фактора часу.

Світлодіодні технології освітлення дають широкі можливості розробки систем циркадного освітлення. Зокрема, світлодіодні джерела світла мають ряд корисних переваг для впровадження систем циркадного освітлення:

- Просте регулювання світлового потоку;
- Широкий діапазон корельованих колірних температур;
- Керування яскравістю та розподілом освітленості;
- Електронний контроль живлення;
- Висока енергоефективність;
- Тривалий термін дії.

Системи керування світлодіодним освітленням дають можливість реалізувати циркадне освітлення в приміщеннях. Світлові датчики дозволяють отримувати інформацію про світло оточуючого простору в режимі реального часу. Вони враховують не лише зміну рівня природного світла в приміщенні, але й вплив штучного освітлення та процесів відбиття світла від поверхонь приміщення. Датчики руху відіграють важливу роль для енергозбереження, однак сучасні їх аналоги вже можуть виконувати більш точний аналіз активності людини і, навіть, певні фізіологічні параметри.

Для інтеграції проєктів циркадного освітлення, користуючись новітніми системами автоматизації та світлодіодних технологій, необхідно враховувати два основні фактори:

Можливість поєднання кількох пристроїв або систем, які будуть працювати разом в одному просторі, взаємодіяти та не заважати роботі одна одній;

Взаємозамінність елементів системи, що забезпечує її ефективне обслуговування та можливість модернізації з часом.

Класичний підхід до проєктування систем освітлення тривалий час розмежовував штучне та природне освітлення. Сучасні можливості світлових технологій все частіше об'єднують ці системи. Циркадне освітлення набуває більшої популярності та стає все більш можливим в його технічній реалізації. Майбутнє світлового дизайну полягає в поєднанні природного і штучного освітлення в одну збалансовану світлотехнічну систему, яка має бути адаптована до циркадних ритмів та фізіологічних потреб людини.

Список використаних джерел

1. Rea M, Figueiro M, Bullough J. Circadian photobiology: an emerging framework for lighting practice and research. *Lighting Research & Technology*. 2002; 34(3): 177-187. doi:10.1191/1365782802lt057oa
2. Maurizio Rossi, Circadian Lighting Design in the LED Era. *Springer Cham*. 2019. 277. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-11087-1

УДК 67.02

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ЛАЗЕРНОЇ ЗБРОЇ НА НОВИХ ФІЗИЧНИХ ПРИНЦИПАХ

Табуненко Володимир Олександрович,
кандидат технічних наук, доцент, професор

Сальник Олег Вікторович,
старший науковий співробітник

Харківській національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

E-mail: tabunenko55@ukr.net

Під лазерною зброєю прийнято розуміти зброю на нових фізичних принципах неконтактної дії, в якій вражаючим елементом передбачаються використовувати високоенергетичне спрямоване електромагнітне випромінювання, що генерується лазерними системами, за допомогою яких можна знищити будь-який об'єкт, що знаходиться на відстані.

Вперше ідея створення такої зброї була висловлена в науково-фантастичному романі радянського письменника Олексія Толстова, який мав назву «Гіперболоїд інженера Гаріна».

Цей роман мав великий успіх у шанувальників фантастики, завдяки ідеї створення нової зброї, а пізніше був екранізований у вигляді художнього фільму, чим викликав ще більший інтерес у молоді. У 30-ті роки минулого століття було неможливо реалізувати таку зброю через відсталість технологічної елементної бази. Можливо, що Олексій Толстой не був першовідкривачем ідеї створення нової зброї, яка була призначена для отримання небаченого економічного ефекту при виконанні робіт з буріння свердловин, видобутку корисних копалин на великій глибині, а можливо ідея застосування була призначена до інших галузей науки та техніки. Наукова цінність та практична користь ідеї створення лазерів були настільки приголомшливими, що ними одразу зайнялися тисячі військових інженерів на вчених різних країн світу.

У 1960-х роках виникла ідея створення лазера, яка перетворилася на створення квантового генератору оптичного діапазону, де фізичні принципи роботи лазера стали зовсім інші. В результаті чого лазерний промінь став мати здатність до самофокусування в повітрі за рахунок ефектів нелінійної оптики. Незважаючи на складність розробки та виробництва деяких з цих видів зброї, фахівці того часу вважали її досить перспективною. Розробка технології лазерної зброї, почала набувати реальної форми, набираючи сили за етапами, які збільшували потужність випромінювання лазерів і, таким чином, потенційну можливість військового застосування. У 1970-х роках з'явилася ідея нового принципу лазера, а ще через п'ять років з'явилися газові лазери з імпульсним накачуванням. Ще через кілька років були винайдені рентгенівські лазери та розроблена лазерна технологія, що розглядається для космічного базування. Аналогічна робота велася на той час СРСР, що призвела до створення досвідчених випробувальних стендів ТНЕМ (що скорочено позначалося, як тактичний лазер високої енергії) на декількох майданчиках, включаючи ракетний полігон, у середині 1980-х років. Ці зразки випробовувалися як зброї проти супутників. Хоча ці роботи ні до чого не призвели практично, але деякі інші менш амбітні програми були підтримані, і частина з них в той час наближається до експлуатаційної реалізації [1].

Лазерна зброя, як тоді передбачалося, могла мати кілька основних переваг над традиційними видами зброї [2]:

- низькі матеріальні витрати на експлуатацію при її застосуванні не вимагали таких витрат як виробництво сучасних снарядів або ракет, а лише великого джерела енергії;
- застосування дозволяло скритність і водночас раптовість під час виведення з ладу електронних систем противника, що дозволяло дезорганізувати його управління;
- застосування такої зброї значно перевищувало традиційні види зброї на максимальній дальності стрільби та точності наведення;
- перенесення енергії такої зброї наближалася до швидкості світла, що унеможливило ухилитися від його дії або спробою врятуватися втечею, навіть в умовах повітряного бою;
- одночасно спрощувалися розрахунки траєкторії прицілювання та стрільби через необхідність враховувати гравітацію планети та аеродинамічного опору;
- обстріл цілей противника на відміну традиційних видів зброї не обмежувався запасом боєприпасів, лише наявністю електричної енергії.

Незважаючи на активні розробки та очевидні переваги лазерної зброї, вона мала суттєві недоліки [2].

- така зброя вимагала споживання багато електроенергії. Це означало, що потужні установки потребуватимуть громіздких генераторів, які значно знижують рухливість та маневреність систем, на які ця зброя встановлюватиметься.
- при використанні лазерної зброї можливе ураження цілей противника виключно прямим наведенням, що обмежує можливості застосування на суші.
- лазерний промінь можна відобразити, використовуючи відносно дешеві матеріали.

Поєднання позитивних та негативних характеристик використання спрямованої енергії дозволяло доповнювати такими системами системи із звичайними боєприпасами у всьому спектрі військових завдань, але не замінювати їх.

Розробники лазерної зброї умовно розділили її на чотири групи [3]:

Лазерна зброя для прямого знищення цілей противника – призначена для руйнування елементів конструкції та порушення працездатності радіоелектронних систем мети. Така зброя пов'язана з великою кількістю енергії і може бути реалізована у вигляді стаціонарних систем наземного, повітряного або морського базування.

Лазерна зброя обмеженої вражаючої дії – призначена для впливу лазерного променя на одяг або шкіру на тілі особового складу противника, що не порушує життєво важливі органи, здатний пропалити або підпалити тонкостінні оболонки паливних баків з матеріалами, що легко займаються. Такий вид зброї вважається нелетальним. Це має на увазі такий вид зброї, який здатний вивести з ладу бойову техніку, матеріальні засоби та особовий склад противника, без завдання йому безповоротних втрат.

3. *Сліпуча лазерна зброя* – призначена для засліплення органів зору особового складу противника, впливу на оптичні системи наведення чи розпізнавання озброєння та бойової техніки. Дія цієї зброї на живу силу противника досягається за рахунок спрямованого променя лазера червоного або зеленого кольору, що викликає тимчасове засліплення і психологічний вплив, який приводить військовослужбовців до нездатності виконувати бойові завдання. Світло лазера створює ефект світлової завіси, не дозволяючи снайперам противника вести прицільну стрільбу або візуальне спостереження через оптичні прилади. Максимальна потужність впливу, що не призводить до опіку та незворотних наслідків для очей, розглядається в діапазоні від 1 мВт/см² до 2,5 мВт/см². Така зброя вважається «нелетальною».

4. *Лазерна зброя іншої дії* – призначена для дистанційного розмінування, або для світлошумового впливу на відстань у десятки кілометрів, або для подачі сигналів попередження, лиха, як засобу обміну інформацією, при веденні розвідувальних операцій, за рахунок вузько спрямованого випромінювання на великих відстанях.

Нові розробки лазерної зброї продовжуються, в основному, щоб боротися з такими цілями, як ракети або безпілотні літальні апарати. Наприклад, Росія розробила комплекс «Пересвіт», який з 2020 року був прийнятий на озброєння. А в США активно йдуть випробування лазерних комплексів наземного та корабельного базування. На початку 2021 року компанія Lockheed Martin здала досвідчений бойовий лазер корабельного базування High Energy Laser with Integrated Optical-Dazzler and Surveillance (HELIOS). Випробування мають закінчитися у 2024 році, після чого вони надійдуть на озброєння [4].

Нова ізраїльська лазерна система протиповітряної оборони (ППО) під назвою Iron Beam ("Залізний промінь") вже здатна збивати ракети зі швидкістю світла. Завдяки лазерному променю потужністю 100 кіловат та дальності дії 7 км Iron Beam знищує загрози з "високою точністю", завдає невеликої побічної шкоди і практично безкоштовна в експлуатації. При використанні як на суші, так і на морі система може захистити кораблі від роїв безпілотних літальних апаратів та проти корабельних ракет [5].

Висновки

Завдяки перевагам зброї на нових фізичних принципах у порівнянні з традиційними видами зброї військовим командуванням різних країн розглядаються як універсальна лазерна зброя, здатна вирішувати широке коло завдань оборонного, так і наступального характеру. При цьому нова зброя може застосовуватись у різних середовищах та бойових умовах.

За оцінками військових експертів [2-5], нова зброя відрізняється високою надійністю та ефективністю, набагато перевищує всі очікування. Особливості зброї на нових фізичних принципах становлять інтерес військових вчених. Напрямки подальших досліджень та потенційного використання бойових лазерів, тактичне застосування насамперед для ураження всього спектра цілей – безпілотних літальних апаратів, балістичних ракет, літаків артилерійських та мінометних снарядів.

Бойові лазерні системи сьогодні ще перебувають у стані розвитку. Але на практиці 13.04.2024 при нападі Іраку на Ізраїль великої кількості ракет результати дії лазерної системи ППО "Залізний промінь" показали високу ефективність його застосування.

У той же час, для подальшого підвищення ефективності застосування лазерів у військовій справі слід вирішити цілу низку не лише технологічних питань, а й розробити

концепцію використання цього нового виду зброї, яка включає тактику та стратегію використання бойових лазерів, визначити умови їхньої експлуатації та заходи безпеки. Швидкий розвиток технологій дає підстави вважати, що процес вдосконалення нової зброї буде здійснюватися досить швидко.

Військові експерти прогнозують, що лазерна зброя в майбутньому відіграватиме виключно важливу роль у бойових діях як засіб ППО, ефективно доповнюючи застосування традиційних видів зброї.

Список використаних джерел

1. David Alexander Advances in Electromagnetic/Directed Energy Weapon Systems // Military Technology, 2008, vol. XXXII, No 9.
URL: http://btvt.info/2futureprojects/energy_direct_fire_weapon.htm
2. «Промінь смерті»: переваги, недоліки та перспективи лазерної зброї / Armiya.AZ. URL: <https://armiya.az/ru/news/128594/%C2%AB%D0%9B%D1%83%D1%87-%D1%81%D0>
3. Чи залишаться лазери долею наукової фантастики? / ХАБР. URL: <https://habr.com/ru/companies/first/articles/707080/>
4. Нова лазерна система ППО Ізраїлю може збивати цілі зі швидкістю світла // Уніан. URL: <https://www.unian.net/weapons/novaya-lazernaya-sistema-pvo-izrailya-sposobna-sbivat-celi-so-skorostyu-sveta>

УДК 551.510.534:621.383.52:004.9:628.98

ВИМІРЮВАННЯ ВЕЛИКИХ ЗНАЧЕНЬ СИЛИ СВІТЛА СПАЛАХУ

Шабашкевич Борис Григорович,

кандидат технічних наук,

директор ТОВ НВФ «Тензор»

Добровольський Юрій Георгійович,

доктор технічних наук,

заступник директора ТОВ НВФ «Тензор»

Юр'єв Василь Григорович,

провідний метролог

ТОВ «НВФ «ТЕНЗОР», м. Чернівці, Україна.

E-mail: td_tenzor@ukr.net

З огляду на широкий спектр різноманітних джерел світла, які щороку впроваджуються у промисловості та побуті, світлотехнічні вимірювання характеристик таких джерел є актуальним завданням сучасної світлотехніки. Зокрема, актуальним завданням є вимірювання великих значень сили світла, які створюються потужними, короткотривалими світловими спалахами, зокрема - світло-шумовими гранатами [1].

З огляду на вище вказане, метою роботи є створення приладу для вимірювання сили світла спалаху, який створюється при спрацюванні світло-шумової гранати.

Прилад створювався на базі апаратно-програмної платформи фотометра Екотензор-03 [2], яка була доопрацьована для забезпечення вимірювання сили світла на рівні $(10 \pm 2) \cdot 10^6$ кд, яка відповідає силі світла, що створює спалах світло-шумової гранати. Слід було врахувати таку обставину, як тривалість такого спалаху. За різними оцінками вона триває від 10 мс до 1 секунди у різних типів гранат.

В цьому випадку маємо не тільки імпульсне джерело, а і джерело, у якого величина сили світла зростає до $10 \cdot 10^6$ кд за мілісекунди, і, так саме, спадає до фонового значення сили світла за кілька десятків мс.

Апаратна та програмна частина фотометра Екотензор-03 була доопрацьована для вибору саме максимальних значень освітленості з частою 20000 вимірів на секунду, що дозволило з великою достовірністю визначати максимальне значення сили світла.

Прилад споряджений додатковою тубус-насадкою, яка забезпечує кут поля зору фотометричної головки в межах $2\beta=(10^\circ-12^\circ)$, як того вимагають відповідні стандарти. У насадці встановлений послаблюючий оптичний нейтральний фільтр, який у 100 разів зменшує потік оптичного випромінювання. Зовнішній вигляд фотометра наведено на рисунку 1.



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд фотометра Екотензор-03

Розроблений фотометр призначений для вимірювання великих значень сили світла світлових спалахів з відстані 10 м. Близьчі відстані є небезпечними для спостерігачів.

Спектральний діапазон вимірювань фотометра складає від 380 нм до 780 нм. Діапазон вимірювання сили світла від 0,01 Мкд до 25 Мкд, при цьому границя допустимої основної відносної похибки вимірювання сили світла (зведена) не перевищує $\pm 15\%$.

Врахована також і границя допустимої додаткової похибки фотометра, зумовленої змінюванням температури довкілля (температурний коефіцієнт) від границь діапазону $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ в межах робочого діапазону температур (від 5°C до 40°C) на кожні 1°C , не більше ніж $\pm 0,2\%$.

Живлення фотометра здійснюється від вбудованої батареї гальванічних елементів (типу ААА, 1,5 В – 4 шт.) напругою 6 В. Час встановлення показів не більше ніж 30 сек.

У деяких типів світло-шумових гранат сила світла спалаху може досягати 60 Мкд [1]. Тому у приладі закладена потенціальна можливість вимірювати і такі значення сили світла.

Список використаних джерел

1. Ю. В. Гнусов «Спеціальна техніка Національної поліції України» : навч. посіб. з дис. «Тактико-спеціальна підготовка» / Ю. В. Гнусов, В. А. Світличний, Ю. М. Онищенко; Харк. нац. ун-т внутр. справ, факультет № 4, каф. кібербезпеки. – Х. : ХНУВС, 2017. – 175 с. URL: <https://univd.edu.ua/science-issue/issue/2849>
2. Shabashkevych B. G. Devices of RPC "TENZOR" for investigation of physical environmental factors / B. G. Shabashkevych, Yu. G. Dobrovolskyi // Український метрологічний журнал. - 2017. - № 3. - С. 29-31. URL: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.3.2017.114703>

СЕКЦІЯ 2

***ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В СВІЛОТЕХНІЦІ
ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ
ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ. ВПРОВАДЖЕННЯ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ. МОДЕЛЮВАННЯ
В СВІЛОТЕХНІЦІ ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ***

**ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛОРИМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОДІОДНИХ
ЛАМП ДЛЯ ЗАГАЛЬНОГО ОСВІТЛЕННЯ
В ПРОЦЕСІ СТРОКУ СЛУЖБИ**

Басова Юлія Олександрівна,

канд. техн. наук, доцент, Полтавський державний аграрний університет,
yuliia.basova@pdau.edu.ua

Шпак Світлана Василівна,

канд. техн. наук, ДП «Полтавастандартметрологія»;
svetic2svetic@gmail.com

Кислиця Світлана Григорівна,

канд. техн. наук, доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені
Юрія Кондратюка»,
kislicasv@gmail.com

Незважаючи на широке застосування світлодіодних ламп в різних сферах освітлення зміна їх параметрів в процесі строку служби дослідження недостатньо. Це стосується і колориметричних параметрів. Технології виробництва світлодіодних ламп постійно вдосконалюються і підвищуються вимоги до якості світла, тому дослідження комерційних зразків продукції є завжди актуальним питанням, так як споживачі зацікавлені мати інформацію про сучасний технічний рівень продукції та її відповідність встановленим вимогам.

Колориметричні параметри характеризуються координатами колірності та корельованою колірною температурою (ККТ). Під координатами колірності розуміють відносні величини, що визначають положення точки на колірній діаграмі. ККТ – це температура чорного тіла, сприйманий колір якого найбільш тотожний до кольору досліджуваного джерела за тої самої світлоти та тих самих стандартних умовах спостереження. Стандартизовані значення координат колірності, що відповідають цим значенням ККТ наведені в табл. 1 [1].

Таблиця 1 – Значення корельованої колірної температури та координат колірності

Позначення колірності	Стандартизовані значення		
	ККТ, К	x	y
2700	2720	0,463	0,420
3000	2940	0,440	0,403
3500	3450	0,409	0,394
4000	4040	0,380	0,380
5000	5000	0,346	0,359
6500	6400	0,313	0,337

Для розпізнаваних допусків на колірність, у межах яких різниця кольору стає помітною, застосовують еліпси Мак-Адама [1, 2]. Це спеціальна система вимірювання, при якій еліпси наносяться на діаграму колірного простору так, що колір у центрі та будь-якій точці на межі еліпса відрізняється на деяку конкретну величину. Експериментальним шляхом було доведено, що в середині концентричних еліпсів певного розміру, які називають кроком Мак-Адама, колірні різниці не сприймаються спостерігачами. Так, 65 % спостерігачів сприймають колірну різницю у середині еліпса одного кроку, 95 % – у середині двох кроків, 99 % приймають у середині трьох кроків.

Розмір еліпса Мак-Адама визначається за кількістю одиниць стандартних відхилів кольору порівняння (СВКП) між центром еліпса (координатами колірності номінальної ККТ)

та його межею. Область, в якій відстань між центром і межею еліпса дорівнює n одиницям СВКП, називається також n -ступеневим еліпсом Мак-Адама. Стандартизовані номінальні значення та площі допусків координат колірності x та y для світлодіодних (СВД) ламп наведені [1]. Ці допуски визначаються еліпсами Мак-Адама однією із 4-х категорій (табл. 2), що побудовані навколо номінальних значень координат колірності, а розмір еліпса (виражений значенням n -ступеня) встановлює межі відхилення координат колірності.

Таблиця 2 – Категорії відхилень координат колірності від номінальних значень

Розмір еліпса Мак-Адама, побудованого навколо координат колірності	Категорія відхилень координат колірності	
	початкових	збережених
3-го ступеня	3	3
5-го ступеня	5	5
7-го ступеня	7	7
Більше ніж 7-го ступеня	7+	7+

Регламентом Комісії (ЄС) 2019/2020 [3] встановлені нові обов'язкові вимоги до колірності світлодіодних джерел світла: координати колірності в процесі строку служби мають залишатися в межах 6-ти ступеневого еліпса Мак-Адама.

Показник якості кольоропередачі R_a визначається за методикою Color Rendering Index (CRI), яку в 1965 р. запропонувала Міжнародна комісія з освітлення (МКО). На основі методики CRI в Україні розроблено ДСТУ СІЕ 013.3:2017 [4].

Згідно з ДСТУ EN 62612:2017 [1] початковий індекс кольоропередачі R_a та його значення після 6000 год горіння не повинен бути меншим, ніж номінальне значення індексу кольоропередачі, задеклароване виробником, мінус 3 одиниці.

Кольоропередача означає ступінь схожості або різниці кольорів, що сприймаються оком людини під час освітлення досліджуванним і еталонним джерелом світла.

Дослідження колірності в процесі строку служби проводились в [5, 6].

Метою даної роботи є дослідження колориметричних параметрів світлодіодних ламп для загального освітлення в процесі строку служби та оцінка їх відповідності вимогам нового Регламенту Комісії (ЄС) 2019/2020.

Досліджували світлодіодні лампи потужність 10 і 12 Вт з номінальними колірними температурами 2700 К та 4000 К в процесі строку служби до 6000 год. горіння. Вимірювання координат колірності (x , y) корельованої колірної температури (ККТ, К) та загального індексу кольоропередачі R_a проводили через кожну 1000 год. горіння ламп у відповідності до методиками ДСТУ EN 13032-4:2019 [7] та ДСТУ СІЕ 013.3:2017 [4] за використанням спектрорадіометра МК350S [8]. Результати вимірювання наведені у табл. 3 та на рис. 1.

Таблиця 3 – Параметри СВД ламп початкові та після 6000 год

Номінальне значення ККТ, К	Відхилення x , y від номінальних значень (номер ступені еліпса Мак-Адама)		Загальний індекс кольоропередачі, R_a	
	0 год.	6000 год.	0 год.	6000 год.
2700	3	3	82,3	82,1
4000	3	3	84,8	84,4

На основі отриманих результатів слід відзначити, що рівень колориметричних параметрів в порівнянні з результатами, наведеними у роботах [5, 6] підвищився. Всі досліджені лампи знаходяться в межах 3-х ступеневих еліпсів Мак-Адама, в тому числі і після 6000 годин горіння. Всі лампи мають загальний індекс кольоропередачі $R_a > 80$ і протягом 6000 годин горіння рівень кольоропередачі практично не змінюється.

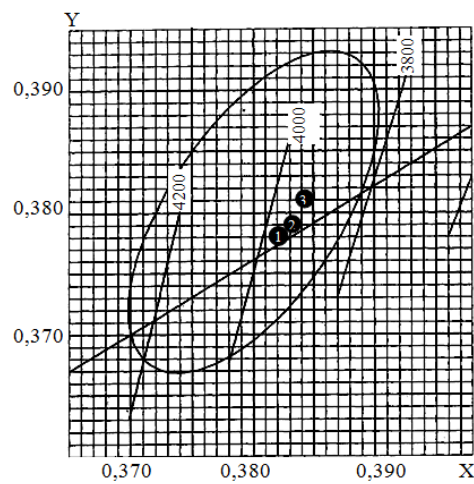
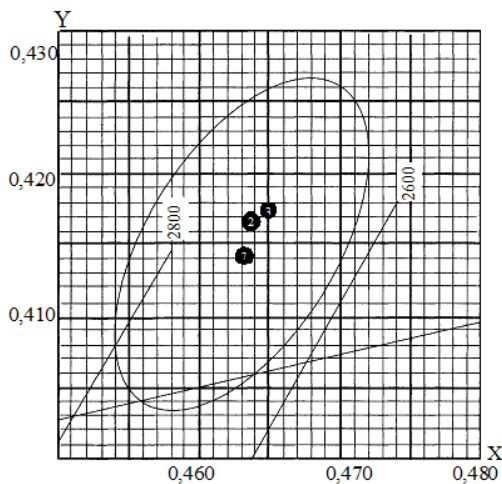


Рисунок 1 – Координати колірності СВД ламп після
 1 – 100 год.; 2 – 3000 год.; 3 – 6000 год. горіння
 а) $T_{\text{кол}} = 2700 \text{ K}$ б) $T_{\text{кол}} = 4000 \text{ K}$

Досліджені лампи відповідають новим вимогам Регламенту Комісії (ЄС) 2019/2020 на основі якого в Україні розроблений Технічний регламент [9], який набере чинності у 2025 році.

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN 62612:2017 Лампи світлодіодні з умонтованим пускорегулювальним пристроєм для загального освітлення на напругу понад 50 В. Вимоги до робочих характеристик (EN 62612:2013, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017, 43
2. CIE TN 001:2014 Technical note. Chromaticity Difference Specification for Light Sources. https://files.cie.co.at/738_CIE_TN_001-2014.pdf
3. Commission Regulation (EU) 2019/2020 of 1 October 2019 laying down ecodesign requirements for light sources and separate control gears pursuant to Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Regulations (EC) No 244/2009, (EC) No 245/2009 and (EU) No 1194/2012 (Text with EEA relevance.).
4. ДСТУ СІЕ 013.3:2017 Метод вимірювання та визначення кольоропередавання джерел світла (СІЕ 013.3-1995, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017
5. Шпак, С. В., Губа, Л. М., Басова, Ю. О., Багіров, О. С., Кожушко, Г. М. (2020). Дослідження якості кольоропередавання світлодіодних ламп і світильників. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. № 1 (91). 105-116. ISSN 2518-7171.
6. Кожушко, Г. М., Басова, Ю. О., Губа, Л. М. (2016). Порівняння динаміки світлових та колірних характеристик компактних люмінесцентних та світлодіодних ламп в процесі строку служби. *Технологічний аудит та резерви виробництва*, 4 (1 (30)), 63-69. ISSN 2226-3780.
7. ДСТУ EN 13032-4:2019 Світло та освітлення. Вимірювання та подання фотометричних даних ламп та світильників. Частина 4. Світлодіодні лампи, модулі та світильники (EN 13032-4:2015 + A1:2019, IDT). Київ: Держспоживстандарт України, 2019, 72.
8. Spektrometr MK350S Premium–Rukovodstvo polzovatelya https://www.uprtek.com/ru/downloadform?utm_source=MK350S_Premium_Spectrometer-User_Manual-EN.pdf
9. Постанова Кабінету Міністрів України від 22.09.2023 р. № 1018 Про затвердження Технічного регламенту щодо вимог до екодизайну для джерел світла та відокремлених пускорегулювальних апаратів <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/uploads/public/652/003/7b2/6520037b27b92585855503.pdf>.

ВПЛИВ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ НА РОБОТУ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛУ АЕС

Бровко Костянтин Юрійович,
кандидат технічних наук, доцент
Великогорський Олег Володимирович,
аспірант

Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна
E-mail: brovkokonstantin@gmail.com

Атомні електростанції (АЕС) відіграють ключову роль у виробництві електроенергії, забезпечуючи значний внесок в енергетичну інфраструктуру країн світу. При цьому, належна увага до безпеки та надійності є пріоритетом для експлуатації АЕС. У цьому контексті, системи освітлення відіграють невід'ємну роль у забезпеченні безпеки, ефективності та продуктивності цих складних технічних споруд [1].

Безпека – це першочерговий аспект у функціонуванні будь-якої АЕС. Системи освітлення виконують важливу роль у забезпеченні оптимальної видимості та розпізнавання ризикових областей, що сприяє запобіганню потенційних аварій. Ефективне освітлення допомагає персоналу АЕС оперативно виявляти можливі загрози та негайно реагувати на них, зменшуючи ризики та максимізуючи безпеку.

Ефективні та якісні системи освітлення на АЕС також сприяють підвищенню ефективності та продуктивності робочого процесу. Працюючи в умовах важкодоступних приміщень та об'єктів, де освітлення відіграє вирішальну роль, персонал забезпечується необхідною видимістю та комфортом для ефективного виконання своїх обов'язків. Правильно спроектовані та належно функціонуючі системи освітлення сприяють підвищенню продуктивності та зниженню ризику помилок.

З розвитком технологій та інновацій у сфері освітлення, такі системи на АЕС постійно вдосконалюються. Впровадження передових технологій, таких як автоматизовані системи керування, дозволяє підвищувати надійність та ефективність освітлення, забезпечуючи безпеку та комфорт у приміщеннях АЕС [2].

Окремо можна виділити роботу саме оперативного персоналу на АЕС, який працює у вимогливих та високоризикових умовах, де правильне освітлення відіграє критичну роль у забезпеченні безпеки та ефективності роботи. Вплив систем освітлення на оперативний персонал може бути вирішальним і має декілька ключових аспектів:

– забезпечення оптимальної видимості (системи освітлення повинні забезпечувати достатню та рівномірну видимість у всіх робочих зонах АЕС; оперативний персонал потребує якісного освітлення для виконання своїх обов'язків без надмірного напруження зору та забезпечення оптимальних умов для роботи);

– попередження втоми та помилок (якісне освітлення допомагає у попередженні втоми та стресу серед оперативного персоналу; недостатнє або неправильне освітлення може спричинити зниження концентрації, підвищення ризику помилок та нещасних випадків);

– підвищення ефективності роботи (якісне та належно спроектоване освітлення сприяє підвищенню ефективності роботи оперативного персоналу та дозволяє швидше та точніше виконувати завдання, покращує сприйняття інформації та допомагає у збереженні високого рівня продуктивності);

– безпека та екстрені ситуації (у випадку екстрених ситуацій або аварій на АЕС, належне освітлення відіграє критичну роль у забезпеченні безпеки персоналу. Відмінно видимі евакуаційні шляхи та екстрені виходи можуть врятувати життя та запобігти травмам);

– психологічний комфорт (освітлення також має важливий психологічний аспект, н-д: приємне та комфортне освітлення створює сприятливу робочу атмосферу, підвищує настрій та мотивацію персоналу).

До окремих напрямків розвитку систем освітлення на АЕС можна віднести впровадження систем "розумного" освітлення. Ці системи використовують розумні датчики, аналітику даних та штучний інтелект для автоматичного адаптування освітлення в залежності від змінних умов, таких як кількість природного світла, рух персоналу та температура [3].

Більшість сучасних систем освітлення на АЕС також дотримуються високих стандартів стійкості до радіаційного випромінювання, що є невід'ємною складовою безпеки на атомних електростанціях. Вони повинні бути спеціально розроблені та протестовані для ефективної роботи в умовах високої радіації, щоб забезпечити надійну роботу у будь-яких ситуаціях, включаючи аварійні [4].

Крім того, системи освітлення на АЕС повинні включати інтегровані системи моніторингу та діагностики, що дозволяють оперативно виявляти будь-які відхилення у роботі освітлення та швидко вживати заходів щодо їх вирішення. Це допомагає забезпечити неперервну роботу систем освітлення та зменшує ризик виникнення аварійних ситуацій через несправності в освітленні.

Не менш важливим аспектом є ергономіка освітлення. Освітлення повинне бути розміщене таким чином, щоб уникнути блисків на екранах приладів, втоми очей та інших негативних ефектів, які можуть впливати на продуктивність та здоров'я персоналу.

Висновки

Системи освітлення на атомних електростанціях постійно розвиваються та вдосконалюються з метою забезпечення максимальної безпеки, ефективності та комфорту для оперативного персоналу. Розумні технології, висока стійкість до радіації та інтегровані системи моніторингу є ключовими складовими цього розвитку.

Крім того, системи освітлення на АЕС мають величезний вплив на роботу оперативного персоналу, від безпеки та ефективності до психологічного комфорту. Інвестування у високоякісне та належно спроектоване освітлення є ключем до успішної та безпечної експлуатації АЕС.

Список використаних джерел

1. Васильєва Ю. О., Ляшенко О. М., Васильєв А. Л. (2014). Досвід проектування світлодіодних систем освітлення для атомних електростанцій. Світлотехніка та електроенергетика, 3-4. с. 19-27.
2. Шевяков О. В. (2022). Психофізіологічні характеристики операторів аес як фактор готовності до діяльності. Наукові праці Міжрегіональної Академії управління персоналом. Психологія, 1 (13). с. 117-123.
3. Комариця В. М., Молчанов О. В., Білан Т. Р., Ізбенко І. В., Грудзинський Ю. Є. (2023). Особливості електроживлення АЕС України під час збурень в об'єднаній енергетичній системі. Ядерна та радіаційна безпека, 4(100). с. 5-11.
4. НП 306.2.205-2016. Вимоги до систем електропостачання, важливих для безпеки атомних станцій. Затверджено наказом Держатомрегулювання від 21.12.2015 № 234, зареєстровано в М-ві юстиції України 16.01.2016 за № 78/28208.

UDC 628.9

LIGHTING CALCULATION AND SIMULATIONS' TASKS FOR SPECIAL STREET LOCATIONS

Yuliia Vasylieva,
candidate of technical science,
lighting design engineer, Kier,
Email: vasilyeva@gmail.com

Motorways are majority part of work which street lighting designer deals with. But not only. There are also some areas in the street lighting with special needs and therefore additional requirements.

The paper will be dedicated to simulation tasks in the next street lighting locations: pedestrian crossings, roundabouts and intersections, sign lighting, tunnels/underbridge areas, and pedestrian street at the centre of the city etc. The main tasks and requirements for each zone will be analysed and lighting technical parameters will be highlighted.

One of the main tasks for the lighting designer, after deciding about certain criteria according to the standards, is to pick a right software up for the definite task. The purpose of this paper is to show how special street lighting location might be designed with the lighting software, such as Lighting Reality and DIALux, depending on the designer's needs, and required parameters for each of location or task. The software was chosen on author's recent experiences and according to their usage in the engineering practice.

Next possible designed tasks will be considered: simulation output (quantitative and qualitative), optimization (dealing with conflict design criteria), 3D modelling.

From the review is clear that some street location requires additional lighting calculation and modelling, and that in each case there are some parameters that need to be controlled according to the lighting standards. Simulation software should be used according to the light technical parameters for the area and project requirements and goals.

References

1. BS5489:2020. Code of practice for the design of road lighting. Part 1. Lighting of roads and public amenity areas
2. CIE115:2010
3. Review of the lighting requirements for traffic signs and bollards. J. Cooper, K. Stafford, P Owlett and J Mitchel. Public project report PPR382, 2008
4. Technical report 12. Lighting of pedestrian Crossing. ILP. 200
5. BS5489-2;2003+A1:2008. Code of practice for the design of road lighting. Part 2. Lighting of tunnels
6. Professional lighting guide 09. Ensuring visibility within short tunnels. ILP. 2020
7. Lighting in the outdoor area. Lighting path perfectly. ERCO

УДК 629.3.066.2

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ГРОМАДСЬКОГО КОРИСТУВАННЯ

Войтків Станіслав Володимирович,

кандидат технічних наук,
Науково-технічний центр "Автополіпром"
E-mail: voytkivsv@ukr.net

Комплектувальні вироби системи освітлення будь-яких транспортних засобів, зокрема, автомобілів, автобусів, тролейбусів і трамваїв, відіграють вирішальну роль як з огляду основного функціонального призначення, так і з огляду впливу на їх екстер'єри та інтер'єри. Хоча основною метою систем освітлення транспортних засобів являється забезпечення безпечності дорожнього руху, форми фар ближнього і дальнього світла, передніх, задніх та бокових ліхтарів різного призначення тощо сприяють створенню оригінального зовнішнього вигляду різних транспортних засобів.

Протягом 2000-х років системи освітлення колісних транспортних засобів (КТЗ), завдяки сучасним інноваційним технологіям, активно розвиваються у двох основних напрямках, які передбачають:

підвищення безпеки дорожнього руху, сприяння уникненню дорожньо-транспортних пригод або, принаймні, зменшенню важкості їх наслідків;

надання динамічної інформації водіям, зокрема, зустрічних транспортних засобів, пішоходам та пасажиром, що, безперечно, теж направлене на підвищення їх безпечності.

Зрозуміло, що на початковому етапі розвитку більшість таких інноваційних технологій являються доволі дорогими, тому проходять адаптацію і впроваджуються у виробництво, у першу чергу, на легкових автомобілях VIP-класу та на спортивних автомобілях. І лише з роками ними обладнують легкові автомобілі представницького класу, потім бізнес-класу і т.д., а до їх застосування на автомобілях А-класу, вантажних автомобілях та пасажирських транспортних засобах громадського користування може пройти і до десяти та більше років.

З огляду на доволі тривалий час від створення перспективних систем освітлення КТЗ до втілення на різних їх типах видається доцільним виділення тих, які можуть бути впроваджені у системи освітлення пасажирських КТЗ – автобусів, тролейбусів та трамваїв.

Система освітлення КТЗ, обладнаних кабінами водія або пасажирськими салонами, складаються із трьох підсистем – зовнішнього освітлення, внутрішнього освітлення та інформаційного освітлення.

В системах зовнішнього освітлення сучасних моделей КТЗ застосовуються кілька інноваційних технологій, зокрема, AFL (автоматизована система позиціонування фар, яка постійно коригує напрямок світла в залежності від повороту керма і швидкості руху КТЗ), "Matrix LED" (інтелектуальна система управління яскравістю освітлення, без осліплення зустрічних водіїв навіть з дальнім світлом), лазерні фари головного світла, **uAFS (система адаптивного головного світла)**, "Micro LED" (система матричного освітлення) та інші.

Звичайно, основним завданням підсистеми переднього зовнішнього освітлення, тобто, фар головного світла будь-якого КТЗ, являється якомога краще освітлення проїжджої частини вулиці чи дороги у темний період доби за умови не допущення осліплення водіїв зустрічних транспортних засобів. Розвиток конструкцій фар головного світла базується на основі застосування світлодіодних джерел світла (**LED технології та LCD технології**) і лазерних діодів [1].

LED фари яскравіші, довговічніші, енергоефективніші та, навіть, екологічніші у порівнянні з ксеноновими і галогенними фарами, хоча й відчутно дорожчі. Зате вони значно дешевші лазерних фар, але поступаються лазерним діодам вдвічі у яскравості, а також у дальності світлового променя.

Лазерні фари мають багато переваг перед світлодіодними лампами, зокрема, по довговічності й енергоспоживанню. Вони характеризуються низьким ослабленням яскравості та високою світловою ефективністю. Крім того, лазерні фари також мають переваги в об'ємних розмірах.

LCD фари – це рідкокристалічні фари, які все ще знаходяться на стадії досліджень і розробок.

Для КТЗ громадського користування, особливо призначених для міських перевезень пасажирів, можна рекомендувати застосування фар головного світла на основі світлодіодів, а лазерні фари головного світла, наразі, доцільні хіба що для обладнання міжміських і туристичних автобусів.

Для застосування у підсистемі переднього зовнішнього освітлення КТЗ громадського користування, призначених для міських перевезень пасажирів, доцільними являються система автоматичного вмикання фар ближнього світла, система автоматичного регулювання напрямку світла під час поворотів (AFL) та система автоматичного регулювання інтенсивності світла у залежності від поточних умов зовнішнього освітлення. Ці системи являються складовими частинами адаптивної системи дальнього світла (AFS), яка доцільна для обладнання міжміських і туристичних автобусів. Для таких транспортних засобів перспективними для застосування являються інтелектуальні системи дальнього світла "Matrix LED". Фактично, це подальший розвиток систем AFS, які автоматично виявляють зустрічні транспортні засоби і зменшують яскравість дальнього світла з метою зменшення осліплення їх водіїв.

Інноваційні технології уже широко застосовуються для створення сучасних ліхтарів заднього освітлення КТЗ. На протязі останніх років набула поширення технологія LED з огляду на велику кількість можливостей, які вона надає з точки зору нових естетичних рішень.

Продовжується вдосконалення і систем матричного освітлення "Micro LED". Матричні ліхтарі заднього освітлення КТЗ забезпечують можливість надання водіям транспортних засобів, що рухаються за передніми, чітких попереджень, наприклад, таких як "сніжинка", що вказує на слизьку дорогу, "затор" або інших.

Для застосування в системах зовнішнього інформаційного освітлення КТЗ розробляються системи проєкційного освітлення, суть яких полягає в освітленні зони транспортного засобу на покритті вулиці чи дороги, яке охоплює лише його бічні зони і, таким чином, забезпечує кращу орієнтацію водіїв інших транспортних засобів та пішоходів під час наближення до автомобіля або під час посадки та висадки пасажирів [2, 3].

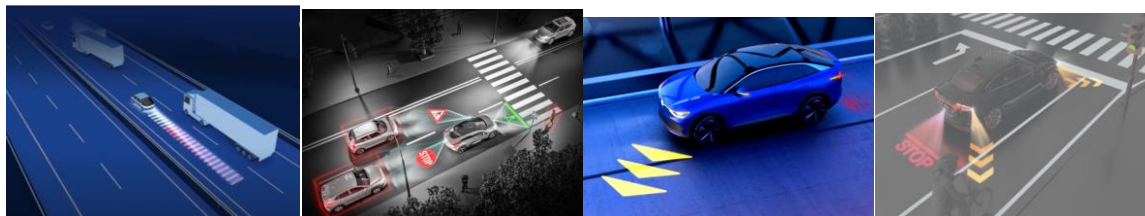


Рисунок 1 – Варіанти інформації системи зовнішнього проєкційного освітлення КТЗ

В системах внутрішнього інформаційного освітлення КТЗ застосовуються такі інноваційні технології як OLED (технологія створення дисплеїв) та системи проєкційного освітлення. Проєкції динамічної інформації на внутрішніх поверхнях КТЗ, зокрема стелях та бокових вікнах пасажирських транспортних засобів громадського користування – автобусів, тролейбусів, електробусів, трамвайних потягів тощо – завдяки візуалізації зовнішнього середовища забезпечать пасажиром орієнтацію на маршруті. Такі системи можуть застосовуватися для надання необхідної інформації пасажиром або для реклами. Окрім того, динамічне розсіяне освітлення може проєктуватися на поверхню стелі, щоб підвищити комфорт пасажирів під час перевезень.

На основі проведеного огляду та аналізу інноваційних технологій у сфері освітлення КТЗ для застосування у підсистемах зовнішнього, внутрішнього та інформаційного освітлення проєктованих перспективних конкурентоспроможних вітчизняних моделей рекомендовані наступні (табл. 1).

Таблиця 1 – Інноваційні технології, рекомендовані у системах освітлення проєктованих пасажирських КТЗ громадського користування

Інноваційні технології	Зовнішнє освітлення		Внутрішнє освітлення	Інформаційне освітлення
	переднє	заднє		
LED-фари	Ам, Ап, Трол, Трам	-		
Лазерні фари	аМ, аТ			
Задні LED-ліхтарі	-	Ам, Ап, Трол, Трам		
Задні матричні ліхтарі		аМ, аТ		-
Система автоматичного вмикання фар і ліхтарів		всі КТЗ		
Система автоматичного повороту фар (AFL)	всі КТЗ			
Адаптивна система фар дальнього світла (AFS)				
Інтелектуальна система фар дальнього світла (Matrix LED)	аМ, аТ	-		
Система проєкційного освітлення				всі КТЗ

Позначення: Ам – автобус міський, Ап – автобус приміський, аМ – міжміський автобус, аТ – туристичний автобус, Трол – тролейбус, Трам – трамвай

Звісно, що вибір комплектувальних виробів систем освітлення пасажирських КТЗ громадського користування, створених на основі тих чи інших інноваційних технологій, повинен базуватися на сферах і умовах їх експлуатації, зокрема, тільки на внутрішньому ринку чи з урахуванням експорту на ринки інших країн.

Ще два важливих критерії – собівартість виготовлення таких транспортних засобів і їх ринкова вартість, особливо, з урахуванням сучасних реалій вітчизняного економічного розвитку. Тому, можна прогнозувати, що у найближчі три-п'ять років вітчизняними підприємствами з проектування і виробництва автобусів, гібридних автобусів, електробусів, тролейбусів та трамвайних потягів на основі застосування інноваційних технологій систем освітлення, рекомендованих у табл. 1, можуть бути створені лише їх дослідні зразки.

Список використаних джерел

1. Guo, Y.-X., Wang, T.-T. & Zheng, X. (2023). A brief analysis of the development process and future trend of automobile headlights. SHS Web of Conferences 165, 02003. URL: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202316502003>
2. Nguyen, R., Peiler, K. & Kizak, U. (2022). How New Applications in Automotive Exterior Lighting Will Illuminate the Future of Driving. Society for Information Display, 38(1). 19-23. URL: <https://doi.org/10.1002/msid.1273>
3. Kurtulus, O. U. (2021). New Trends and Functionalities in Automotive Tail Lighting. The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics. September 2021. URL: <https://doi.org/10.55549/epstem.1050167>

УДК 621.3

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОСВІТЛЕННЯ КОРІВНИКА НА БАЗІ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Гайдукевич Світлана Василівна,

старший викладач,

Семенова Надія Павлівна,

старший викладач,

Плонка Ігор Олегович,

асистент

НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

E-mail: SoleykoS@i.ua

Штучне освітлення відіграє велику роль в сільському господарстві. Оскільки від тривалості світлового дня, а також освітленості залежать життєві цикли всіх живих організмів.

Багаторічні дослідження свідчать, що при правильній організації освітлення корівника можна підвищити продуктивність молока та збільшити приріст маси м'ясного стада. Для забезпечення більш комфортних умов утримання тварин та підвищення усіх показників продуктивності логічно дотримуватися природних режимів, тобто, світанку і заходу.

На базі корівника на 100 голів була розроблена схема керування освітлювальною установкою в ручному і автоматичному режимах роботи (рис.1), але ця система використовує самий найпростіший алгоритм, який на сьогоднішній день не задовольняє вимоги сучасної автоматизації та не спроможний забезпечити високий рівень енергоефективності. Тому запропоновано керування інтенсивністю світла на базі освітлювальних систем нового покоління, а саме на базі використання концепцій IoT технологій (рис. 2), які інтегрують комплекс об'єктів за допомогою мережевої інфраструктури задля обміну інформацією із застосуванням IP протоколу. Така система гнучкіша та набагато ефективніша на відміну релейно-контактного керування.

Для забезпечення якісного керування необхідно підтримувати освітленість відповідно прописаному алгоритму на протязі доби або в конкретному оптимальному діапазоні значень.

В IoT технологіях пристрої, які зібрані в єдину Інтернет мережу утворюють вищий ієрархічний рівень їхньої взаємодії, яка продукує нові можливості та переваги [1]. Комунікація між пристроями для обміну інформацією відбувається за допомогою спеціально розроблених протоколів. В своїй розробленій системі було використано додаток eWeLink. Для розширення можливостей автоматичної системи додатково розгорнуто на хмарній платформі систему Home Assistant, що дає можливість доступу до цієї системи через Інтернет, а саме через хмару за допомогою серверу динамічного Duck DNS.

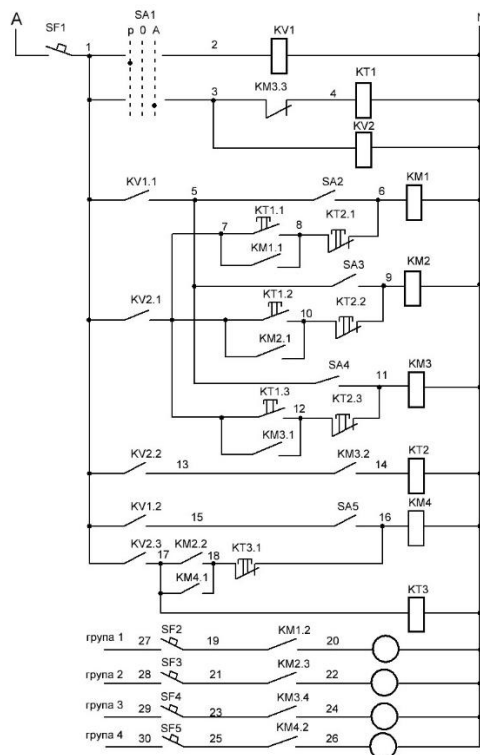


Рисунок 1 – Принципіальна електрична схема керування освітлювальною установкою в корівнику

Зібрана інформація через модуль інтерфейсів надсилається на віддалений Веб-сервер для моніторингу, зберігання та обробки з використанням хмарних технологій та інтернету речей.

Мікроконтролер ATmega328 в даній системі є найважливішим елементом, який відповідає за керуванням освітлення приміщення для утримання корів. Обмін інформацією між високотехнологічними пристроями через інтернет здійснюється за допомогою Wi-fi модуля ESP8266.

Для прописання сценаріїв відповідно алгоритмам керування використано модуль годинника реального часу DS1302 RTC, за допомогою якого визначається час доби, дата та надається можливість прописати відслідковування додаткових параметрів.

Для збору інформації вибрано модуль датчика освітленості RCK205502.

Джерелами освітлення є світлодіодні лампи. Для керування освітленням можна використовувати «розумні патрони» типу Sonoff Slampher, або лампи з вбудованими цифровими пристроями Sonoff Lamp.

Сучасний розвиток і впровадження мікропроцесорної техніки дозволяє будувати системи регулювання комфортних умов [2] утримання тварин з урахуванням показів значної кількості сенсорів.

Висновок

Розроблена освітлювальна система нового покоління на базі концепцій IoT технологій дозволяє в реальному часі контролювати освітленість тваринницького приміщення для

утримання корів, своєчасно реагувати на зовнішні збурення, вчасно застосовувати організаційні заходи для підтримання освітленості відповідно до заданих норм та економити витрати електроенергії за рахунок адаптування освітлення в залежності від умов дня.

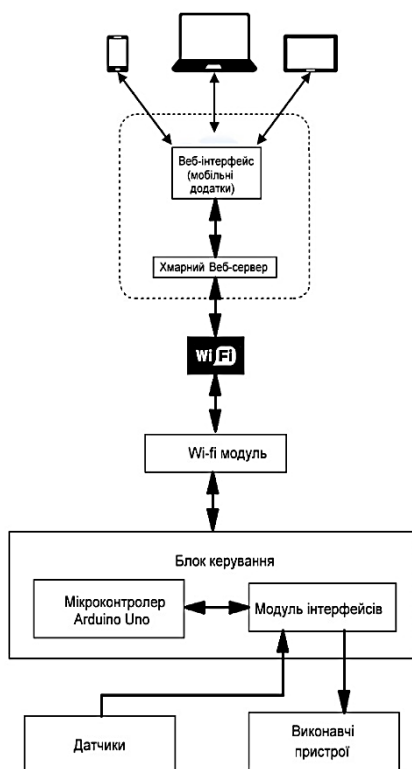


Рисунок 2 – Структурна схема керування освітлювальною установкою на базі IoT технологій

Список використаних джерел

1. Нічепорук А. О., Нічепорук А. А., Савенко О. С., Казанцев А. Д. Інтелектуальна система виявлення аномалій та ідентифікації пристроїв розумних будинків із застосуванням колективної комунікації. *Електротехнічні та комп'ютерні системи*. 2021. № 34 (110). С. 50-61.
2. Хімичева Г. І. Вибір та обґрунтування механізмів та інструментів побудови системи контролю мікроклімату укріттів. *Науковий огляд*. Київ, 2023. № 3(88). Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/581032963.pdf>

УДК 628.95

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Герасименко Віталій Анатолійович,

кандидат технічних наук, доцент

Шпіка Микола Іванович,

кандидат технічних наук, доцент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: vitaliy.gerasimenko@kname.edu.ua

За останні роки автомобільна промисловість зазнала стрімкого розвитку завдяки новітнім технологіям, які суттєво підвищують рівень безпеки та ефективності. Однією з таких інновацій є інтелектуальне світлодіодне освітлення, яке швидко завойовує популярність на транспортних засобах. Інтелектуальні системи освітлення поєднують сучасні технології сенсорики, обробки даних та автоматизації для забезпечення оптимального освітлення дороги в різних умовах.

Актуальність роботи полягає в дослідженні інтелектуальної системи освітлення, що є ключовим елементом системи активної безпеки транспортних засобів. Ця система забезпечує водієві оптимальне бачення в нічний час та в умовах поганої видимості, підвищуючи таким чином рівень безпеки на дорозі.

Інтелектуальна система освітлення складається з кількох ключових компонентів: адаптивного керування фарами, автоматичного переключення ближнього та дальнього світла, а також додаткових функцій, таких як підсвічування поворотів та пішохідних переходів. Ці системи працюють за допомогою камер, сенсорів та обчислювальних модулів, що дозволяє їм аналізувати дорожню ситуацію в режимі реального часу.

Адаптивне керування фарами (AFS – Adaptive Front-lighting System) є одним з основних елементів інтелектуальних систем освітлення. AFS автоматично регулює напрямок та інтенсивність світла залежно від швидкості автомобіля, кута повороту керма та умов на дорозі. Автоматичне переключення ближнього та дальнього світла (HBA – High Beam Assist) також є важливим компонентом інтелектуальних систем освітлення. HBA використовує камери для виявлення інших транспортних засобів та автоматично перемикає світло, щоб уникнути засліплення водіїв зустрічних автомобілів. Ще однією важливою функцією є підсвічування поворотів, яке забезпечує кращу видимість на складних ділянках дороги. Ця функція активується при включенні поворотника або при повороті керма на значний кут, додаючи додаткове освітлення в напрямку руху.

Адаптивні системи освітлення транспортних засобів забезпечують значно вищий рівень безпеки та комфорту завдяки динамічній зміні світлорозподілу, яка залежить від умов руху автомобіля. Електронна система управління, використовуючи дані із датчиків, обчислює необхідний кут повороту фар і віддає відповідні команди виконавчим механізмам, що забезпечує постійне оптимальне освітлення дороги. Зміни світлового пучка у вертикальній та горизонтальній площинах дозволяють краще підлаштовуватися під навколишні умови, зменшуючи сліпоту водіїв зустрічних транспортних засобів. Автоматичне формування протитуманного світла, денних ходових вогнів або ближнього світла також є важливими функціями цієї системи. Система зчитує інформацію з датчиків і формує необхідний пучок світла для забезпечення максимальної безпеки руху в різних умовах.

Використання світлодіодів RGB у системі освітлення збільшує термін її служби, зменшує енергоспоживання і дозволяє налаштовувати силу та кольоровість світлового пучка. З точки зору конструкції, ця система відрізняється від своїх попередників механізмом формування динамічного світлового пучка. Крокові двигуни, що використовуються у фарі, дозволяють змінювати світлорозподіл у горизонтальній та вертикальній площинах, а також плавно перемикаються з дальнього світла на ближній, уникаючи світлової адаптації очей водія.

Обтюратори, що застосовуються в фарах, створюють чітку світлотіньову межу ближнього світла, а також формують протитуманне світло, зменшуючи ширину світлового пучка у вертикальній площині та збільшуючи її у горизонтальній. Система має механізм широтно-імпульсної модуляції, який дозволяє змінювати силу світла при дальньому та ближньому світлорозподілі. Зміна спектрального складу світла з білого на жовтий дозволяє вмикати протитуманне світло фар, що підвищує видимість у складних погодних умовах.

Варто зазначити, що інтелектуальні системи освітлення стають все більш доступними не лише для преміальних моделей автомобілів, але й для масового ринку. Виробники активно впроваджують ці технології в середньому та бюджетному сегментах, що сприяє підвищенню загального рівня безпеки на дорогах. В майбутньому можна очікувати подальшого удосконалення сенсорів та алгоритмів обробки даних, що дозволить ще точніше аналізувати дорожню ситуацію та миттєво реагувати на зміни. Крім того, інтеграція інтелектуальних систем освітлення з іншими системами допомоги водієві (ADAS – Advanced Driver Assistance Systems) та автономними транспортними засобами відкриває нові можливості для підвищення безпеки та комфорту.

Інтелектуальна система освітлення для транспортних засобів є важливим кроком вперед у розвитку автомобільних технологій. Завдяки використанню сучасних технологій та

інноваційних підходів, ці системи значно підвищують безпеку дорожнього руху, знижують енергоспоживання та покращують загальний досвід водіння. Впровадження інтелектуальних систем освітлення робить транспортні засоби не лише більш безпечними, але й більш ефективними та екологічними, що відповідає сучасним тенденціям у розвитку автомобільної індустрії.

Список використаних джерел

1. ДСТУ UN/ ECE R 48-02:2002 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів стосовно установлених пристроїв та світлової сигналізації (UN/ ECE R 48-02:2001, IDT).
2. Директива 76/756/ЕЕС.
3. Коган Л. М. Світлодіодні освітлювальні прилади // Світлотехніка. 2002. – Т.1, №5 – С. 16-20.
4. Snehal G. Magar, “Adaptive Front Light Systems of Vehicle for Road Safety” 2015 International Conference on Computing Communication Control and Automation, pp. 551-554 (IEEE 2015).
5. Назаренко Л. А. Штучне зовнішнє освітлення: навч. посібник / Л. А. Назаренко, К. І. Іоффе; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 88 с.

УДК 628.98

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ НАСОСІВ ПЕРШОГО КОНТУРУ ОХОЛОДЖЕННЯ РЕАКТОРУ ВВЕР-1000

Гордієнко Артем Валерійович,
аспірант кафедри АЕтаЕ

Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова,
начальник відділу якості ТОВ «ОСК-Технолоджи», Україна, м. Харків,
E-mail: artemgordienko1791@gmail.com

Анотація

Дослідження, проведене в цій статті, є аналіз результатів моделювання електромагнітних процесів у статорі електродвигуна ВА3 215/109-6АМО5 [1], який приводить в дію головний циркуляційний ГЦН-195 першого контуру охолодження ядерного реактора ВВЕР-1000. Розрахункові експерименти проводилися у спеціалізованій програмі для побудови моделей «Ansys-MotorCAD» [2]. Програма «Ansys Motor-CAD» дозволяє інженерам оцінювати топології та концепції електродвигунів на всьому діапазоні роботи, щоб створювати оптимізовані за продуктивністю, ефективністю та розміром конструкції.

Створення моделі та проведення електромагнітних розрахунків проводилося з метою перевірки адекватності одержаних результатів з даними експериментальних досліджень. Надалі передбачається з урахуванням моделі електромагнітного аналізу створення моделі щодо теплового аналізу двигуна, з метою визначення максимального ресурсу працездатності електричної ізоляції [3] стрижнів обмотки статора ВА3215, з метою її модернізації, що дозволить у майбутньому підвищити надійність та довговічність електричних систем ізоляції загалом.

Вступ

В теперішній час значна частина енергетичного обладнання електростанцій України виробила чи наблизилася до вироблення свого робочого ресурсу. Робочі процеси, що відбуваються в обладнанні, призводять до повільної зміни його параметрів і характеристик, накопичення пошкоджень і дефектів конструкцій, що обумовлює поступову деградацію обладнання і суттєве зниження його експлуатаційної надійності. Це значною мірою

відноситься і до потужних електродвигунів першого контуру охолодження АЕС. З урахуванням високих вимог до надійності функціонування обладнання АЕС необхідні обґрунтовані технічні рішення та рекомендації щодо продовження термінів їхньої надійної експлуатації.

Математичне моделювання дозволяє створювати моделі, що описують поведінку системи на основі відомих фізичних законів та параметрів. При електромагнітному моделюванні, математичні моделі враховують магнітні властивості, електричну провідність та діелектричну проникність матеріалів, геометрію електродвигуна, електричні втрати, вплив навколишнього середовища та інші фактори і параметри, що впливають на розподіл електромагнітного поля у системі.

Мета дослідження

Провести електромагнітне моделювання електродвигуна першого контуру охолодження ВА3 215/109-6АМО5, призначеного для приводу головного циркуляційного насоса ГЦН-195М першого контуру охолодження ядерного реактора ВВЕР-1000 з подальшим порівнянням дійсних заводських (номінальних) даних електричної машини з розрахунковими.

Матеріал і результати дослідження

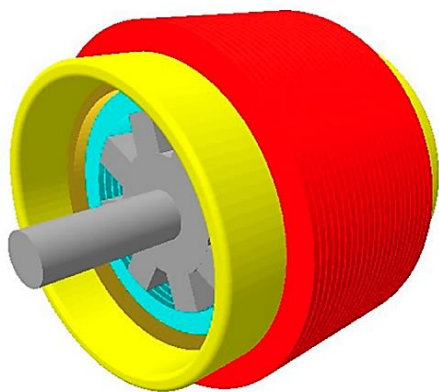


Рисунок 1 – Тривимірна модель статора та ротора електродвигуна ВА3215 у програмі «Ansys-Motorcad»

Для побудови електромагнітної моделі у програмі «Ansys-Motorcad» необхідно ввести геометричні параметри, такі як розміри сталі статора, зубцевої зони, а також зовнішні та внутрішні розміри ротора та статора. Ці параметри відіграють важливу роль у визначенні електромагнітних властивостей та характеристик електродвигуна [4].

Введення геометричних параметрів дозволяє програмі «Ansys-Motorcad» створити віртуальну модель електродвигуна, яка враховуватиме форму та розміри його компонентів. Це включає статор, ротор, зубцеву зону та інші елементи. Введення цих параметрів дозволяє програмі проводити розрахунки та аналізувати електромагнітні поля, втрати та ефективність роботи електродвигуна.

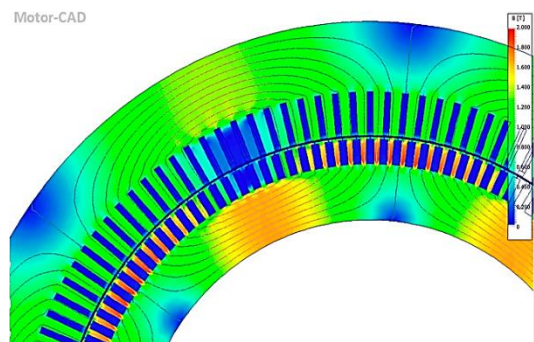


Рисунок 2 – Карта поля електромагнітної індукції статора ВА3215

На рис. 1 зображено результат геометричного моделювання статора та ротора у тривимірному вигляді.

На рис. 2 представлена розрахункова картина поля магнітної індукції для одного полюса та розподіл магнітного поля на внутрішній поверхні статора та ротора електродвигуна ВА3215 у режимі номінального навантаження. Забарвлення кольору фону дозволяє візуально оцінити рівні магнітної індукції в різних областях статора і ротора. Силкові лінії магнітного поля, відображені на малюнку, дозволяють побачити напрямки та зміщення

магнітного поля всередині статора. Це важливо для аналізу магнітних потоків та оцінки ефективності магнітної системи. На рис. 3 зображена повна картина електромагнітного поля статора, де наглядно видно полюсне ділення статора та їх електромагнітну індукцію.

Для підтвердження достовірності розрахунку математичної моделі у програмі передбачено виведення основних характеристик електродвигуна. Серед цих характеристик можна виділити швидкість обертання ротора, потужність, максимальні струми тощо. Ці параметри відіграють важливу роль при аналізі та оптимізації роботи електродвигуна.

У табл. 1 наведено номінальні робочі характеристики існуючого електродвигуна та результат моделювання у програмі «Ansys-Motorcad».

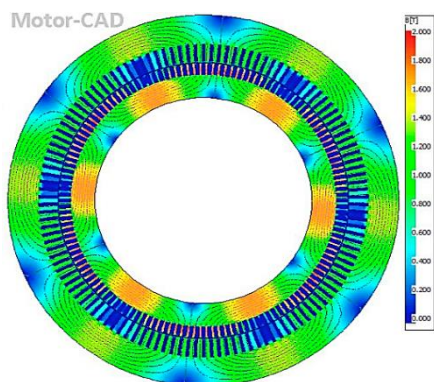


Рисунок 3 – Повна карта поля електромагнітної індукції статора ВА3 215

Таблиця 1 – Порівняння номінальних характеристик електродвигуна з результатами моделювання

Найменування	Заводські дані ЕД[1]	Модель Ansys-MotorCAD
<i>Напруга номінальна, кВ</i>	6,00	6,00
<i>Потужність номінальна, МВт</i>	8,00	8,216
<i>Струм номінальний, А</i>	880	900,3
<i>Коефіцієнт корисної дії, %</i>	98,00	97,9
<i>Коеф. потужності</i>	0,90	0,89
<i>Число полюсів</i>	6	6
<i>Швидкість обертання, об/хв.</i>	994	991
<i>Номінальний момент на валу, Нм</i>	76900	78551

Висновок

Виведення основних характеристик електродвигуна у програмі дозволило перевірити правильність моделювання та введення геометричних даних, порівняти результати з експериментальними даними. Це забезпечує точність подальшого теплового моделювання електродвигуна, що важливо при проектуванні та оптимізації систем, а також дозволить у майбутньому розраховувати максимальний термін експлуатації та використання ізоляції стрижнів обмотки статора ВА3215.

Список використаних джерел

1. ТУ 16-510.693-81 Двигун асинхронний типу ВА3 215/109-6 АМО5. Технічні умови.
2. «Motor-CAD Help», Motor Design Ltd, 2019
3. Дьяков Е. Д., Гаряжа В. Н., Воропай В. Г. Конспект лекцій з курсу «Електротехнічні Матеріали», Харків, ХНУМГ, 2015, с. 14-18.
4. Копілов І. П. «Проектування електричних машин», 4 видання. «Юрайт» 2011, с. 48.

UDC 621.314

APPLICATION OF AUTONOMOUS VOLTAGE INVERTERS IN LIGHT TECHNOLOGY AND ELECTRICAL ENERGY

Nerubatskyi Volodymyr Pavlovych,
PhD (Tech.), Associate Professor
Hordiienko Denys Anatoliiovych,
Postgraduate

Ukrainian State University of Railway Transport
E-mail: D.Hordiienko@i.ua

Automatic voltage inverters have the widest range of possibilities and areas of application. They are considered an ideal universal module for energy conversion. In addition to the main function of converting DC to AC, the inverter can also perform the reverse function in selected modes [1, 2].

When the output voltage reaches zero percent, the voltage converter becomes an inverter DC-DC converter. This is the basis for active voltage and current filters and reactive power capacitors, AC voltage stabilizers and DC frequency converters, that is, the connection of the voltage inverter is the source of the new circuit.

The main areas of application for autonomous voltage inverters are [3, 4]:

– power supply of AC consumers in equipment where one of the energy sources is a battery (for example, storage batteries, backup power, sources of alternating current) and uninterrupted power supply of each consumer in the event of a possible interruption of electricity supply from the AC network;

- electric transport powered by a contact network or any source of DC, preferably with a simple, reliable and inexpensive asynchronous short-circuit motor;
- electric drives with asynchronous and synchronous motors with an automotive inverter circuit that acts as a voltage and frequency regulator;
- constant voltage converters;
- devices for obtaining AC of the required frequency from sources of direct energy conversion (thermal and photovoltaic generators, fuel cells) that generate energy in DC;
- electrical equipment for receiving AC of increased frequency (galvanic coating of metals, heating and hardening of products).

The basis of the automatic inverter is a screw switching device capable of working in single-phase and three-phase circuits (zero or bridge circuit). Transistors and thyristors are used as the main components in inverters [5]. In cases where single-acting thyristors are used, the circuit is supplemented with elements for their joint use. One of the main elements is the capacitor. It should be noted that the capacitor application is not limited to switching off thyristors. Capacitors are also used to construct the output voltage curve of the inverter, to determine the characteristics of transient processes in AC circuits, as well as to increase the load voltage.

Single-phase autonomous voltage inverters are most often made using a bridge circuit (Fig. 1). The load (usually of an active-inductive nature) is included in the diagonal of the bridge formed by thyristors $VS_1...VS_4$ and behind the included diodes $VD_1...VD_4$. Diodes are intended for passing the current of an active-inductive load in time intervals when the current has the opposite direction for thyristors (reverse, opposite, or "reactive" current diodes).

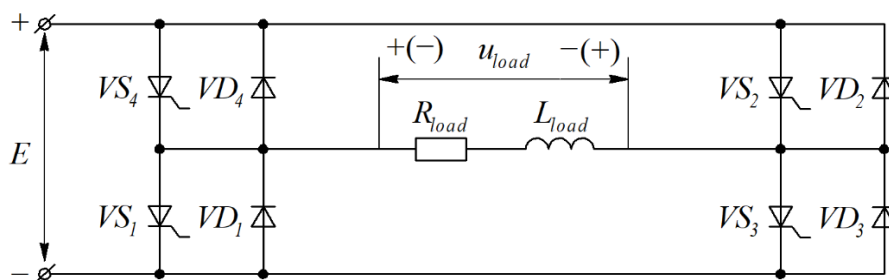


Figure 1 – Power circuit of a single-phase autonomous voltage inverter

The formation of the output voltage curve is characterized by the processes taking place in the main circuits of the inverter (with thyristors $VS_1...VS_4$, diodes $VD_1...VD_4$ and the load) when the appropriate interval is measured the conductivity of thyristors.

Thermal technologies in autonomous voltage inverters, which are widely used in power supply systems using alternative energy sources, can be divided into single-level and multi-level variants of schemes. In other words, modules that use impedance and gas-impedance connections in the input circuit of the converter. A feature of such inverters is that they can work in an additional mode, the so-called "test mode". This allows the inverter to provide maximum load power from sources of variable voltage (solar panels, wind generators, biofuel), wind generators, biofuel cells) by increasing the input current and voltage.

Current algorithms for controlling an autonomous voltage inverter are pulse-width modulation and single-shot modulation. Different modulation schemes have completely different sinusoidal values of output voltage and current and a different coefficient of pulsation of the input current.

When creating power supply systems with renewable energy as a source of DC, special attention should be paid to converters with impulse lines in the input circuit. This type of inverter is a two-level voltage converter with a DC input circuit consisting of an x-shaped configuration to which two capacitors and a choke are connected. The main advantage of this mode is that input voltage and current of inverter, obtained from the source of DC, are increased without installing additional converters at the input of the circuit. This allows to give the maximum power of solar cells to the load and use the area of the solar panel more efficiently.

References

1. Umarov S. Modeling method for autonomous current inverters. *2022 International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME)*. 2022. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICECCME55909.2022.9988596.
2. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D. Adaptive modulation frequency selection system in power active filter. *2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*. 2022. P. 341–346. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969261.
3. Nerubatskyi V., Hordiienko D. Analysis of topology of the autotransformer forward-flyback converter for photovoltaic panel. *Power engineering: economics, technique, ecology*. 2024. No. 1. P. 81–85. DOI: 10.20535/1813-5420.1.2024.297579.
4. Wang J. Autonomous optimal voltage support scheme of two-stage PV system for grid fault ride through. *IECON 2022 – 48th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. 2022. P. 1–6. DOI: 10.1109/IECON49645.2022.9968383.
5. Nerubatskyi V., Hordiienko D. Study of the influence of sliding mode regulator on spectrum higher harmonics of the SEPIC converter. *2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. 2023. P. 1–4. DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402454.

UDC 621.314

METHOD OF DETERMINING ADDITIONAL THERMAL LOSSES IN THE WINDINGS OF ELECTRIC MOTORS

Nerubatskyi Volodymyr Pavlovych,

PhD (Tech.), Associate Professor

Hordiienko Denys Anatoliiovych,

Postgraduate

Ukrainian State University of Railway Transport

E-mail: D.Hordiienko@i.ua

Increasing the energy efficiency of asynchronous electric drives plays an important role in development of electrical engineering and power engineering [1, 2]. Increasing the efficiency of asynchronous electric drives is associated with an increase in the number of poles, a decrease in current resistances, and an increase in power coefficients. Also, to achieve the maximum efficiency of asynchronous motors, they should be used at full load (variable load). Frequency converters, most commonly used to control the speed and torque of asynchronous motors, operate using pulse-width modulation of sinusoidal or spatial vectors. Therefore, it is also important to improve the efficiency of frequency converters in asynchronous electric drives [3, 4]. Types of power losses in power switches and possible ways to reduce these losses are listed in Table 1.

Table 1 – Methods of reducing power losses in inverter power switches

Type of loss	Inventory loss	Reasons for loss	Possible methods of reducing losses	Disadvantages
Static	– losses in a providential state; – leakage currents	– dependence on the amount of current and voltage on the device	– changing the internal design of the power switch to reduce the voltage drop	– high cost of switches based on silicon carbide
Dynamic	– transistor switching losses; – diode recovery losses; – loss in drivers	– magnitude of current and voltage during commutation; – duration of commutation; – number of switches	– methods of soft commutation; – improvement of the design of drivers; – reduction of commutation frequency	– complication of the circuit design of the device; – decrease in the quality of the output current of the inverter

The reduction of power losses and the corresponding increase in efficiency in the "frequency converter – asynchronous motor" system can be achieved, in addition to the constructive method, by algorithmic methods, that is, by the characteristics of the algorithm or the operating mode of the control system [5]. One way to improve the energy efficiency of frequency converter induction drives is to optimize the frequency of the power switch. The higher the frequency of the resistor, the greater the power loss in the power switch, but the higher the sinusoidal current of the induction motor, the lower the power loss in the induction motor due to higher harmonics. The dependence of power losses in asynchronous motors and frequency converters is shown in Figure 1.

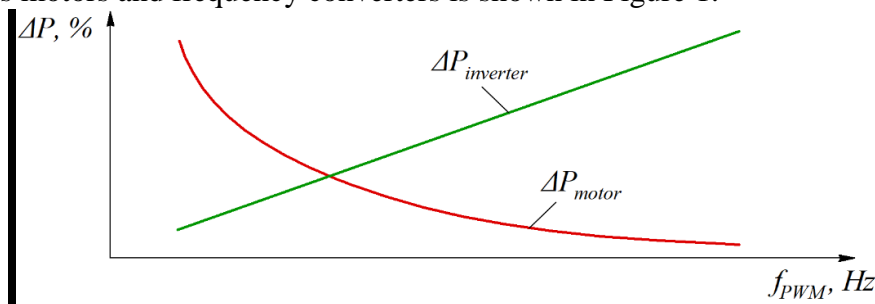


Figure 1 – Dependence of power losses in the motor and inverter on the modulation frequency

A method is proposed for determining additional heat losses in the windings of AC motors, based on the value of coefficient harmonic characteristic of the motor current. This method can be used when the effect of skin effects on the current consumption of a motor with a limited spectrum of higher current harmonics is negligible. In the winding, due to the large rated current, additional losses are calculated based on the increase in average value of current in relation to the value of the first rating, resulting in a secondary dependence of losses on the average value of the secondary current. The effective value of an AC, if it is equal to one cycle of an AC, is equal to the time value of such a DC that performs the same work (thermal or electromagnetic effect) as the corresponding AC.

Modeling of the constant voltage inverter – asynchronous motor system was carried out with a constant motor load (constant resistance and constant speed). In the experiments, only the frequency of pulse width modulation and, accordingly, the frequency of current transmission by the power switch changed. Based on the simulation results, the values of the parameters of the initial output voltage and output current practically do not change with respect to changes in the modulation frequency, while the content of higher parameters decreases with an increase in the frequency of pulse-width modulation, which leads to a decrease in the average value of phase currents and a decrease in power losses in effective resistance to the flow of motor current.

References

1. Radchenko N., Nekrasov A., Latyshev K., Hrytsai O. Research of energy efficiency of start-up of asynchronous electric drives with scalar frequency control. *4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*. 2022. P. 1–6.
2. Khomenko I. V., Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Hordiienko D. A., Shelest D. A. Research and calculation of the levels of higher harmonics of rotary electric machines in active-adaptive networks. *4th International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF-2023)*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1254. 012040. P. 1–15. DOI: 10.1088/1755-1315/1254/1/012040.
3. Nerubatskyi V., Hordiienko D. Study of the influence of sliding mode regulator on spectrum higher harmonics of the SEPIC converter. *2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. 2023. P. 1–4. DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402454.
4. Pjetri A., Dume G., Bardhi A. Impact of frequency converter in induction motor efficiency. *2022 International Conference on Renewable Energies and Smart Technologies (REST)*. 2022. P. 1–5. DOI: 10.1109/REST54687.2022.10022434.
5. Nerubatskyi V., Hordiienko D. Analysis of topology of the autotransformer forward-flyback converter for photovoltaic panel. *Power engineering: economics, technique, ecology*. 2024. No. 1. P. 81–85. DOI: 10.20535/1813-5420.1.2024.297579.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В АВТОНОМНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯХ

Закурдай Світлана Олександрівна,

кандидат технічних наук,

Шавкун Вячеслав Михайлович,

кандидат технічних наук,

Фурсов Володимир Ігорович,

студент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: Svitlana.Zakurday@kname.edu.ua

Країни прагнуть досягти «нульових» викидів, і електричний транспорт є одним із засобів досягнення цієї мети. Очікується, що глобальне поширення електротранспорту призведе до скорочення викидів на 11% у 2030 році та на 40% у 2040 році. Використання відновлюваних джерел енергії в енергетичному секторі, як очікується, призведе до скорочення викидів на 26% у 2030 році і на 58% у 2040 році [1]. Електроенергія, що використовується для зарядки, відіграє важливу роль, і аналіз життєвого циклу показує, що вплив переходу на електромобілі на скорочення викидів є більш сприятливим, якщо вироблена електроенергія становить менше 800 грамів еквіваленту вуглекислого газу (CO₂-екв) на кіловат-годину (кВт-год) (для великих транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння, де знаходиться більшість електромобілів у США, Європі та Китаї).

Уникнення заряджання електромобілів у типові пікові періоди може зменшити викиди та загальні витрати. Керована або «розумна» зарядка – це спосіб інтеграції електромобілів в електромережу, де зарядка контролюється напругою і зменшує локальні піки в розподільчій мережі [2].

Основою «розумної» зарядки є запровадження тарифів за час використання, динамічних тарифів (на основі даних) та ціноутворення в критичні пікові періоди. Для того, щоб електромобілі могли підтримувати більш масштабні завдання мережі, вони повинні мати можливість регулювати свою зарядку, як тільки система надсилає сигнал. Чим швидше електромобілі можуть реагувати, тим більше послуг вони можуть надавати. Такого високого рівня координації можна досягти лише завдяки діджиталізації.

Діджиталізація мережі означає надання даних у режимі реального часу, щоб парки електромобілів могли реагувати на імена в мережі.

Крім того, електротранспорт необхідно враховувати в енергетичному плануванні, яке наразі базується на великих споживачах.

Принципи розумної системи зарядки такі:

1 Задоволення попиту в мережі: опосередковано через тарифи та безпосередньо через оптовий ринок електроенергії.

2 Стандартизація та інтероперабельність різних виробників електромобілів і зарядних пристроїв, а також впровадження загальних протоколів для зв'язку з мережею.

3 Розробка розумних вимог до комунікації та управління для зарядної інфраструктури та виробників електромобілів.

4 Інтеграція відновлюваної енергетики та електромережі, встановлення спеціальних тарифів та інформування споживачів про доступність чистої електроенергії.

5 Переосмислення ролі розподільчих компаній від пасивних власників до цифрових та динамічних менеджерів мережі.

Список використаних джерел

1. Elnaz Ghorbani, Tristan Fluechter (2023) Optimizing Energy Consumption in Smart Cities' Mobility: Electric Vehicles, Algorithms, and Collaborative Economy Energies 2023, 16(3), 1268; <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/3/1268>

2. Зарядні пристрої електромобілів URL: <http://ua.weeyuevse.com/ac-wallbox-ev-charger/ac-ev-charger.html> (дата звернення: 30.04.2024).

УДК 628.9:621.311

ВПЛИВ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ РІШЕНЬ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

Кіндінова Анастасія Костянтинівна,
аспірантка

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: kindinova.anstasiia@gmail.com

Внутрішнє, дорожнє та зовнішнє освітлення об'єктів повинно відповідати численним вимогам та рекомендаціям, щоб задовольнити очікування споживачів та відповідати запитам суспільства. Використання електричного освітлення у приватному та громадському просторі дозволяє людям здійснювати різноманітні повсякденні дії у будь-який час, навіть відсутність денного світла не становить перешкоди. Важливо, що ефективне освітлення передбачає не лише стильний дизайн, але й враховується критичні аспекти, такі як умови освітлення, енергоефективність та вплив на природне середовище. Рішення щодо освітлення об'єкта, його функціональності, витрат на обслуговування та інвестиції, приймаються на етапі проектування, де команда проектувальників відповідає за результати освітлення, а також за правильне функціонування системи та відповідні витрати.

Зважаючи на характеристики об'єкта та його оточення, перший етап проектування освітлення передбачає детальний аналіз усіх умов, включаючи географічне розташування, просторове розташування, розміри об'єкта та фотометричні характеристики поверхонь. Враховуються погодні умови, місцезнаходження, архітектурні особливості та взаємозв'язки з іншими об'єктами.

Критерії оцінки освітленості та енергоефективності включають ряд параметрів та їх критеріальні значення, які використовуються для аналізу та оцінки освітлювальних рішень у внутрішніх приміщеннях, на дорогах та архітектурних об'єктах. Оцінка включає в себе такі аспекти, як середня освітленість, рівномірність освітлення, відблиски дискомфорту, а також оцінка енергоефективності.

У внутрішньому освітленні оцінюється не лише освітленість стелі та стін, а й візуальна комунікація та моделювання. Для дорожнього освітлення важливими є візуальне керівництво та дотримання правил освітлення зовнішніх об'єктів.

Оцінка енергоефективності враховує такі показники, як потреба встановленої потужності системи освітлення, її енергоспоживання, а також нормована щільність потужності чи LENO для внутрішніх приміщень. Застосування цих критеріїв допомагає в аналізі та оцінці ефективності освітлювальних рішень.

Вибір освітлювального обладнання визначає якість освітлення та енергоефективність проекту. Важливо обирати джерела світла, які відповідають вимогам освітлення та забезпечують економію енергії. Ефективне використання освітлювального обладнання – ключовий аспект у всіх об'єктах освітлення. Рекомендується використовувати джерела світла з високою світловою віддачею та враховувати термін служби лампи та зменшення світлового потоку з часом.

Важливо також звертати увагу на якість виробленого світла, зокрема корельовану колірну температуру та загальний індекс передачі кольору. Світлодіодні технології є лідерами у розробці освітлювального обладнання завдяки високій ефективності та тривалості служби. Світлодіодні лампи вже стали стандартом для освітлення житлових приміщень та загального освітлення громадських місць, забезпечуючи значні переваги порівняно з традиційними джерелами світла.

Після вибору освітлювального обладнання аналізуються способи його використання, зокрема методи освітлення, компонування, управління та обслуговування. У цих аспектах

керування освітленням має найбільший потенціал. Регулювання освітлення використовується зазвичай з двох причин. По-перше, для економії електроенергії шляхом зменшення потужності світильників з одночасним забезпеченням вимог до освітлення. По-друге, для забезпечення комфортного освітлення, яке може включати зміну рівнів освітленості/яскравості та кольору світла.

Загалом у освітленні зараз розповсюджені різні системи управління, спрямовані на економію електроенергії. Для приватних приміщень користувачі встановлюють світлодіодні модулі або регулюють потужність світлодіодних світильників, щоб отримати додаткові світлові ефекти, такі як управління кольором світла через системи RGB або RGBW. Технологія "розумного будинку", де управління здійснюється через мобільний додаток, швидко розвивається в цій галузі. У громадських приміщеннях та освітленні доріг керування освітленням використовується переважно для зменшення витрат на експлуатацію освітлення, але також враховується комфорт користувачів. У прожекторному освітленні керування освітленням часто використовується для створення різних світлових ефектів, таких як зміна рівнів та розподілу яскравості та кольору світла, навіть з урахуванням аспектів енергозбереження.

Системи керування освітленням дозволяють користувачам скоротити витрати на експлуатацію освітлення, головним чином шляхом зменшення потужності світильників та їх тимчасового відключення. Наприклад, потужність світильників можна зменшити при внутрішньому освітленні за допомогою світлових датчиків, які підтримують постійний рівень освітленості на робочій поверхні в залежності від кількості доступного денного світла. Таке відключення може відбуватися через датчики присутності або руху. Ці рішення часто застосовуються в освітленні офісних приміщень, коридорів і промислових об'єктів.

Керування освітленням повинно завжди відповідати вимогам до освітлення. Тому проектування освітлення та вибір систем керування освітленням потрібно виконувати комплексно. Результати дослідження підкреслюють важливість збалансованого підходу до проектування освітлення, який враховує як умови освітлення, так і енергоефективність.

Безперечно, незалежно від варіанту освітлення, такого як інтер'єр, дорога або екстер'єр архітектурного об'єкта, порядок аналізу та проектування освітлення залишається однаковим. Це відображає універсальний підхід, який знайшов своє застосування у всьому світі серед дизайнерів, інженерів і науковців у галузі світлотехніки.

Розвиток технологій освітлення в останні роки відкриває широкі можливості для покращення умов освітлення та підвищення енергоефективності. Основні види діяльності, які впливають на результат освітлення, включають аналіз об'єкта, використання систем керування та вибір якісного обладнання.

Застосування стратегій проектування, наведених у статті, має потенціал покращити умови освітлення та енергоефективність. Професійне проектування освітлення, узгоджене з результатами аналізу, може виявитися важливим елементом для досягнення високоякісного та енергоефективного освітлення в будь-якому контексті.

Список використаних джерел

1. T. Kruisselbrink, R. Dangol, and A. Rosemann, "Photometric measurements of lighting quality: An overview", *Build. Environ.* 138, 42–52 (2018).
2. P.R. Boyce, *Human factors in lighting*, 3rd edition, CRC Press, Boca Raton, 2014.
3. European Standard EN 12464-2:2014, *Light and lighting – Lighting of work places – part 2: Outdoor work places*, CEN, Brussels, 2014.
4. European Standard EN 1838:2013, *Lighting applications – Emergency lighting*, CEN, Brussels, 2013.
5. M.G. Figueiro, R. Nagare, and L. Price, "Non-visual effects of light: how to use light to promote circadian entrainment and elicit alertness", *Light. Res. Technol.* 50 (1), 38–62 (2018).

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЗАПУСКУ АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА З ІНВЕРТОРНИМ ЗБУДЖЕННЯМ

Коваленко Дмитро Сергійович,
аспірант

Шкурпела Олександр Олександрович,
кандидат технічних наук,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail: ua.mail.kovalenko@gmail.com

Вступ. Сучасні тенденції розвитку електроенергетики вказують на широке впровадження відновлюваних джерел енергії та перехід до розподіленої генерації. Такий вектор розвитку електроенергетики зумовлює використання великої кількості джерел малої потужності, як у складі загальної електромережі, так і в складі автономних систем. Це збільшує інтерес до використання асинхронної машини в якості генератора вітроустановок або дизельних установок. Відомі переваги асинхронної машини перед іншими типами електричних машин, такі як простота, надійність, низька вартість. Натомість асинхронна машина також має і недоліки, при використанні в якості генератора. Основним недоліком є необхідність використання дорогих конденсаторів для збудження, а також слабо вивчений процес самозбудження асинхронних генераторів та відсутність єдиної теорії цього процесу. Окремо це ускладнюється впливом системи керування на процес самозбудження, при роботі асинхронного генератора з інвертором напруги (струму), тому на практиці, найчастіше забезпечення гарантованого самозбудження автономних генераторів визначається шляхом експерименту на фактичному обладнанні та при потребі його корегуванні. Все вище викладене вказує на безперечну актуальність обраної теми дослідження та потребує її розкриття.

Результати дослідження. В якості асинхронної машини в цьому дослідженні використовується асинхронний двигун типу АД906, що має наступні паспортні дані:

- номінальна вихідна потужність $P_{2н}=240$ кВт,
- номінальна фазна напруга обмотки статора $U_{1н}=664$ В,
- номінальна частота струму $f_1=33.6$ Гц,
- номінальний коефіцієнт корисної дії $\eta_n=93$ %,
- номінальний коефіцієнт потужності статорної обмотки $\cos\varphi = 0.96$,
- номінальне ковзання ротора $S_n=1.9$ %,
- число пар полюсів $Z_p = 2$,
- число фаз $m = 3$.

Для збудження асинхронного генератора АД906 використовується інвертор напруги та векторна система керування. Робоча напруга, що використовується для живлення навантаження формується у колі постійного струму інвертора напруги.

Відомо, що процес збудження асинхронного генератора виконується від батареї конденсаторів, що можуть бути з'єднанні в трикутник чи у зірку. У випадку інверторного збудження ємнісний струм формується безпосередньо, а джерелом енергії виступає конденсатор, що встановлений у ланці постійного струму. Фактом збудження вважається стійке підвищення напруги в колі постійного струму. Для виконання цілей дослідження процес підключення навантаження не досліджувався.

Для проведення дослідження була створена імітаційна модель системи асинхронний генератор – інвертор напруги (рисунок 1). Модель має в своєму складі асинхронний генератор, інвертор напруги з гальмівною провідністю та гальмівним ключем.

Імітаційна модель асинхронного генератора, що використана у дослідженні через особливості своєї побудови, не має значень залишкового магнітного потоку ротора та статора, що можуть використовуватись у процесі початкового збудження та, згідно досліджень значно полегшують пуск генератора. Що відповідають “гіршому” випадку, що не суперечить меті

дослідження, тому додаткових коригувань імітаційної моделі не проводилось. Результати дослідження представлені на рисунку 2. Параметри умов запуску асинхронного генератора представлені у таблиці 1.

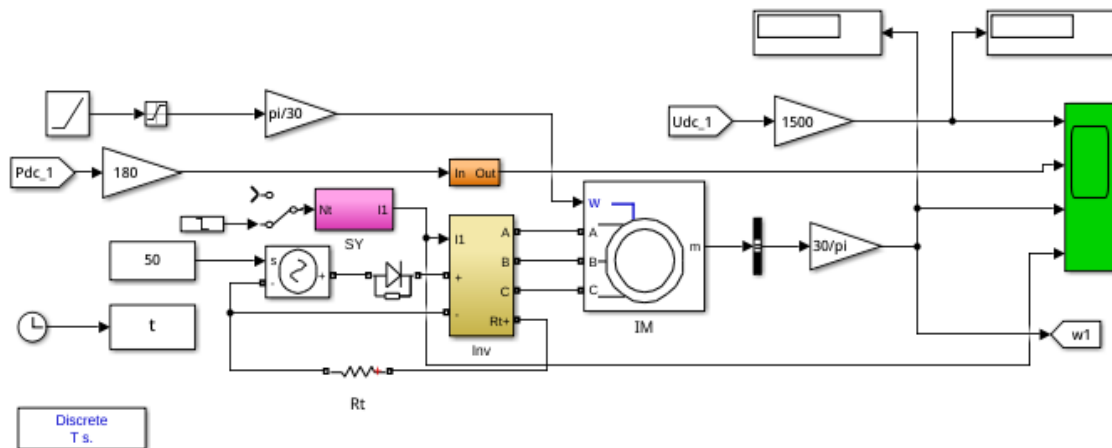


Рисунок 1 – Імітаційна модель інверторного збудження асинхронного генератора

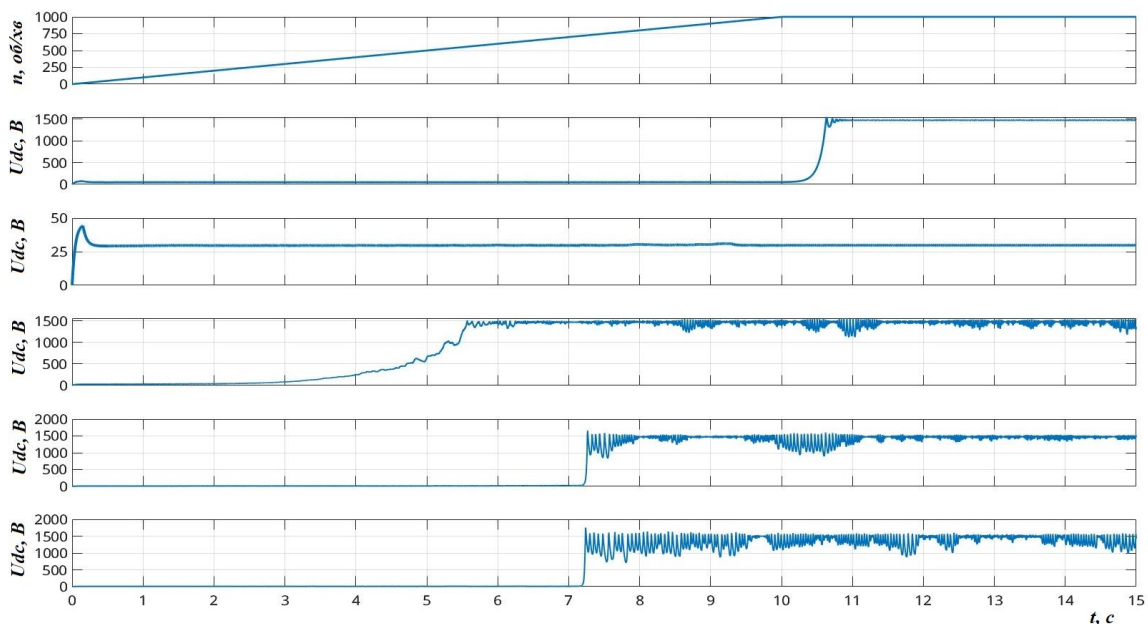


Рисунок 2 – Результати імітаційного моделювання умов запуску асинхронного генератора

Таблиця 1 – Параметри умов запуску асинхронного генератора

№ з/п	Початкова напруга, В	Частота пуску, об/хв	Ємність фільтра, мкФ	Результат пуску
1	50	1000	3000	Успіх
2	30	-	3000	Невдача
3	30	550	100	Успіх
4	12	750	40	Успіх
5	9	750	20	Успіх

Висновки. В ході дослідження встановлено, що на процес збудження впливають декілька параметрів. Початкова напруга на ємності, частота обертання валу генератора та величина ємності фільтра у колі постійного струму інвертора. Встановлено, що частота обертання валу, при якому відбувається збудження генератора зворотно пропорційна початковій напрузі на конденсаторі. А величина ємності фільтра в колі постійного струму прямо впливає

на умови пуску асинхронного генератора. Зменшення величини ємності фільтра кола постійного струму інвертора призводить до полегшення пуску асинхронного генератора.

За результатами дослідження чітко видно, забезпечення надійного пуску асинхронного генератора з інверторним збудженням можна досягти корегуванням величини ємності фільтру, проте чіткої залежності встановити не вдалося. Пошук такої залежності потребує додаткового дослідження.

Список використаних джерел

1. Марков, В. С. Огляд та аналіз сучасних гіпотез порушення автономних асинхронних генераторів. Інтегровані технології та енергозбереження. 2017. № 1. С. 73–94. (CrossRef)
2. Muljadi, E., Sallan, J., Sanz, M., and Butterfield, C.P., Investigation of self-excited induction generators for wind turbine applications, IEEE Proc., 1, 509–515, 1999
3. Ekanayake, J. B., Induction generators for small hydro schemes, Power Eng. J., 61–67, April 2002.
4. F. A. Farret, B. Palle and M.G. Simoes, “Full expandable model of parallel self-excited induction generators,” IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 152, No. 1, January 2005.

УДК 621.3

ВПЛИВ ЄМНОСТІ АКУМУЛЯТОРА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Коваль Вадим Петрович,

кандидат технічних наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

E-mail: koval_vp@ukr.net

Руйнування енергосистеми України, підвищення цін на електроенергію та недостатня кількість електроенергії на деяких ділянках електромережі стали суттєвими аргументами пошуку резервних джерел живлення. Саме тому розподілені фотоелектричні системи набувають усе ширшого застосування як для промислового так і для житлового сектору. Фотоелектричні станції, які функціонували до війни лише для продажу електроенергії в мережу відступають на задній план. Усе частіше будуються фотоелектричні станції, які генерують електроенергію для власних потреб. У зв'язку із нерівномірністю поступлення сонячної енергії та споживання електроенергії обов'язково використовувати акумулятори електроенергії. Незважаючи на велику кількість досліджень, присвячених проектуванню ємності та стратегіям управління системою акумуляування за різних умов роботи [1], мало хто з них приділяє увагу впливу ємності акумулятора на ефективність роботи фотоелектричної станції в реальних умовах експлуатації.

Для досліджень побудовано фотоелектричну станцію на основі гібридного інвертора MUST PV18-5248 PRO потужністю 2320 Вт (рис.1).

В її склад входять 8 фотоелектричних панелей потужністю по 290 Вт, гібридний інвертор, захисна апаратура від короткого замикання, перенавантаження, ураження блискавкою та Li-ion акумуляторна батарея напругою 48 В із системою керування акумуляторною батареєю (BMS).

Використаний гібридний інвертор MUST PV18-5248 PRO – це пристрій який функціонує із трьома джерелами енергії: мережа, сонце і акумуляторна батарея. При наявності будь-якого з них живить споживача електроенергією. При цьому має функцію підмішування. Вона полягає в подачі електроенергії від декількох джерел одночасно, змінюючи відсотковий вміст кожного в залежності від заданої програми. Наприклад, запрограмовано жити споживача спочатку від фотоелектричних панелей, потім від акумулятора, а при недостатній кількості електроенергії від першого і другого – від мережі. У цьому випадку, якщо енергії

сонця не достатньо живлення споживача буде здійснюватися з двох чи навіть трьох джерел одночасно. Тоді з фотоелектричних панелей відбирається максимум, решту із акумуляторної батареї, а піки (при вмиканні двигунів, компресорів і т.д) з мережі. Ще однією важливою функцією обраного інвертора є дистанційне керування та система моніторингу, яка дозволяє отримати звіти про потоки енергії і фотоелектричній станції.



а) зовнішній вигляд



б) фотоелектричні панелі на даху будинку



в) блок захисту електростанції

Рисунок 1 – Експериментальна фотоелектрична станція на основі гібридного інвертора MUST PV18-5248 PRO

Для експериментів взято Li-ion акумуляторну батарею 12S2p ємністю 125 А·год (5,55 кВт·год) (див рис. 1). Акумуляторна батарея повинна забезпечити живлення будинку у темну пору доби, а сонячна енергія у день. Саме тому її ємність обрана як половина тієї, що споживає будинок за добу.

В результаті дана система успішно працювала впродовж року. На рис. 2 наведено графіки генерації та енергоспоживання отримані експериментальним шляхом для деяких днів року.

Проаналізувавши отримані результати зроблено наступні висновки:

в сонячні дні у світлу пору доби електроенергії, генерованої фотоелектричною станцією було достатньо для живлення будинку;

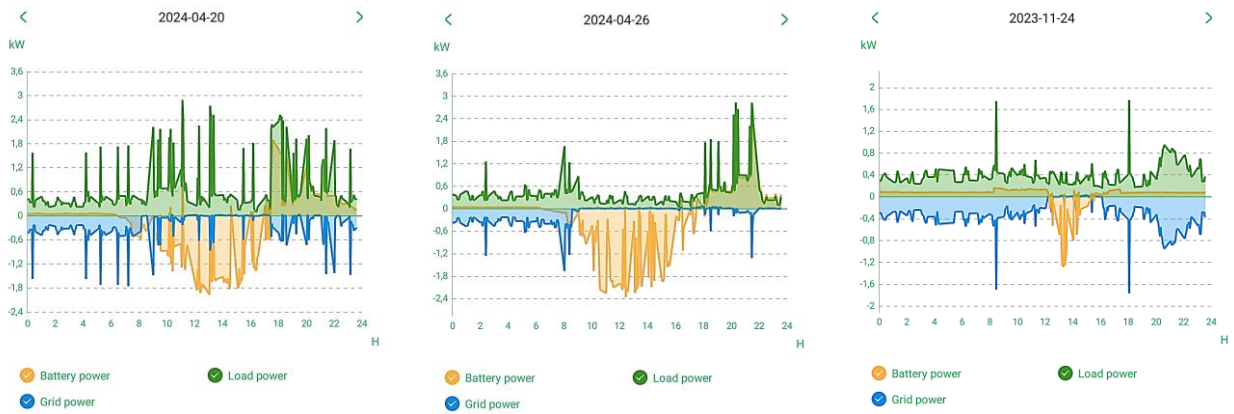
у вечірній час, при живленні від акумуляторної батареї ємністю 125 А·год (5,55 кВт·год), накопиченої електроенергії було достатньо лише до 21...23 години (залежно від пори року);

розряджена акумуляторна батарея заряджалася наступного дня до полудня (недостатня ємність), а після цього надлишки електроенергії, які не споживалися втрачалися;

впродовж трьох зимових місяців, коли сонячних днів було дуже мало і переважала хмарна погода генерація становила від 7 % встановленої потужності;

попередньо зроблене припущення, що ємність акумулятора повинна бути такою, щоб забезпечити половину добового навантаження була помилковою. Слід враховувати, що у вечірній час в приватному будинку споживання є найбільшим. Крім того система не розряджає акумулятор до «0», а з метою забезпечення тривалої роботи розряджає його до 20 %.

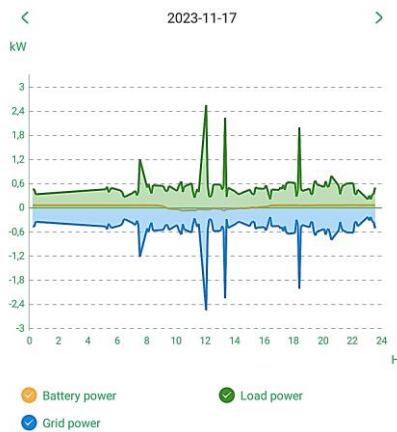
Наступним етапом експериментів стала розробка та виготовлення акумуляторної батареї ємністю 426 А·год (20,49 кВт·год). Її зовнішній вигляд представлений на рис. 3, а.



а) «сонячної» електроенергії достатньо тільки в день

б) «сонячної» електроенергії достатньо до опівночі

в) генерування «сонячної» електроенергії 24.11.2023



г) робота електростанції у хмарну погоду

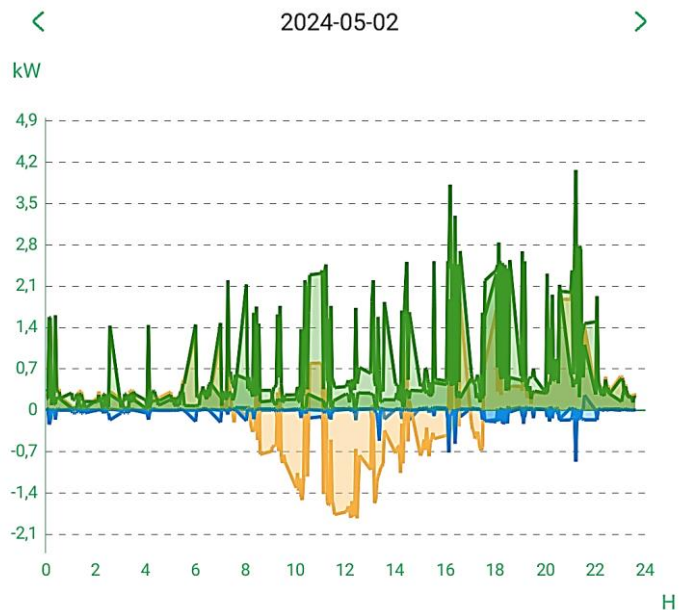


д) вікно моніторингу миттєвих даних енергетичних потоків

Рисунок 2 – Screenshots із системи моніторингу роботи фотоелектричної системи



а) акумуляторна батарея ємністю 426 А·год (20,49 кВт·год)



б) генерація повністю покриває потреби в електроенергії

Рисунок 3 – Акумуляторна батарея ємністю 426 А·год (а) і результат її використання (б)

В результаті експлуатації впродовж 10 днів фотоелектрична система показала відмінний результат із ефективності роботи. Оскільки уся електроенергія вироблена панелями або споживалась навантаженням, або накопичувалася в акумуляторній батареї (рис. 3,б). Саме тому ємність акумуляторної батареї повинна бути не меншою ніж добове електроспоживання.

Список використаних джерел

1. Герега С. Збільшення ефективності використання сонячних панелей / Степан Герега, Вадим Коваль, Ярослав Філюк // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування, 8-9 червня 2017 року. – Т. : ТНТУ, 2017. – С. 202.

УДК 628.98

СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ РОЗУМНИХ МІСТ

Козак Катерина Миколаївна,
кандидат технічних наук, доцент
Тарасенко Микола Григорович,
доктор технічних наук, професор
Теравський Петро Анатолієвич,
студент-магістр

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
E-mail: kozakateryna@gmail.com

У мінливому ландшафті розвитку міст інтеграція інтелектуальних технологій у системи вуличного освітлення стала центральною точкою для підвищення функціональності та ефективності міської інфраструктури. Даний аналіз заглиблюється в трансформаційну роль розумного освітлення в рамках розумних міст, підкреслюючи, як ці системи не тільки освітлюють міське середовище, але й роблять значний внесок у енергозбереження, підвищену безпеку та покращене міське управління.

Статистичні дані, надані джерелами [1, 2], висвітлюють критичний аспект міського енергоспоживання, де приголомшливі 60% електроенергії, призначеної для міських потреб, споживається вуличним освітленням. Це підкріплює нагальну потребу в оптимізованих рішеннях освітлення, які б відповідали високому попиту на енергію, особливо під час роботи вночі. Розумні системи освітлення, які замінюють традиційні лампи розжарювання та люмінесцентні лампи, з'являються як рішення для значного зменшення споживання енергії вже давно. У сучасних системах розумного освітлення використовуються передові технології керування, які включають як дротові, так і бездротові мережі, завдяки чому можна регулювати освітлення на основі даних про навколишнє середовище та інфраструктуру в реальному часі. Ця здатність динамічно контролювати інтенсивність світловипромінювання не тільки зменшує непотрібне споживання електроенергії, але й подовжує термін служби освітлювальних пристроїв, таким чином забезпечуючи подвійну вигоду – зниження витрат на експлуатацію та обслуговування.

В основі переходу до розумних систем вуличного освітлення лежить парадигма Інтернету речей (IoT), яка запроваджує більш взаємопов'язаний і керований даними підхід до міського управління. Відповідно до [3], IoT включає різноманітні пристрої, вбудовані в датчики та комунікаційні технології, такі як WiFi, GSM та ZigBee, які полегшують обмін даними через Інтернет. Це підключення має вирішальне значення для впровадження інтелектуальних систем освітлення, оскільки воно дозволяє дистанційно керувати та оптимізувати освітлення на основі вичерпних міських даних. Наприклад, датчики можуть

визначати рівень навколишнього освітлення, наявність пішоходів або транспортних засобів і навіть погодні умови, відповідно регулюючи освітлення для забезпечення оптимальної видимості та споживання енергії. Це не тільки підвищує енергоефективність системи освітлення, але й забезпечує належне освітлення міських просторів, коли це необхідно, підвищуючи безпеку для мешканців міста. Так, до прикладу, розумна інфраструктура підкреслює наявність так званого розумного стовпа, тобто ліхтаря вуличного освітлення, який в основному складається з пристрою локального керування, відеокамери та обчислювального блоку для обробки відео, датчиків погоди, пристроїв зв'язку та світлодіодних ламп. Розумні стовпи можуть обмінюватися даними (командами керування та запитамі інформації) між собою та через шлюз із веб-додатком дистанційного керування. Режими роботи смарт-стовпів можна підсумувати таким чином:

- *денний час* — увімкнено лише функції моніторингу дорожнього руху: усі дані про дорожній рух витягуються в режимі реального часу за допомогою обробки відео та спільно з веб-додатком.

- *нічний час* — усі інтелектуальні функції ввімкнено, а димерування світлодіодної лампи (окремої/групи) виконується на основі присутності транспортних засобів або пішоходів у контрольованій зоні (сегмент вулиці, перехрестя, площа тощо). Зокрема, якщо в контрольованій зоні не виявлено присутності транспортних засобів/пішоходів, інтенсивність світлодіодного світла підтримується на мінімальному значенні, передбаченому правилами вуличного освітлення. В іншому випадку, якщо виявлено присутність, інтенсивність світлодіодного світла збільшується до найбільш прийняттого значення для контрольованої зони. Таким чином, можна досягти величезної економії енергії, коли трафік відсутній протягом тривалого періоду в нічний час.

- *надзвичайний стан* за замовчуванням без відмов — якщо через втрату з'єднання або пошкодження компонента інтелектуальна система освітлення виходить з ладу, активується умова за замовчуванням, щоб запобігти загальній безпеці. У цьому стані всі розумні функції вимкнено, і система працює як традиційна непідключена система освітлення.

З огляду на це зрозуміло, що інтелектуальність інфраструктури досягається такими основними кроками: 1. Виявлення присутності транспортних засобів і пішоходів у контрольованій зоні; 2. Модуляція яскравості ламп як функція щоденних годин присутності та погодних умов (світлість навколишнього середовища, дощ, туман тощо); 3. Забезпечення, за будь-яких умов експлуатації, достатнього рівня яскравості відповідно до національного/регіонального стандарту; 4. Обмін інформацією та сповіщення станції дистанційного керування та контролю тощо [4].

Незважаючи на безумовні переваги, розгортання інтелектуальних систем освітлення з підтримкою Інтернету речей стикається зі значними проблемами. Початкові інвестиційні витрати на такі передові системи можуть бути надто високими, створюючи перешкоду для їх широкого впровадження. Крім того, необхідно, щоб містобудівники та політики розуміли та відстоювали довгострокові переваги, які пропонують ці системи з точки зору економії коштів та впливу на навколишнє середовище. До того ж, вибір відповідної комунікаційної технології має вирішальне значення для ефективного впровадження IoT у вуличне освітлення. У той час як технології малого радіусу дії, такі як WiFi, є енергоємними і не підходять для додатків із низьким споживанням енергії, а технології великого радіусу дії, такі як GSM, є надто дорогими. У цьому контексті глобальні мережі з низьким енергоспоживанням (LP-WAN), такі як пристрої LoRa та NB, забезпечують збалансоване рішення з низьким споживанням енергії та можливостями дальньої дії, придатними для міських додатків.

Майбутнє інтелектуального освітлення в міській забудові виглядає багатообіцяючим з постійним прогресом технологій і зростаючим усвідомленням потреб сталого розвитку. Інтеграція розумного освітлення з іншими системами управління містом може призвести до більш комплексних рішень розвитку розумного міста, які можуть охоплювати управління енергією, контроль руху, моніторинг навколишнього середовища тощо. Крім того, адаптивні системи освітлення, являють собою значний прогрес у цій галузі, з потенціалом зниження

споживання енергії до 88% порівняно з традиційними системами. Такі системи регулюють освітлення на основі фактичних міських потреб, використовуючи інформацію про дорожній рух і погоду для оптимізації графіків та інтенсивності освітлення, тим самим зменшуючи витрати енергії та сприяючи загальній стійкості міського середовища. Підсумовуючи можна сказати, що інтелектуальні системи вуличного освітлення втілюють важливий прогрес у розвитку розумних міст. Завдяки використанню потужності Інтернету речей та інноваційних технологій керування, ці системи не лише забезпечують значну економію енергії, але й покращують життєдіяльність та управління у містах, прокладаючи шлях до більш стійкого та сталого міського майбутнього.

Список використаних джерел

1. Palumbo, M.L. *Architettura Produttiva: Principi di Progettazione Ecologica*; Maggioli Editore: Milan, Italy, 2012; ISBN 978-88-387-6849-8.
2. Jagadeesha, Y.M.; Akilesha, S.; Karthika, S. Prasantha, Intelligent Street Lights. *Procedia Technol.* 2015, 21, 547–551. [CrossRef].
3. Dudhe, P.V.; Kadam, N.V.; Hushangabade, R.M.; Deshmukh, M.S. Internet of Things (IOT): An overview and its applications. In *Proceedings of the 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*, Chennai, India, 1–2 August 2017.
5. Fortino, G.; Gravina, R.; Galzarano, S. *Wearable Computing: From Modeling to Implementation of Wearable Systems Based on Body Sensor Networks*; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2018; ISBN 9781119078821.

УДК 628.98

DIGITAL TWIN АРХІТЕКТУРА ДЛЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ОСВІТЛЕННЯ В КОНТЕКСТІ ІНТЕРФЕЙСУ ІНДУСТРІЇ 4.0

Колесник Анастасія Ігорівна,

кандидат технічних наук

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: Anastasia.Kolesnyk@kname.edu.ua

Ми рухаємося до цифрової подвійної архітектури для освітлювальної промисловості, як описано в цій статті [1], яка представляє орієнтацію освітлювальної техніки засновану на архітектурі Digital Twin (DT) для освітлювальної промисловості, інтегруючи симульовані моделі, аналітику даних і візуалізацію, що представляє вигляд світильників. У цій же статті пропонується повне визначення цифрового двійника загалом, а також для освітлювальної промисловості; «DT» – це віртуальне представлення фізичного об'єкта, процесу або системи, що містить цифровий аналог його невід'ємної частини в реальному світі. Він фіксує властивості, поведінку та характеристики фізичної сутності в режимі реального часу, полегшуючи обмін даними та взаємодію між віртуальними та фізичними компонентами. Складаючись із трьох фундаментальних компонентів: фізичної сутності, віртуальної моделі та з'єднання, що забезпечує обмін даними, DT працюють на загальну мету – надання цінної інформації, уможливлення прогнозованого аналізу, полегшення оптимізації та підтримки прийняття рішень у всьому циклі життя фізичного об'єкта чи системи.

Проект [2] отримав фінансування від спільного підприємства ECSEL (JU) згідно з грантовою угодою. В цьому проекті вказується на правильність визначення налаштування та підібраний цифровий двійник світильника, що є критично важливим, враховуючи різноманітність умов, яким вони піддаються. Перелік цих налаштувань наступні: екологічні параметри (температура, вологість); умови роботи (напруга, затемнення, цикли увімкнення/вимкнення); фактори терміну роботи (критичні збої в електроживленні та якості електроенергії, ефекти старіння, зміна кольору, залишковий світловий потік)

Нові робочі процеси та інтеграція стали можливими завдяки введенню хмарного сховища для високопродуктивних обчислень. Програмне забезпечення SimScale працює над калібруванням цифрових подвійних теплових моделей для світлодіодних світильників у рамках проєкту AI-TWILIGHT (із застосуванням штучного інтелекту), що фінансується ЄС. На основі повністю написаної програми можна отримати значення термічного опору, наприклад зменшене моделювання, без будь-якого торкання графічного інтерфейсу користувача, не кажучи вже про параметри моделювання чи дискретизацію домену (розміри сітки). Проєкт AI-TWILIGHT об'єднує провідних академічних та промислових експертів із твердотільного освітлення (SSL) та світлодіодних технологій. «Головна мета AI-TWILIGHT — об'єднати віртуальний і фізичний світи, щоб прокласти шлях для інновацій у галузях, де європейська промисловість, ймовірно, буде конкурентоспроможною. Самонавчаюча програма DT (цифрові близнюки) систем освітлення (світлодіодне джерело, драйвер програми освітлення) буде створена та використана як вхідні дані для прогнозування продуктивності та терміну служби світлотехнічного продукту, а також проєктування інфраструктури з управлінням в автономному режимі.

Список використаних джерел

1. Towards a digital twin architecture for the lighting industry // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167739X24000359>.
2. Сайт розробника концепції // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://ai-twilight.eu/>
3. Програмне забезпечення // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.simscale.com/>
4. The Global Information Hub for Lighting Technologies and Design // Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.led-professional.com>

УДК 681.5

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ ОСВІТЛЕННЯМ

Колодійчук Любомир Семенович,
кандидат педагогічних наук, доцент,

Плонка Ігор Олегович,
асистент

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»
E-mail: kollub@ukr.net

Під цифровими технологіями розуміють Інтернет речей, роботизацію та кіберсистеми, штучний інтелект, великі дані, хмарні та туманні обчислення, мобільні технології, квантові технології, блокчейн тощо [1]. Цифровізація є процесом переходу від традиційних методів роботи до використання цифрових технологій у всіх сферах життя, включно з побутом, промисловістю, і навіть у державному управлінні. Вона охоплює різні аспекти, від використання смартфонів та комп'ютерів до комплексних промислових систем, що працюють на базі Інтернету речей (IoT).

В сучасному світі на застосування цифрових технологій скеровують увагу провідні країни. При цьому вони по-різному підходять до цифровізації економіки. Німеччина, наприклад, розробила стратегію «Індустрія 4.0», спрямовану на використання інтелектуальних систем у промисловості. Китай просуває «Інтернет плюс», що передбачає інтеграцію Інтернету у різні галузі економіки. Польща, своєю чергою, запроваджує ініціативу «Від паперової Польщі до цифрової». Ці стратегії демонструють, наскільки важливою стала цифровізація для провідних економік світу.

У цій статті ми розглянемо, як цифровізація (digitalization) змінює підходи до автоматизації освітлення, так як будь-який «Розумний дім» розпочинається з електричного освітлення. Для нашого дослідження ми обрали платформу Home Assistant, встановлену на звичайному персональному комп'ютері через Virtual Box. Це зумовлено тим, що платформа не вимагає використання сторонніх (європейських чи китайських) серверів, як це потребують більшість сучасних виробників IoT-рішень: Sonoff, Xiaomi, Apple, Tuya, Philips та інші. Усі дані зберігаються локально, що забезпечує більшу безпеку та контроль над особистою інформацією.

Open Source Home Assistant для домашньої автоматизації, дозволяє створювати автоматизації реагування на сутності, тобто події, стани чи інформацію що відбулися та відповідно цього керувати електричним освітленням і відправляти сповіщення на смартфон. При цьому автоматизації керування освітленням створюються за допомогою:

1. trigger (що запускає автоматизацію);
2. condition (додаткові умови за яких виконається автоматизація);
3. action.

До Home Assistant можна приєднати, як вже готові «розумні пристрої», так і спеціалізовані Wi-Fi мікроконтролери типу ESP8266 (Node MCU), ESP32. В останньому випадку, плату потрібно завантажити базовою прошивкою зі стандартної програми ESP Home в застосунку (файл «factory»). Це забезпечить зв'язок плати мікроконтролера з наявною Wi-Fi-мережею.

При цьому ключовим є те, що операції керування електричним освітленням (розумні лампочки, розумні реле, що під'єднані до звичайних ламп) проводяться локально не покидаючи меж приміщення і з одного місця [2]. В такому випадку через опцію «Огляд» в Home Assistant, потрібно створити картки керування окремими девайсами розумного освітлення в графічному (текстовому) редакторі або додати план приміщення з нанесеними у ньому пристроями.

Приклад розробленого дашборду користувача для керування електричним освітленням за допомогою релейних модулів, зображено на рисунку 1.

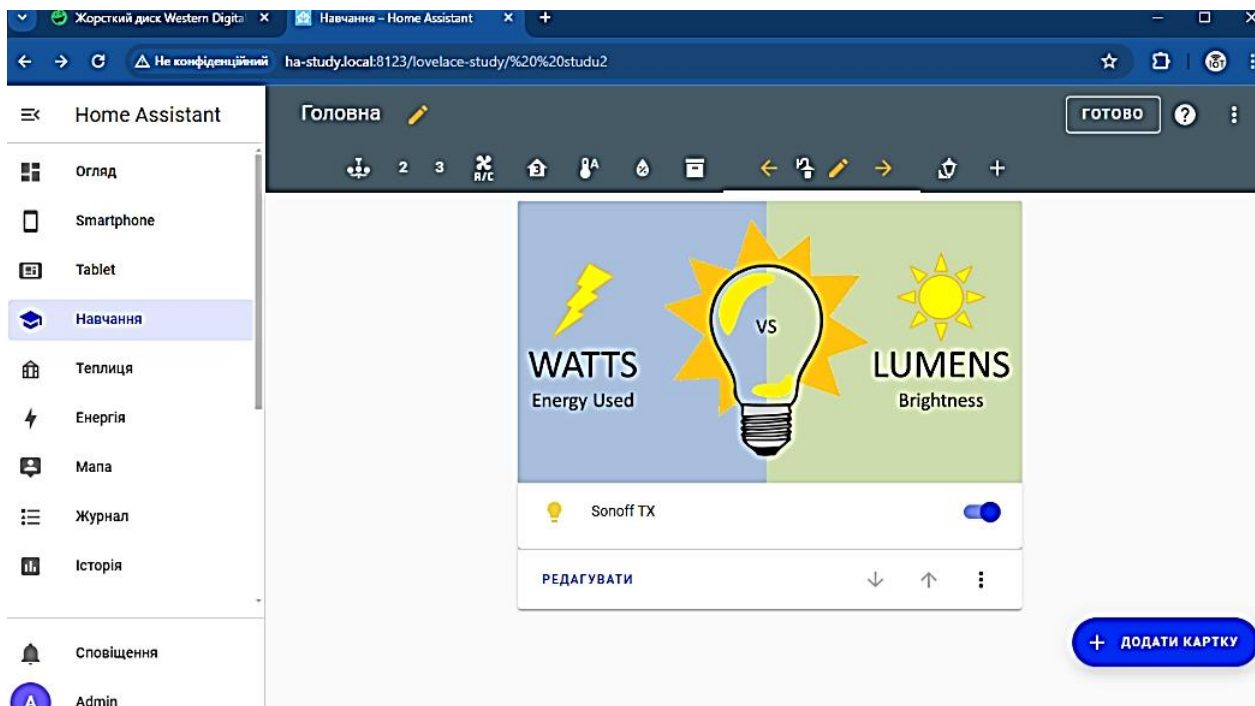


Рисунок 1 – Загальний вигляд розробленого вікна в Home Assistant.

Окрім цього, в меню Lovelace що характеризується зручністю керування, відкривається доступ до інструментів розробника, а також журналу та історії подій.

Наше дослідження показало, що використання цифрових технологій на базі Home Assistant дозволяє створювати ефективні рішення для домашньої автоматизації. Важливо зазначити, що ця платформа підтримує різних виробників і має величезну кількість інтеграцій, що робить її гнучкою і доступною для широкого кола користувачів. Home Assistant дозволяє не тільки автоматизувати різні процеси, але й забезпечує можливість керувати ними з віддаленого місця через VPN. Крім того, система підтримує надсилання сповіщень у месенджери, що забезпечує додатковий рівень зручності та контролю. Тобто, цифрові технології в управлінні освітленням відкривають нові можливості для автоматизації й оптимізації, дозволяють підвищити ефективність управління освітленням та забезпечити комфорт користувачів. Однак, вони ще потребують подальших досліджень та розробок.

Список використаних джерел

1. Україна 2030E – країна з розвинутою цифровою економікою. URL: <https://strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomikoyu.html> (дата звернення: 30.04.2024).
2. Як додавати пристрої в Home Assistant. URL: <https://f16.zapisi.cx.ua/yak-dodavati-pristroi-v-home-assistant-posibnik-dlya-pochatkivciv/> (дата звернення: 30.04.2024).

УДК 621.3

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ З ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СХОВИЩ ТА УКРИТТІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Коляда Оксана Юріївна

кандидат технічних наук, доцент

ТОВ MagNetto

E-mail: koliada_o@ukr.net

При проєктуванні споруд подвійного призначення із захисними властивостями сховищ виникають питання узгоджуваності існуючих нормативних документів з проєктування систем електропостачання та електричного освітлення, зазначених в списку літератури, з ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» у визначенні навантаження споживачів, виходячи з яких основні розрахунки по системах електропостачання та освітлення приміщень повинні проводитись згідно вимог Нормативних документів з електропостачання та проєктування систем освітлення. Відповідно до ДБН В.2.2-5:2023 для електроприймачів необхідно передбачити незалежне джерело живлення (ДЖ), за умов забезпечення електричною енергією споживачів І групи при автономному живленні на час не менше ніж 48 годин. Тобто, необхідно обрати автономне джерело енергії, що забезпечить електроенергією укриття на дві доби. Для уникнення безструмової паузи для споживачів, при вводі в роботу ДЕС необхідно передбачити джерело безперебійного живлення, та зазначити до нього Нормативні вимоги.

Потужність генератора ДЕС визначається виходячи з максимальної потужності приймачів електричної енергії І групи та І особливої, які працюватимуть у режимі одночасного включення, інженерного та спеціального обладнання захисних споруд (вентиляційних систем, систем клімат контролю, насосів тощо), а також систем електричного освітлення. Для систем освітлення в ДБН В.2.2-5:2023 зазначено, що при зникненні напруги живлення від основного джерела живлення (трансформаторної підстанції) і поновлення роботи споживачів електроенергії шляхом переключення на додаткове незалежне ДЖ не повинно призводити до зменшення експлуатаційних показників освітленості більше ніж в 2-2,5 разів. Але така норма не поширюється на об'єкти, що відносяться до І категорії надійності з позначкою особливої.

Мінімальна потужність навантаження ДЕС при експлуатації повинна складати не менше ніж 40% номінальної потужності. Також при розрахунках навантаження укриттів подвійного призначення загальна потужність на фідерах ТП значно перевищує попередні орієнтовні розрахунки електричних навантажень. Відповідно виникає питання щодо точності розрахунку потужності для особливої групи споживачів. А саме, основним питанням є розрахунок загального навантаження укриття подвійного призначення та визначення коефіцієнту попиту споживачів I категорії та I особливої групи.

Коефіцієнт попиту є важливим показником при проектуванні електромереж. Споживачами електроенергії споруд подвійного призначення із захисними властивостями сховищ будуть інженерні мережі життєзабезпечення (система вентиляції, насосні установки), переносне медичне обладнання (рентген апарат, медичні безтіньові лампи тощо), обладнання приміщення кисне підготовки та загальне електричне освітлення.

Для сучасного медичного обладнання є необхідність нормативно прописати коефіцієнт попиту, відповідно до типу та кількості обладнання, для розрахунку електричних навантажень.

В роботі проведено розрахунки коефіцієнтів попиту та отримані значення, які з урахуванням кількості обладнання складають:

- для пересувного рентген апарату (2 од.) коефіцієнт попиту ($K_{п}$) дорівнює 0,6;
- для безтіньових хірургічних ламп (кількістю до 5 од.) коефіцієнт попиту ($K_{п}$) дорівнює 0,8.

Коефіцієнт попиту визначався відношенням розрахункового навантаження до номінальної встановленої потужності.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.2-10: 2022 Заклади охорони здоров'я. Основні положення.
2. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту.
3. ДБН В.2.5-23:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.
4. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.
5. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом.

УДК 621.314

СВІТЛОДІОДНИЙ ДРАЙВЕР ІЗ ЗНИЖУВАЛЬНИМ КОРЕКТОРОМ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ ТА LLC РЕЗОНАНСНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ НАПРУГИ

Лупенко Анатолій Миколайович,
доктор технічних наук, професор,
Мовчан Леонід Тимофійович,
кандидат технічних наук, доцент,
Чаплій Дмитро Володимирович,
аспірант

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
E-mail: lupenkoan@gmail.com

В сучасному освітлювальному обладнанні важливу роль відіграють світлодіодні джерела світла (СДС). Невід'ємним вузлом такого обладнання є світлодіодний драйвер – «силовий інтерфейс» мережі живлення та СДС, який виконує функцію вторинного джерела живлення для СДС.

В останньому десятилітті значна увага приділяється дослідженню та створенню двокаскадних структур драйверів, першим каскадом яких є коректор коефіцієнта потужності (ККП), а другим – перетворювач постійної напруги (ППН). Такі структури мають два ступені свободи (з точки зору електроенергетичних перетворень) і дають змогу краще забезпечити вимоги стандартів до якості споживання електроенергії, з одного боку, та регламентований режим роботи СДС, з іншого боку. ККП забезпечує близький до одиниці коефіцієнт

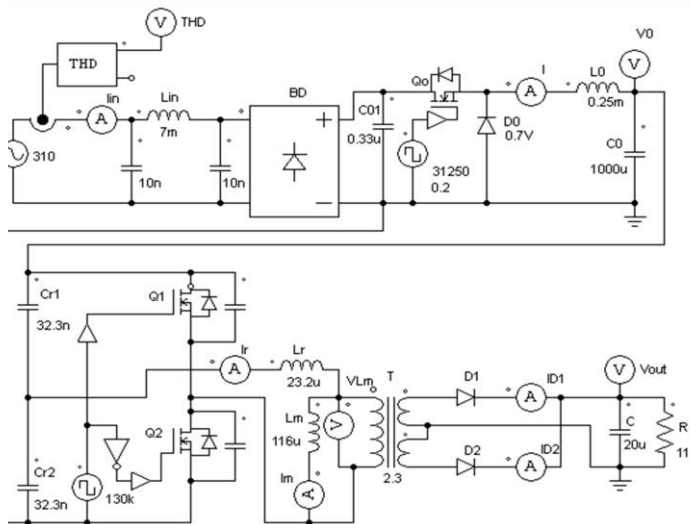


Рисунок 1 – Схема імітаційної моделі драйвера

потужності, низький рівень вищих гармонічних складових струму мережі живлення та постійну вихідну напругу, а ППН перетворює вихідну напругу ККП в напругу, яка використовується для живлення СДС.

В значній частині драйверів СДС як ККП використовується високочастотний підвищувальний ППН (boost-converter) з вихідною напругою 400 В і більше. Проте він має ряд недоліків, які знижують ефективність його застосування у випадку низьковольтних споживачів, якими є СДС. Як показано у роботі [1], при потужностях споживачів, менше 300 Вт, вищу ефективність демонструє знижувальний (buck-

converter) ППН (ЗПН), який дає змогу застосувати транзистори з кращими параметрами, має менший рівень завад загального виду, краще узгоджується з низьковольтним навантаженням.

Тому у даній роботі виконано дослідження драйвера СДС, в якому роль ККП виконує ЗПН, а ППН реалізовано на базі резонансного LLC перетворювача напруги [2]. Виконано аналіз схемного рішення драйвера та проведено його імітаційне моделювання в програмі PSIM-9.0.

Драйвер призначений для живлення світлодіодної матриці EPSX-VF88 з потужністю $P=60$ Вт та номінальним струмом 2,3 А. Мережа живлення: 220 В, 50 Гц.

Схема імітаційної моделі пропонованого драйвера в форматі PSIM-9.0 показана на рис.1. До складу драйвера входять: 1) мережевий фільтр та мостовий випрямляч BD; 2) знижувальний ППН, до складу якого входять транзистор Q0, діод D0, дросель L0 та конденсатор C0; 3) резонансний LLC ППН, до складу якого входять інвертор на транзисторах Q1 і Q2, резонансний контур з конденсаторами Cr1 та Cr2, індуктивністю Lr та індуктивністю Lm намагнічування трансформатора T, випрямляч на діодах D1 і D2, конденсатор C фільтра; 4) еквівалентний опір СДС $R=11$ Ом; 5) блок керування (на схемі не показано).

В результаті аналізу ККП (схеми ЗПН) отримано рівняння, яке зв'язує між собою всі основні параметри його еквівалентної схеми і яке покладено в основу проєктування ККП:

$$\frac{1}{\pi} \frac{R_i}{R_e} \left(\frac{V_m^2}{V_0^2} \arccos \frac{V_0}{V_m} - \sqrt{\frac{V_m^2}{V_0^2} - 1} \right) = 1,$$

де $R_i = \frac{V_0^2}{\eta P}$ - вхідний опір LLC перетворювача, а η – його ККД; R_e – вхідний опір ЗПН;

V_m – амплітуда напруги мережі; V_0 – вихідна напруга ЗПН.

При проєктуванні LLC перетворювача враховано результати, отримані в [3].

Результати моделювання драйвера показано на рис. 2 і рис. 3. Для LLC перетворювача на рис. 2 зображено (зверху – вниз): 1) – миттєві струми I_r резонансної індуктивності та I_m індуктивності намагнічування; 2) і 3) – струми ID1 та ID2 випрямних діодів; 4) напруга VLm

первинної обмотки трансформатора. На рис. 3 показано (зверху – вниз): 1) – миттєвий струм I_{in} мережі; 2) – коефіцієнт гармонік струму мережі $THD=27\%$; 3) – вихідна напруга ККП $V_0=123\text{ В}$ та напруга на СДС $V_{out}=26,3\text{ В}$.

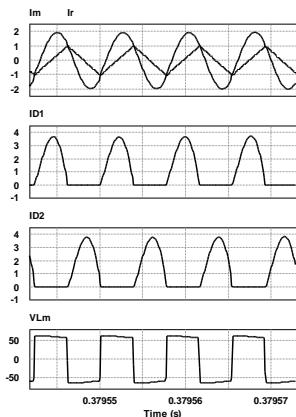


Рисунок 2 – Результати моделювання 1

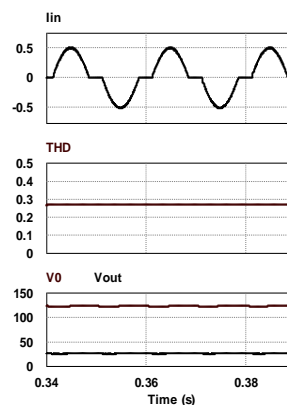


Рисунок 3 – Результати моделювання 2

Отже, результати аналізу і моделювання дають підстави вважати, що драйвер з ККП на базі ЗПН має значно нижчу напругу на виході ККП (120-130 В проти 400 В в підвищувальному ККП), що дає змогу застосувати низьковольтні транзистори, забезпечує вимоги стандарту EN61000-2-3 щодо гармонічного складу струму мережі і може бути рекомендованим для живлення сучасних СДС.

Список використаних джерел

1. L. Huber, L. Jang and M. Jovanovich, "Design-Oriented Analysis and Performance Evaluation of Buck PFC Front End," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 25, no 1, pp.85-94, Jan. 2010.
2. Hang-Seok Choi Design Consideration of Half-Bridge LLC Resonant Converter /*Journal of Power Electronics*, Vol. 7, No. 1, January 2007/ pp. 13-20

УДК 628.974:628.938

СВІТЛОДІОДНА ЕРА ДОРОЖНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ

Назаренко Леонід Андрійович,

доктор технічних наук, професор

Діденко Олена Михайлівна,

кандидат технічних наук,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: leonnaz@ukr.net

Публікація Міжнародною комісією з освітлення (МКО) системи для мезопічної (присмеркової) фотометрії викликало велику кількість робіт, присвячених дослідженню впливу спектрального розподілу енергії випромінювання на зір в умовах освітлення, що відповідає саме мезопічному діапазону $0,005\text{ кд/м}^2 \div 5\text{ кд/м}^2$. В той же час, як візуальні умови за дорожнього освітлення очевидно попадають в мезопічну області, де обидва фоторецептори як палички та і колбочки забезпечують суттєві відклики, рекомендації для дорожнього освітлення до недавнього часу давалися з використанням фотопічної функції світлової ефективності. Проте фотопічне наближення не може бути адекватним, враховуючи вимоги для спектрального розподілу потужності (CRD) джерел світла для дорожнього освітлення. Широке впровадження світлодіодних джерел світла суттєво підвищило можливість, в порівнянні з натрієвими лампами, зміни в CRD і можливість їх тюнінг. Для кількісного

оцінювання джерел світла на периферійне бачення в діапазоні мезопічної яскравості ми повинні характеризувати спектр джерел світла. Відкрите Берманом в 1992 р S/P-відношення – це характеристика джерел світла, що показує вплив спектра джерел світла на роботу нічного зору. Відношення S/P є зручний і простий спосіб характеризувати спектральні розподіли випромінювання, які забезпечують різні джерела світла.

За умов мезопічного бачення фотометричні величини для освітлювального рівня яскравості і освітленості необхідно коригувати в залежності від дійсного адаптивного стану спостерігача. Публікація МКО дає коригуючі фактори для широкого діапазону значень S/P-відношення і адаптивних яскравостей. За тих обставин, де периферійне бачення є менш важливим і фовеальне бачення є ключовим аспектом відповідного візуального завдання, коригування не повинно застосовуватися. Для тих зовнішніх освітлювальних інсталяцій, де периферійне бачення визначається як важлива частина відповідних візуальних завдань, необхідно введення коригуючого фактора для відповідної адаптаційної яскравості.

Метод для визначення дійсної адаптаційної яскравості в неоднорідному оточенні все ще не визначений і не стандартизований. Рекомендується, що 25% середньої яскравості дорожнього полотна повинна додаватися до дійсної яскравості дорожньої поверхні, коли при оцінювання адаптаційної яскравості.

Впровадження мезопічної системи фотометрії має велику перспективу для відбору джерел світла, які мінімізують споживання електричної енергії і підвищують зорову ефективність.

Розвиток науки і індустрії освітлення висувають вимоги для розвитку відповідних стандартів дорожнього освітлення. Ефективні стандарти повинні забезпечити необхідні вимоги для учасників дорожнього руху, мінімізувати ризики дорожнього зіткнення, безпеку дорожнього руху, сприяти зоровій ефективності і енергоефективності.

Список використаних джерел

1. Діденко О. М. Дорожнє освітлення та мезопічний зір // Л. А. Назаренко, О. М. Діденко // Український метрологічний журнал. – Х.: Національний науковий центр «Інститут метрології»: 2023, № 1, – с.39-45 <https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2023.282600>

УДК 628.98

КОЛІРНІ МЕТРИКИ ДЛЯ СВІТЛОДІОДІВ

Назаренко Леонід Андрійович,

доктор технічних наук, професор

Колесник Анастасія Ігорівна,

кандидат технічних наук

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: Anastasia.Kolesnyk@kname.edu.ua

Вплив джерела світла на колірне сприйняття об'єктів і поверхонь є важливою частиною якості освітлення, яке виникає від спектра випромінюваного світла, що відбивається поверхнями і сприймається візуальною системою людини.

Розквіт ери твердотільного освітлення в 2000 роках призвело до збільшуючого інтересу і мотивації стандартизації покращених методів оцінки колірного передавання джерел світла і особливо світлодіодів.

Оскільки метрики, які використовуються в освітлювальній індустрії для опису кольору, засновані на колірному порівнянні (урівнюванні), а не на колірному сприйнятті, не завжди могли забезпечити відповіді на цілий ряд колірних питань.

Ще в 2007 році МКО відмічало, що «індекс колірного передавання CRI звичайно не може бути застосованим для прогнозування параметрів колірного передавання набору джерел світла, якщо в цей набір входять світлодіоди білого кольору».

Загальний індекс колірної передавання Ra був запропонований МКО в 1995 році, проте дослідження продемонструвало неспівпадіння між оцінками, проведеними за цією методикою з оцінками спостережників особливо у випадку LED освітлення. Ця метрика (Ra) була розвинена, коли лампи розжарення і люмінесцентні лампи домінували і доки LED освітлення не стало мейнстрімом.

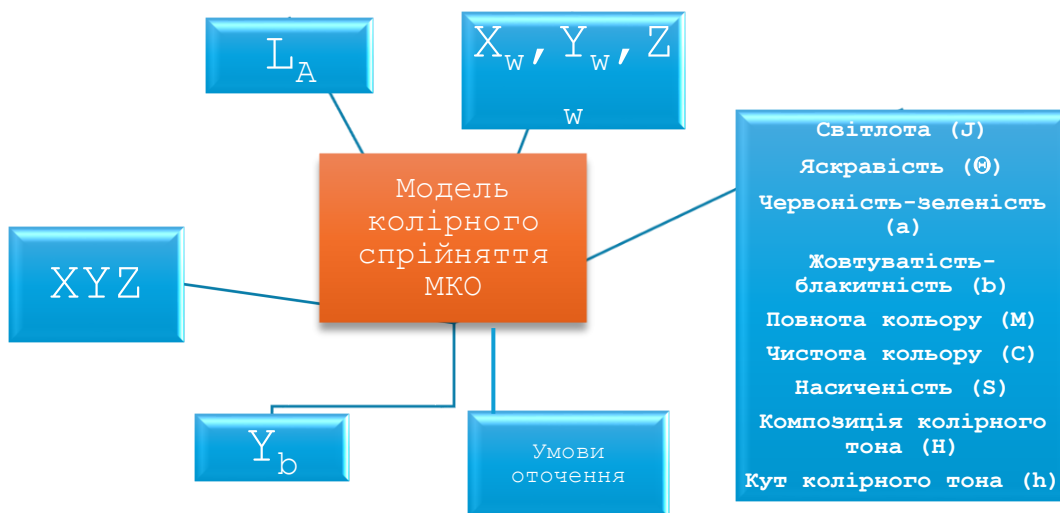


Рисунок 1 – Модель колірної сприйнятливості МКО

Зважаючи на це, IESNA був запропонований загальний індекс колірної точності Rf як науково точне вимірювання кольору відносно референсного опромінювача. Важливим покращенням цього вимірювання є введення 99 тестових зразків, які мають значення колірних зорових сприймань. Ці зразки були одержані в процесі ретельного відбору і репрезентують широку вибірку головних типів зразків, натуральних і зроблених людиною. Для обчислення колірних зсувів використовується найбільш просунутий сучасний однорідний колірний простір, названий CIE CAM02-UCS.

CIE CAM02-UCS має складну математичну модель обчислення, яка дозволяє точний розрахунок колірних відмінностей. Це є модель, яка бере до уваги різні умови спостереження (місце і оточення колірного зразка) і хроматичну адаптацію.

На рисунку 1 представлена схематична діаграма моделі колірної сприйнятливості МКО.

Розшифрування ключових значень є такими:

L_A – яскравість адаптивного поля;

Y_b – яскравісний фактор венграунда;

X_w, Y_w, Z_w – значення пристимула референсного білого за тестовим освітлювачем.

Корельована колірна температура (ККТ) розраховується як колірна температура Планківського випромінювача, найближчого до координат колірності тестового джерела. Вона обчислюється в діаграмі колірності МКО 1960 (u, v).

Два джерела світла з тією ж самою ККТ можуть мати різні колірності і не урівнюватись у сприйнятті. Цьому адресується допоміжне вимірювання, яке називається D_{uv} . Колірне відчуття D_{uv} – відстань від Планківського локуса для ідентифікації як далеко лежать координати колірності джерела світла.

Досліджується метрика GAI, яка є зручним способом характеризувати в колірному просторі зорове відчуття об'єктів насиченням.

Представлені практичні методи обчислення дають змогу вносити дані відповідних метрик у вітчизняні стандарти для гармонізації з міжнародними.

Список використаних джерел

1. CIE 2017. Colour Fidelity Index For Accurate Scientific Use. Available at: <http://www.cie.co.at/publications/cie> 2017-colour-fidelity-index-accurate-scientific-use (режим доступу 17.04.2024).

УДК 628.98

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ ЗОНОВАНОГО ПРОСТОРУ В DIALUX

Олейнікова Ірина Веніамінівна,

кандидат фіз.- мат. наук, доцент

Дерев`яновський Артем Миколайович,

студент

Київський національний університет технологій та дизайну

E-mail: olejnikova.iv@knuud.com.ua

Система проектування освітлення є невід'ємною складовою при створенні проекту дизайну простору. Важливим моментом є черговість у створенні освітлення та загального інтер'єру. Нажаль, в більшості випадках проектування освітлення проводиться на останніх етапах створення дизайн-проекту. Такий підхід є необґрунтованим, оскільки невдало підібрані джерела світла можуть змінити загальну концепцію і більшість запланованих елементів втрачать свою функціональність та естетичну привабливість. З іншого боку, система освітлення потребує спеціальних комунікацій, які необхідно закласти ще на початковому етапі реалізації проекту. Інше питання полягає у зонуванні простору, що стало особливо актуальним при створенні дизайну приміщень типу studio. Ці приміщення особливі тим, що зони різного функціонального призначення знаходяться в одному приміщенні і мають розділятися між собою за допомогою різних дизайнерських рішень. В якості таких рішень можна використовувати спеціальні перегородки та мобільні ширми, контрастне фарбування, різнофактурні матеріали тощо. Але найбільш вдалим і гнучким методом можна вважати різномірне освітлення. Переваги такого метода полягають в можливості створення оптимального, з точки зору впливу на людину, світлового балансу з максимальним дотриманням принципів енергозбереження [1]. Системи нижнього освітлення вдало поєднуються з автоматичним керуванням та димеруванням і можуть застосовуватися для освітлення технічних приміщень, а також доповнювати Нижнє освітлення дозволяє при мінімальних витратах енергії освітлити зони технічного призначення, а також бути вдалим доповненням в загальній системі світлового дизайну. Середнє освітлення є універсальним, оскільки дозволяє створити світлові зони однакової інтенсивності у на верхньому та нижньому рівні (рис. 1,а) та приглушене світло в зоні відпочинку (рис. 1,б).

Зонування світлом можна реалізувати через використання джерел світла з різною температурою. Використовуючи відомі ефекти впливу на діяльність людини світло «теплих» кольорі застосовують в зонах відпочину, а «холодних» в робочих зонах. Таке зонування не потребує особливих дизайну світильників, а дає можливість використовувати стандартні вбудовані стельові лампи (рис. 2).

Наведені зображення є прикладом проектування в програмі DiaLux [2], яка дозволяє враховувати всі основні характеристики джерел світла, а також демонструє чіткі зони освітленості. Інструментарій програми має широкий спектр відомих брендів світильників і дає можливість підібрати оптимальні варіанти для реалізації концепції дизайну.



Рисунок 1 – Приклади середнього рівня освітлення (а та б)



Рисунок 2 – Зонування простору світлом з різними температурними показниками

Список використаних джерел

1. Цибуля М., Олейнікова І. Багаторівнева система освітлення як автономна альтернатива при мережевих відключеннях. III Всеукраїнська конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Інноватика в освіті, науці та бізнесі: виклики та можливості», 17 листопада 2022 р., м. Київ. С. 256-260.
2. Hangga *et al* Modelling of lighting system utilizing natural and artificial lighting using DIALux, 2022 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **969** 012024 (<http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/969/1/012024>)

УДК 621.311

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ НАВЧАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ НА БАЗІ WI-FI КОНТРОЛЕРА

Оробчук Богдан Ярославович,
кандидат технічних наук, доцент

Сисак Іван Михайлович,
кандидат технічних наук, доцент

Бабюк Сергій Миколайович,
кандидат технічних наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
E-mail: orobchuk_b@tntu.edu.ua

В епоху бурхливого розвитку інформаційних технологій вищі навчальні заклади постають перед викликом – підготувати фахівців, які з легкістю зможуть влитися у технологічний потік розвитку сучасного суспільства. Це зумовлено гострою потребою автоматизованих та інформатизованих виробництв у компетентних кадрах, здатних якісно виконувати поставлені завдання. Варто наголосити на недостатньому рівні практичної підготовки майбутніх спеціалістів до реальних виробничих умов у ході навчання [1].

В роботі розглядається проєкт системи керування освітленням в лабораторії автоматизованих систем диспетчерського керування на базі розробленого контролера керування з Wi-Fi-модулем. Розроблену систему керування синхронізовано з роботою навчальної SCADA-системи «Енергія» та системи телемеханіки «Стріла» [2]. Живлення системи здійснюється від розробленої та встановленої на даху навчального корпусу гібридної сонячної міні-електростанції з можливістю переведення живлення на промислову мережу у випадку недостатньої ємності акумуляторних батарей. Розроблена інтелектуальна системи керування готується до впровадження в навчальний процес [3].

Для реалізації системи керування освітленням було розроблено та виготовлено експериментальний зразок Wi-Fi контролера, який представлено на рис. 1. Контролер збудований на одній програмній платформі, яка дозволяє керувати даним контролером із одного програмного додатку. Потрібно відмітити, що запропонований додаток має зрозуміле та легке налаштування, наявність програмного забезпечення для діагностики та сучасну елементну базу. У запропонованому контролері передбачається можливість оновлення програми, вибору та налаштування фільтрів вхідних сигналів, програмної зміни конфігурації, керування із програм користувача за допомогою стандартизованих протоколів.



Рисунок 1 – Пульти керування освітленням: 1 – Wi-Fi контролер керування; 2 – реле керування виконавчими механізмами; 3 – лицева сторона пульта; 4 – вимикач 220 В; 5 – вимикач живлення 12 В; 6 – світлодіодний індикатор живлення; 7 – живлення 12 В

Даний контролер оснащений бездротовим підключенням до мережі та функцією автоматичного збору даних. Його можна без проблем інтегрувати в єдину систему, а також здійснювати віддалене керування за допомогою VPN. Контролер має можливість використовувати резервне живлення, а його програмне забезпечення можна налаштувати відповідно до потреб користувача. Завдяки підтримці Wi-Fi, керувати ним можна з будь-якого пристрою, що має вихід до Інтернету, будь то комп'ютер, смартфон чи планшет. (рис. 2).

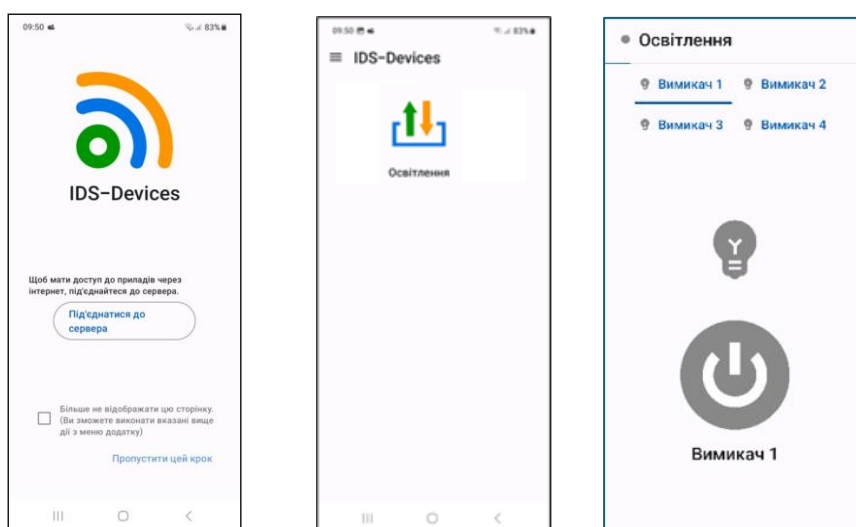


Рисунок 2 – Інтерфейс керування за допомогою смартфона

Вимикачі з'єднані паралельно з виходами реле. Це дозволяє керувати освітленням як з пульта дистанційного керування, так і безпосередньо за допомогою вимикача. При натисканні віртуальної кнопки на смартфоні з контролера надсилається сигнал на групу реле, замикається відповідний контакт, і напруга подається на обраний світильник. У разі синхронізації цієї системи з SCADA-системою керування відбувається таким чином: оскільки датчик освітленості один (рис. 3), інформація про рівень освітленості передається з контролера, до якого підключений датчик через Wi-Fi, на контролер системи освітлення, який, у свою чергу, подає дискретний сигнал на реле керування світильником.



Рисунок 3 – Робота системи освітлення під керуванням Wi-Fi контролера в навчальній лабораторії: 1 – безпроводний сенсор освітленості

Список використаних джерел

1. Orobchuk, Bogdan, et al. "Development of simulator automated dispatch control system for implementation in learning process." 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). Vol. 1. IEEE, 2017. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8095078>.
2. Комплекс дистанційного керування технологічними процесами «Стріла-М» на основі ПК. Технічний опис та інструкція з експлуатації.– Тернопіль, 2010 р.
3. Orobchuk, B., Buniak, O., Babiuk, S., Sysak, I. Design of an intelligent system to control educational laboratory equipment based on a hybrid mini-power plant. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2023, 2(9-122), pp. 59–72. (Scopus ISSN 1729-3774).

УДК 628.971

АНАЛІЗ СТАНУ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Поліщук Валентина Миколаївна,
кандидат технічних наук, доцент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail: valentina.polischuk@kname.edu.ua

Ефективне функціонування освітлювальної установки проходить стадії розробки, проєктування, монтажу та експлуатації. Якість виконаних робіт регламентуються відповідними нормативними документами, які ґрунтуються на матеріалах наукових досліджень у галузі фізики випромінювань, фізіології зору, гігієни праці, світлотехніки тощо. Тому нормативні документи складаються в кожній конкретній країні і відображають рівень розвитку світлотехніки і промисловості в ній, а також технічну політику в області розвитку виробництва джерел світла і світлотехнічної продукції. Державні стандарти із світлотехніки входять до єдиного реєстру Стандартів, Норм та Правил України і поширюються на

проектування новозбудованих і реконструйованих будівель і споруд. Це: ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення», ДБН В.2.5-23-2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення», Правила улаштування електроустановок (ПУЕ, Розділ 6. Електричне освітлення), НПАОП 40.1-1.32 – 01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» та ін.

ДБН В.2.5-23-2010 регламентує проектування електропостачання, електричного освітлення і силового електрообладнання житлових будинків, адміністративних і побутових будинків та приміщень підприємств, а також громадських будинків і споруд. Вони були введені в дію у 2010 році на зміну діючим на той час ДБН В. 2.5-23-2003 і, на жаль, нова редакція 2010 року повністю «видалила» із свого складу розділ «3 ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ», де були наведені види та системи освітлення з характеристикою, визначенням та особливістю їх застосування. Фахівці користувалися Нормами ДБН В.2–28-2006 щодо аварійного освітлення. Правилами улаштування електроустановок на даний час виділено в окремий розділ питання електричного освітлення, терміни та визначення понять, загальні вимоги і особливо для аварійного освітлення, які значно відрізняються від прийнятих роком пізніше ДБН В.2.5 – 28 – 2018, що дають нові визначення, вимоги до улаштування та мінімальну тривалість аварійному освітленню, поділяючи його на евакуаційне освітлення та резервне освітлення. Евакуаційне освітлення у свою чергу поділяється на: освітлення шляхів евакуації, антипанічне освітлення і освітлення зон підвищеної небезпеки. Встановлюється значення Індекса кольоропередавання Ra застосовуваних джерел світла для аварійного освітлення.

Нарешті світлодіоди узаконено стали застосовуватися в системах освітлення, спираючись на оновлені НОРМИ. Роботу по розповсюдженню та застосуванню нової світлотехнічної продукції, її новітніх розробок слід наполегливо рекомендувати не тільки для споживачів, але й ретельно прописувати в нормативних документах, стандартах та Правилах на стадії проектування, скорегувавши дії розробників Нормативної бази задля узгодженості та приведення до єдиного розуміння при оновленні діючих та розробці нових НОРМ і ПРАВИЛ щодо проектування, монтажу та експлуатації освітлювальних установок різного призначення.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».
2. ДБН В.2.5-23-2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення».
3. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
4. ПУЕ «Правила улаштування електроустановок», Київ- 2017.

УДК 621.321.378

ВПЛИВ ПУЛЬСАЦІЇ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ НА БЕЗПЕКУ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ В СИСТЕМІ «ЛЮДИНА – ВИРОБНИЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ»

Серіков Яків Олександрович,

кандидат технічних наук, доцент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: s0509088828@gmail.com

Вступ. Еволюція людства, яка реалізується в техногенному напрямку, визначила об'єктивну реальність, яка характеризується тим, що знаходження людини в системі «людина – виробниче середовище» відбувається, як правило, в умовах дії на її організм комплексу негативних факторів. В багатьох випадках результат їх дії проявляється, що є надважливим, – в ушкодженні здоров'я людини (виникненні виробничих травм чи професійних захворювань), а також, з економічних позицій, у зниженні рівня продуктивності

праці [1, 2]. Статистичні дані свідчать, що таке положення призводить до порушення функціональності системи, яке проявляється у виникненні, щорічно в світовому масштабі, близько 270 млн нещасних випадків з яких приблизно 220 тис. супроводжуються летальними наслідками, та 170 млн професійних захворювань [3]. На даний період часу, на додаток до соціальної складової такого положення, економічні втрати від виробничо обумовлених захворювань, нещасних випадків становлять близько 4% світового ВВП.

Постановка проблеми. Дослідження Міжнародної організації праці (МОП) свідчать наступне. Незалежно від виду виробничої діяльності, яка формує характеристики системи «людина – виробниче середовище», до умов праці, в яких наявний підвищений ризик одержання травм чи професійно обумовленої захворюваності, відносяться й такі, в системі яких присутні не тільки, наприклад, шкідливі хімічні речовини, підвищений рівень шуму чи вібрації, а й спостерігаються незадовільні характеристики штучного освітлення робочої зони [3]. При статистичних дослідженнях, що проведені науковими співробітниками МОП, було встановлено наступне. Незалежно від виду виробничої діяльності людини кількість нещасних випадків, пов'язаних з незадовільним освітленням (від їх загальної кількості), становить в середньому 30...50%. При цьому, що є надзвичайно важливим фактом, під час виконання робіт, які характеризуються не високою зоровою точністю, відбувається близько 1,5% травм з летальними наслідками, які обумовлені неналежними параметрами освітлення робочого місця чи робочої зони [3, 4].

Виклад основного матеріалу. Як показує практика, при проектуванні освітлювальних установок для виробничих приміщень в переважній більшості випадків основна увага проектувальників спрямована на забезпечення кількісних характеристик світлового потоку, тобто забезпеченню нормативної освітленості робочого місця (робочої зони) – E_n [5]. Але, наявні результати дослідження, що були проведені за останні 15...20 років свідчать, що при проектуванні необхідно враховувати не тільки кількісні, а й якісні характеристики світлового потоку [3, 4, 6]. Це визначене тим, що якісні характеристики світлового потоку такі як спектральний склад, коефіцієнт пульсації не тільки впливають на створення зорового відчуття людини, але й створюють невізуальну дію світла (Non Image Forming Effects – NIF). Функціонально елементи сітківки ока, які природою не задіяні у формуванні зорового сприйняття, передають енергію світла, в основному, в незорові відділи головного мозку, що регулюють нейроендокринну систему організму, визначають циркадні біоритми життєдіяльності людини. Отже при дії світлового потоку по нервових каналах зорового аналізатора людини в її центральну нервову систему надходить комплексна інформація, яка забезпечує функціонування не тільки зорових функцій, а й впливає на психологічний та фізичний стан людини. Рівень та характер цього впливу (позитивний чи негативний) залежить від якісних характеристик світлового потоку. Стосовно до функціонування системи «людина – виробниче середовище» система освітлення, як елемент її структури, може опосередковано визначати працездатність, рівень стомленості людини як працівника, її психологічний стан.

При організації й оцінці умов праці врахування показників якості освітлення особливо є актуальним в даний час, коли в системах освітлення використовують принципово нові джерела світла – світлодіоди, застосування яких без належного обґрунтування їх типу, характеристик може призвести не тільки до погіршення зору працівників, а й їх загального фізичного та психологічного стану здоров'я. Сучасним напрямком забезпечення ефективного, безпечного для людини штучного освітлення, що враховує особливості зорового аналізатора людини, є розробка систем освітлення, характеристики яких адаптовані до організму людини (Human Centric Lighting). Але наявні публікації з цього напрямку спрямовані, в основному, на вирішення цього завдання в системі «людина – житлове середовище» або не містять комплексного обґрунтування проблеми.

Відомо, що пульсація світлового потоку також є однією з якісних характеристик джерел світла. Дослідження впливу цієї характеристики на здоров'я людини, що проводяться на протязі значного відрізка часу, виявили наступне. Зоровий аналізатор людини в цілому, сприймає пульсацію світла як зорові відчуття в тому разі, якщо їх частота не перевищує

декількох десятків Герц. Тобто, якщо в зоровій інформації, що сприймається органами зору людини, присутня пульсація яскравості світла, частота якої розташована в такому діапазоні, то вона впливає безпосередньо на сітківку ока людини, потім надходить в зоровий тракт і аналізується в первинній зоровій корі головного мозку. В кінцевому результаті така інформація представляється у вигляді зорового відчуття людини.

У тому ж разі, якщо частота пульсації світлового потоку є більш високою, то зоровий аналізатор людини, його система в цілому продовжують виконувати функції сприйняття візуальних образів, реагування на зміни сприйманої світлової інформації. Але, у цьому випадку така інформація, на додаток до формування безпосередньо зорових, візуальних образів, надає на нервову систему людини невізуальний вплив, тобто викликає **NIF ефект**. В цьому разі світловий потік, що потрапляє в око людини, поширюється по невізуальних нервових волокнах до циркадної системи гіпоталамуса, що є незоровим відділу мозку. Як наслідок – його елементи (супрахізматичні клітини, паравентрикулярні ядра, шишкоподібна залоза гіпоталамуса) змушено функціонують в природно невластивому їм ритмі нервової активності. В кінцевому результаті це негативно позначається на циркадних, біоритмах нервової системи, які властиві організму кожного індивідуума. В результаті цього світловий потік керує станом людини на рівні гормональних змін, які безпосередньо впливають на її циркадні ритми, може призводити до «циркадних стресів», емоційну сферу, працездатність та інші аспекти життєдіяльності [7].

Результатом негативного невізуального впливу пульсації світлового потоку системи штучного освітлення, частота якої вище зазначеного діапазону, на здоров'я людини є відчуття дискомфорту, втоми, напруження, поява різі в очах, передчасної втоми, головного болю, труднощі зосередження на виконанні складної роботи. Причому, такі симптоми виникають при виконанні виробничих завдань й в умовах достатнього (нормативного) рівня освітленості робочої зони. При цьому, пульсація світлового потоку викликає погіршення не тільки функціонального стану зорового аналізатора, здоров'я людини, але й загальної працездатності людини. Так, визначено, що в результаті зниження пульсації світлового потоку з 55% до 5% спостерігається зниження стомленості зору ~ на 50% при одночасному підвищенні продуктивності праці в діапазоні близько 30%.

Розглядувана проблема формування світлового потоку з необхідними параметрами коефіцієнта пульсації посилюється сучасним станом, що спостерігається в галузі світлотехніки й джерел світла в нашій країні. На даний період розвитку джерел штучного світла розроблена й експлуатується їх значна кількість типів. Як правило, вони характеризуються високою енергоефективністю та відрізняються за принципом дії: світлодіодні, індукційні, компактні люмінесцентні тощо. Але відсутність належного контролю призвела до того, що досить часто виробники цієї продукції, незалежно від типу джерел світла, свідомо не вказують в технічних характеристиках значення коефіцієнту пульсації світлового потоку [5]. Тобто в більшості випадків передбачити відсутність чи наявність недопустимого коефіцієнту пульсацій, його рівень не має можливості. Єдиним виходом з цього положення є перевірка джерела світла перед використанням на спеціалізованому обладнанні. Це завдання можливо вирішити в ННЦ «Інститут метрології», м. Харків.

Список використаних джерел

1. Серіков Я. О. Коженевські Л. Ф. Безпека життєдіяльності – секюритологія. Проблеми. Завдання. Шляхи вирішення Монографія. Харків : ХНАМГ, 2011. Частина 1 – 165 с. Частина 2 – 346 с.
2. Korzeniowski L.F. Serikov Y.A. Europejski wymiar securitologii. Monograf. (współautor 50%) Kraków : EAS, 2012. – 244 s.
3. Доповідь Міжнародної організації праці. Режим доступу: <http://base.safework.ru/safework?print&nd=444400036&spack>.
4. Serikov J., Nazarenko L., Serikova K. Non-visual exposure to light as a production factor of the influence of lighting of the working area on labor productivity and safety of workers / Scientific

and production journal «Metrology and instruments», Kharkiv, KNURE, 2019, №6, С. 35-39.

Режим доступу: https://nure.ua/wp-content/uploads/2019/Scientific_editions/mp-6-2019.pdf

5. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення.
6. Industrial Lighting and Productivity / Матеріали конф. «Licht 2012», Австрія.
7. Бондаревський С. Л., Данилейко О. К., Рожненко Ж. Г. Експериментальне дослідження коефіцієнта пульсації світлового потоку джерел штучного освітлення / НТЗ Електротехніка і промислова електроніка, № 5/1(31), 2019. С. 45-50. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/332766867_Eksperimentalne_doslidzenna_koefficient_a_pulsacii_dzereel_stucnogo_osvitlenna (2019)

УДК 621.316

ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВІД СОНЯЧНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ СПОЖИВАЧАМ СІЛЬСЬКОЇ МІСЦЕВОСТІ

Серіков Яків Олександрович

кандидат технічних наук, доцент,

Согласов Владислав Юрійович

студент групи ОПР 2023-1

Харківський національний університет

міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: s0509088828@gmail.com

Вступ. Кризовий стан біосфери Землі, викликаний у тому числі й забрудненням атмосферного повітря викидами промислових підприємств, ТЕС, автотранспорта, що формуються в результаті спалювання викопних енергетичних мінералів – кам'яного вугілля, нафти, газу викликав необхідність пошуку й створення відновлюваних джерел енергії, які характеризуються значно нижчим рівнем негативного впливу на природне середовище [1, 2]. Одним з ефективних рішень, що сформувалися в цьому напрямку, є використання сонячної енергії, з наступним її перетворенням, для одержання електричної енергії.

Принцип генерування електричної енергії із сонячної полягає у використанні фотоелектричного ефекту, який полягає у перетворенні сонячного випромінювання в електричну енергію за допомогою фотоелементів. З таких фотоелементів складаються сонячні панелі (рис. 1) [3]. Фотоелементи сонячних панелей виготовляють, в своїй більшості, з кремнію. Вони абсорбують фотони світла і вивільнюють електрони, що створює появу й протікання електричного струму. Цей струм потім може бути використаний для живлення електричних пристроїв або зберігатися у акумуляторних батареях для подальшого використання.



Рисунок 1 – Сонячні панелі

Виклад основного матеріалу. Актуальним є забезпечення живлення електричною енергією споживачів сільської місцевості. Це визначене тим, що в основному цей клас споживачів одержує живлення повітряними лініями електропередачі, які можуть бути пошкоджені, наприклад, внаслідок падіння дерев, гілок чи при обледенінні проводів. Тому резервування класичного джерела електропостачання за допомогою сонячних електростанцій, які використовують сонячну енергію, є актуальним. Сонячні панелі встановлюють на дахах будівель або на відкритих майданчиках на спеціальних конструкціях – трекерах (рис. 2).



Рисунок 2 – Монтаж сонячних панелей

Залежно від конфігурації сонячної електростанції отримана електрична енергія може бути не тільки споживана безпосередньо споживачами на місці але й передаватися до електричної мережі для подальшого розподілу.

Схематично постачання електроенергії від сонячної фотоелектричної станції споживачам у сільській місцевості виглядає наступним чином:

1. Сонячні панелі встановлюють на даху будинку або на земельній ділянці.
2. Електрична енергія, яку виробляють сонячні панелі, потім подається до інвертора, в якому забезпечується перетворення з постійного струму на змінний струм напругою 220 В чи 380 В, який можна використовувати для живлення побутових пристроїв. Електрична енергія, вироблена сонячною фотоелектричною станцією, використовується для живлення систем освітлення, побутових приладів, комп'ютерної техніки, систем опалення тощо.
3. В тому разі, якщо побудована сонячна електростанція є мережевою, то надлишкова згенерована електроенергія може зберігатися в акумуляторних батареях для подальшого використання чи подаватися до локальної електричної мережі селища, яка постійно забезпечує

споживачів у визначеній сільській місцевості. Спрощена функціональна схема мережевої сонячної електричної станції для живлення квартири представлена на рисунку 3. В цьому разі власник сонячної електростанції може отримувати додатковий прибуток за рахунок системи «зелених тарифів».

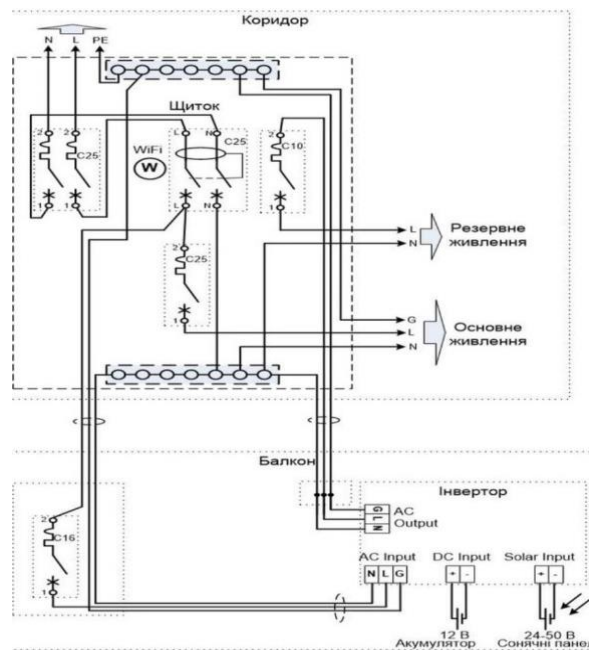


Рисунок 3 – Спрощена функціональна схема живлення квартири від мережевої сонячної електричної станції

Зелений тариф – це механізм підтримки виробництва електроенергії з використанням відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, гідроенергетика. Зелений тариф передбачає гарантоване відшкодування виробникам електроенергії з відновлювальних джерел за кожен кВт*год, яку вони виробляють. В Україні зелені тарифи встановлюються Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП). Тарифи можуть бути різними для різних типів відновлюваних джерел енергії та різних потужностей виробництва. Вони можуть бути фіксованими на певний термін або змінюватися залежно від ринкових умов та рішень регулятора. Так, на 2024 рік у Львівській області, де я зараз проживаю, НКРЕКП встановлений тариф на електричну енергію, що отримують сонячні електростанції, складає 5,9024 грн за кВт*год.

Отже, зелені тарифи в Україні сприяють розвитку відновлюваної енергетики, зменшенню залежності від імпортованого вугілля та інших нестійких джерел енергії, а також сприяють зменшенню викидів парникових газів та покращенню екологічної ситуації в країні.

Напруга, тип ліній електропередачі до споживача сільської місцевості від сонячної фотоелектричної станції визначається залежно від відстані між станцією та споживачем, а також і від потужності станції. Як правило, для невеликих сонячних фотоелектричних станцій, які зазвичай встановлюються на дахах будівель або на невеликих майданчиках, використовують однофазні лінії електропередачі напругою 220 В. Це може бути однофазний трижильний кабель чи повітряна лінія, якими забезпечується передача електроенергії від фотоелектричної станції до споживача. Це дозволяє забезпечити ефективне живлення споживачів у сільській місцевості, де зазвичай немає великих промислових споживачів електричної енергії.

У випадку більш потужних сонячних фотоелектричних станцій або значної відстані до споживача потрібно застосовувати трифазну лінію електропередачі напругою 380 В. Трифазна система дозволяє передавати більшу потужність та забезпечує більш стабільне постачання електроенергії.

Тобто, обґрунтування вибору класу напруги електростанції розглядуваного типу необхідно виконувати виходячи з потрібної потужності станції, відстані до споживача, технічних можливостях та вимогах електричної мережі. При цьому вагомими показниками є також ефективність та економічності використання фотоелектричної станції. При цьому враховується кількість та потужність сонячних фотоелектричних панелей.

Висновок. Отже, використання такого відновлюваного джерела енергії як сонячні фотоелектричні станції дозволяє споживачам сільської місцевості забезпечити відновлювальною енергією власні потреби, підвищити надійність постачання за рахунок зменшення залежності від традиційних джерел енергії, а також сприяти збереженню довкілля

Список використаних джерел

1. Серіков Я. О. Коженевські Л.Ф. Безпека життєдіяльності – секюрітологія. Проблеми. Завдання. Шляхи вирішення Монографія. Харків : ХНАМГ, 2011. Частина 1 – 165 с. Частина 2 – 346 с.
2. Korzeniowski L. F. Serikov Y. A. Europejski wymiar securitologii. Monograf. (współautor 50%) Kraków : EAS, 2012. – 244 s.
3. Серіков Я. О., Серіков С. Я. Відновлювані джерела енергії. Сонячна енергетика. Технології, перспективи розвитку. / Монограф. Польща, Краків, ЕАС, 2018. - 217 с.

УДК 628.98

РОЗУМНЕ ОСВІТЛЕННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

Тарасенко Микола Григорович,
доктор технічних наук, професор
Козак Катерина Миколаївна,
кандидат технічних наук, доцент
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
E-mail: tarasenko_mykola@ukr.net

Оцінка енергоефективності розумних ламп і будинків. Розумний будинок це комплекс роботи пристроїв, який допомагає покращити наш побут. Це розмова як про безпеку такі і про енергоефективність. Саме слово енергоефективність це слово синонім розумного будинку. Цей ринок активно розвивається. За 2020 рік у всьому світі було продано різноманітних елементів розумного будинку на 6 млрд доларів. За 2021 рік на 40 млрд доларів, а за 2022 рік - 56 млрд доларів. Це вказує на те, що ринок розумного будинку інтенсивно зростає в напрямку підвищення комфорту нашого життя. Так чим же відрізняється звичайна лампа розжарення або навіть світлодіодна (тобто не розумна) від розумної лампи? У звичайної лампи є лише два режими роботи, перший коли лампа випромінює світло і другий режим коли вона не випромінює світло [1]. У розумного освітлення є суттєво більше функцій, а саме: є можливість керувати освітленням за допомогою смартфона, є можливість виставляти певний температурний діапазон колірної температури від холодного (понад 5000 К) до теплого (колірна температура менше 5000 К). Це важливо для здоров'я. Якщо ми о десятій години вечора включимо холодне світло то наш розум буде сприймати це як початок світанку і призупинить вироблення меланіну, основне завдання якого регулювання циклічного чергування сну і бадьорості [2]. Саме цей гормон викликає міцний нічний сон і відповідає за нормальну роботу мозку та фізичну витривалість. Мозок почине виробляти більше кортизолу, тобто гормону який захищає організм від стресу, регулює рівень артеріального тиску, приймає участь в обміні білків, жирів та вуглеводів, сприяючи відчуттю бадьорості. Очевидно людині перед сном цього не потрібно. Це відноситься і до смартфонів. Коли ми дивимося на яскраве біле світло наш розум сприймає це як початок світанку і призупиняє вироблення мелатоніну,

виробляючи більше кортизолу, тобто бадьорості. Саме тому після тривалої вечірньої роботи з смартфоном іноді буває важко заснути. Щоб уникнути цього за допомогою розумного освітлення ми можемо виставити певний сценарій коли зранку лампи будуть випромінювати холодне світло і це буде добавляти нам певної бадьорості для того щоб ми прокинулися і почали роботу, а під вечір лампи почнуть випромінювати тепле світло, що буде спонукати наш організм до вироблення мелатоніну для того щоб легше було засинати. Недостача того чи іншого гормону негативно впливає на наше самопочуття і змушує приймати спеціальні таблетки. Щоб компенсувати їх негативний вплив. До розумних ламп можна підключитися двома способами. Перший спосіб це за допомогою Bluetooth, перевагою якого є те, що не потрібно встановлювати ніякого додаткового програмного забезпечення. У такому випадку ми зможемо підключитися лише до 10 ламп і не більше. Для того щоб підключитися до більшої кількості ламп потрібен зв'язок з кожною лампою в будь який момент часу. Якщо відстань буде великою то ми не зможемо нею керувати цим процесом. Очевидно, що це не зовсім зручно. Але є і інший режим роботи. Для цього потрібно використати головний елемент управління, у якого є свій протокол **Zigbee**, який дає можливість підключитися до 50 ламп в певні моменти часу. В такому режимі лампа виступає в якості ретранслятора [3], який підсилює отриманий сигнал. Якщо в комплекті є пульт з магнітом то його можна його розмістити там де нам буде зручно. Але така лампа не має функції RGB (червоний, зелений, синій) тобто вона працює в одноколонному режимі, але може змінювати колірну температуру. Строк служби такої лампи до 25 тисяч годин. Цього вистачить на $25000/8760 = 2,9$ роки безперервної роботи. Можна використовувати і розумні світлодіодні стрічки [4], з блоком живлення. Подібним чином можна регулювати вологість і температуру в приміщенні, здійснювати автоматичний полив тощо.

До основних переваг розумних будинків можна віднести: **1.** економічність - не треба проводів, **2.** Можливість гнучко змінювати склад і конфігурацію «розумного будинку», **3.** Мобільність – при зміні місця проживання всі елементи системи легко демонтуються і встановлюються в іншому будинку. **4.** Захист від зовнішнього втручання завдяки тому, що використовуються надійні протоколи шифрування і швидкісний обмін між датчиками і обчислювальним центром (центральною хатою). **5.** Можливість моніторингу будівлі всередині і зовні при відсутності в ній людей за рахунок використання відеокамер та інфрачервоних датчиків руху. **6.** Можливість управління електроживленням і освітленням будівлі. **7.** Високий рівень безпеки при встановленні охоронної і протипожежної сигналізації, захист від затоплення. **8.** Можливість управління віконними жалюзі, воротами та захисними ролетами при встановленні відповідних електроприводів. **9.** Можливість реалізації клімат контролю (систем вентиляції, обігріву та кондиціонування повітря). **10.** Можливість реалізації контролю погоди, якщо встановлена опція фіксації і аналізу основних параметрів зовнішнього середовища: температури повітря, вологості, швидкість вітру при необхідності.

Висновки. Одним з найефективніших механізмів зниження енергоспоживання в системах «Розумного будинку» є автоматичне керування освітленням та опаленням. Дані системи дозволяють користувачам налаштувати графіки освітлення та опалення відповідно до своїх потреб. Наприклад, освітлення і опалення можна налаштувати так як забажає користувач. Автоматично вимикати світло і опалення коли в приміщенні відсутні люди протягом певного періоду часу. Можна налаштувати функціонал на «прохідних» зонах, щоб світло там вмикалося на певний період часу лише при спрацюванні датчиків руху, після чого згасало. Підлаштовуватися під різні умови погоди та пори року. Зокрема, є можливість налаштувати включення світла з урахуванням часу сходу сонця та настання сутінків. Працювати без збоїв навіть у разі перепадів енергопостачання. Таким чином «розумний будинок» не тільки спрощує життя та економить час, але може й суттєво заощадити кошти. Правда але для цього потрібні певні інвестиції. Чим більше розумних гаджетів буде встановлено, тим досконаліша буде система і тим скоріше вона окупиться. На 17.04.2024 р для 2-х кімнатної квартири бюджетний варіант обійдеться в 22000 €, середній в €, 58000 €, преміум класу в 12700 €.

Список використаних джерел

1. «Розумний будинок»: бібліографічний покажчик / КЗ «ЗОУНБ» ЗОР, Від. наук. інформації та бібліографії ; [уклад. М. Маслової]. Запоріжжя : [ЗОУНБ], 2021. 76 с. (Споживаємо розумно). URL: <https://zounb.zp.ua/wp-content/uploads/2021/07>.
2. Beccali, M., Bonomolo, M., Lo Brano, V., Ciulla, G., Di Dio, V., Massaro, F., Favuzza, S., 2019. Energy saving and user satisfaction for a new advanced public lighting system. ISSN 0196-8904 Energy Convers. Manag. Volume 195, 943–957. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.05.070>.
3. Dzombak, R., Kasikaralar, E., Dillon, H.E., 2020. Exploring cost and environmental implications of optimal technology management strategies in the street lighting industry. Resour., Conserv. Recycl.: X 6, 100022. <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100022>.

СТУДЕНТСЬКА СЕКЦІЯ

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ З УРАХУВАННЯМ СОЦІАЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ

Гвоздь Ілля Віталійович,

Студент

Говоров Пилип Парамонович,

Керівник роботи, доктор технічних наук,

Кіндінова Анастасія Костянтинівна,

Керівник роботи, аспірантка,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: gvozd2000@ukr.net

За останні десятиліття збільшення населення та зростання урбанізації призвели до зростання потреби у зовнішньому освітленні у всьому світі. З цим ростом виникають серйозні виклики, зокрема, збільшення споживання енергії, що може мати негативні соціальні та екологічні наслідки. Тому дорога до вирішення цього питання лежить у розробці та впровадженні енергоефективних систем керування зовнішнім освітленням.

Однією з основних переваг енергоефективного зовнішнього освітлення є можливість значного зменшення витрат на електроенергію. Це може мати особливе значення для менш розвинених районів, де зниження комунальних витрат може поліпшити якість життя мешканців та звільнити кошти на інші соціальні потреби. Крім того, енергоефективні системи можуть сприяти створенню безпечнішого та комфортнішого освітлення в громадських місцях, таких як парки, площі та вулиці, що може підвищити громадську безпеку та сприяти активній громадській діяльності.

Однак переваги від переходу до енергоефективного зовнішнього освітлення не обмежуються лише соціальними аспектами. Екологічні вигоди також є значущими, оскільки зменшення витрат електроенергії призводить до зменшення викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин, що покращує якість повітря та знижує вплив на клімат.

Розумне керування освітленням, яке враховує різні фактори, такі як наявність людей, час доби та погодні умови, може максимізувати використання світла при мінімальних витратах енергії. Технології, такі як сенсори руху та системи автоматичного керування, можуть бути використані для оптимізації роботи освітлення в реальному часі.

Отже, впровадження енергоефективних систем керування зовнішнім освітленням є ключовим аспектом сталого розвитку для міст. Застосування таких систем, які враховують соціальні та екологічні аспекти, може покращити якість життя громад та зберегти природні ресурси. Політичні та громадські ініціативи, спрямовані на підтримку енергоефективного зовнішнього освітлення, повинні бути важливою складовою стратегій розвитку міст та сучасного суспільства.

Висновки:

Проведені дослідження дали можливість сформулювати структуру та критерії оптимізаційної моделі систем електропостачання та освітлення міст, враховуючи параметри соціальної та екологічної ефективності.

Застосування цих моделей дозволяє розробити технічні рішення, які гармонізують ефективність систем електропостачання та освітлення міст із впливом на життєвий простір людини у міському оточенні.

Дослідження показали, що керування режимами систем електропостачання та освітлення міст, з урахуванням критеріїв соціальної та екологічної ефективності, може підвищити комплексну соціально-екологічну ефективність на 10% - 20%, зменшуючи негативний вплив їхньої роботи. Ці результати можуть бути використані для розвитку Smart-Light систем як частини розумних міст.

Список використаних джерел

1. Mohammad Javad Mirzaei, Mohammad Hassan Amiroun, Ahad Kazemi, Reza Dashti Optimal contracting strategies for public-lighting asset management: A case study from Iran, *Utilities Policy*, Volume 64, 2020, 101048, ISSN 0957-1787, <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101048>.
2. P. Novorov, A. Kindinova, V. Novorov, O. Abdelrhim, Control of modes of power supply and lighting systems of cities based on the concept of Smart-Grid, 2022 IEEE 8th International conference on energy smart systems, Kyiv, Ukraine, October 12-14, 2022
3. Автоматизація керування режимами міських електричних мереж : монографія / П. П. Говоров, В. Ф. Харченко, В. П. Говоров ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 229 с.

УДК 628.971

ВПЛИВ СПЕКТРАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ПОТУЖНОСТІ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА НА ДОРОЖНЄ ОСВІТЛЕННЯ

Голуб Владислав Борисович,

Магістр 2 курсу

Назаренко Леонід Андрійович,

Керівник роботи, доктор технічних наук,

Діденко Олена Михайлівна,

Керівник роботи, кандидат технічних наук,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: leonnaz@ukr.net

Повсякденне наше життя тісно пов'язано з зовнішнім освітленням (ЗО), чи то як пішохода, чи то як водія, і ніхто не замислюється які проблеми є в цьому напрямку.

По-перше: це застарілі системи зовнішнього освітлення. Використання яких призводить до того, що споживання електричної енергії на освітлення в 1,7 разів вище, ніж у інших країнах.

По-друге: Використання малоефективних джерел світла з низькою світловою віддачею і не задовільною колірною температурою.

Метою роботи є виявлення впливу спектрального розподілу джерел світла на дорожнє освітлення за рахунок впровадження джерел світла з оптимальною колірною температурою для комфортного освітлення.

Аналіз досліджень і публікацій показав, що позитивним європейським досвідом є проектування систем зовнішнього освітлення з використанням Європейського стандарту EN13201. Основна мета якого є поліпшення зорових умов для усіх людей, що користуються вулицями і дорогами, цей стандарт є основним нормативним документом в програмі DIALux.

Автори Салтиков В. О., Е.А. Рейцен, О.Л. Гончар, Місюк Ю.П. та інші в своїх роботах звертають увагу на те, що якісне зовнішнє освітлення сприяє підвищенню продуктивності зорового апарату і знижує кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП): загальну кількість ДТП можна зменшити на 30%. На дорогах державного значення і в зонах особливої небезпеки, на перехрестях - на 45% Такі самі результати в своїх дослідження отримала Міжнародної комісії з освітлення, на замовлення міністерства транспорту Німеччини.

Вітчизняні та закордонні автори в своїх роботах також звертають увагу на мезопічну фотометрія і її зв'язок з зовнішнім освітленням та кольорову температуру джерел світла.

Забезпечення безпеки руху транспорту, це на сам перед здатність помічати тротуарні перешкоди, візуального орієнтування і здатність розпізнавання облич інших людей на відстані, достатній для запобігання зіткненням.

Все це залежить від спектральної чутливості ока людини (при різних режимах ока) та від спектрального складу джерела світла, а саме відношення між стотопічнозваженим спектром $V'(\lambda)$ і фотопічнозваженим спектром $V(\lambda)$ джерела світла за певної довжини хвилі.

S/P – це характеристика джерел світла, яка показує, який вплив має спектр джерел світла на роботу нічного зору. Чим вище S/P-відношення, тим ефективніше джерело діє на фоторецептори нічного зору, тим краще сприймається оточуюче середовище.

Для реалізації свого дослідження було змодельовано профіль вулиці і досліджено його за умови використання різних світильників. Світильники обрані з найпоширенішими колірними температурами 2700 К, 4000К та 5000К, які однакові за конструкцією, були задані однакові потужності - 50 Вт та світловий потік - 6000 лм.

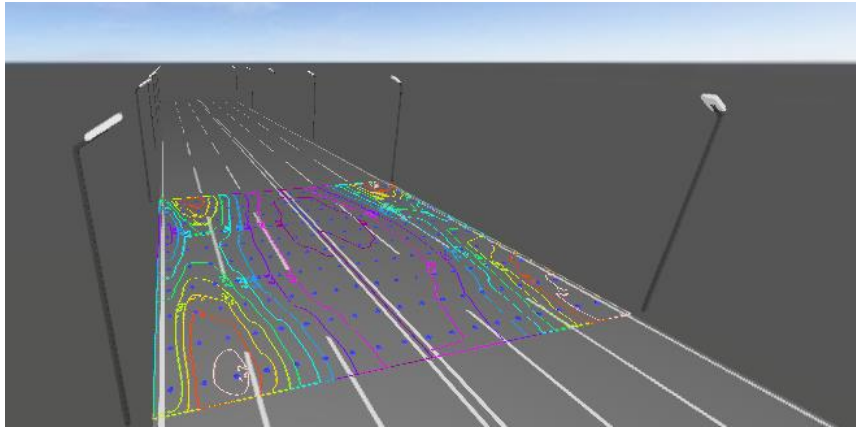


Рисунок 1 – Візуалізація об'єкта моделювання

Комп'ютерне моделювання виконувалось в програмі DIALux. В результаті комп'ютерного моделювання було отримано візуалізацію спроектованих вулиць та розрахунок нормативних параметрів. визначено відстань між опорами. Для світильників з кольоровою температурою 2700К та 4000 К відстань між опорами становить 19м, а для світильників з 5000К - 15м. Всі інші показники відповідають нормативним значенням.

Проведене комп'ютерне моделювання доповнив розрахунком S/P відношення (табл. 1).

Для того, щоб виконати розрахунки відношення необхідно знати довжину хвилі випромінювання обраних світильників. Знаючи кольорову температуру кожного було взято наступні довжини хвиль: для світильника з кольоровою температурою 2700К $\lambda = 600\text{nm}$, для світильника з кольоровою температурою 4000К $\lambda = 470\text{nm}$, а для світильника з кольоровою температурою 5000К $\lambda = 450\text{nm}$, було визначено спектральну чутливість фотопічного зору $V(\lambda)$ та спектральну чутливість скотопічного зору.

Таблиця 1 – Дані для розрахунку S/P відношення

	$V(\lambda)$	$V'(\lambda)$	S/P
VARTON 2700K	61%	2%	0,82
VARTON 4000K	36%	99%	3,84
VARTON 5000K	3%	42%	6,85

Виходячи з вище сказаного, вважаю, що зовнішнє освітлення, слід проектувати виходячи зі специфіки місцевості та застосовувати світильники з різною кольоровою температурою. Орієнтуючись на рекомендований стандарт з колірною температурою 3000 К і нижче для освітлення широких міських просторів та сільської місцевості, 4000 К – для освітлення проїжджої частини вулиць і прилеглих територій та світло ще більш холодних відтінків – для головних автомобільних доріг, складних транспортних розв'язок та ділянок з підвищеним ризиком аварійності. При цьому слід уникати освітлення з високою колірною температурою, що випромінює значну кількість синього світла і спричиняє.

Список використаних джерел

1. Салтиков В. О. Освітлення міст: навч. посібник / В. О. Салтиков ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2009. – 221 с.
2. BS EN 13201-2:2015 Road lighting – Part 2: Performance requirements [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajrcglclefindmkaj.pdf>
3. Road Safety by Improved road lighting: road lighting measurements and analysis / Jelena Armas, Juhan Laugis // Режим доступу: http://matrix.ene.ttu.ee/files/kuressaare2007/Kuressaare2007_83ArmasLaugis.pdf
4. Назаренко Л. Мезопічна фотометрія і вуличне освітлення // Л. Назаренко, Г. Кононенко, Т. Можаровська, В. Чернець // Метрологія та прилади. – 2019. – №2. – С. 67-72
5. Діденко О. М. Дорожнє освітлення та мезопічний зір // Л. А. Назаренко, О. М. Діденко // Український метрологічний журнал. – Х.: Національний науковий центр «Інститут метрології»: 2023, № 1, – с. 39-45 <http://umj.metrology.kharkov.ua/article/view/282600>

УДК 628

АНАЛІЗ СИСТЕМИ POWER OVER ETHERNET (POE)

Коломієць Владислав Віталійович,

студент 3 курсу

Діденко Олена Михайлівна,

Керівник роботи, кандидат технічних наук,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: Toc01ivs@gmail.com

Живлення через Ethernet (PoE) — це інноваційна технологія, яка передає електроенергію через виту пару Ethernet до пристроїв із живленням. Використовується в будинках, офісах і школах, він дає змогу одним кабелем забезпечувати з'єднання даних і електроенергію для цих інших пристроїв замість окремого кабелю для кожного.

Існує 3 класи PoE, вони відповідають різним потужностям приладів:

IEEE 802.3af-2003 стандарт широко відомий як «PoE». Він визначає PoE класи 0-3, з максимальною потужністю на PD становить 12.95 Вт.

IEEE 802.3at-2009 стандарт широко відомий як «PoE+» or «PoE Plus», і це пізніше оновлення до стандарту IEEE 802.3af-2003 «PoE». Він визначає класи PoE 0-4, де класи 0-3 включені зі старішого стандарту 802.3af «PoE» у «Тип 1», а «Тип 2» включає лише клас 4 із максимальною потужністю при розрядці 25.5 Вт.

IEEE 802.3bt-2018 називається «4PPoE». Він включив класи 0-4 з попередніх стандартів і додав «Тип 3» (Класи 5-6) і «Тип 4» (Класи 7-8), з максимальною потужністю на PD 71.3 Вт.

Вони діляться на 4 типи – це еволюція системи живлення через інтернет кабель.

PoE тип 1: був розроблений для живлення малопотужних пристроїв, таких як IP-телефони. У 2003 році стандарт IEEE 802.3af був стандартизований для використання двох з чотирьох кручених пар проводів у стандартних кабелях Cat3 Ethernet. IEEE 802.3af забезпечує до 12.95 Вт для живлення пристроїв при напрузі 37-57 В. Є певні втрати, тому порт комутатора PoE зазвичай розрахований на 15.4 Вт і в межах 44-57 В. Приклади пристроїв, які підтримує PoE типу 1, включають статичні камери спостереження, бездротові точки доступу та телефони VoIP.

PoE тип 2: Він забезпечує до 30 Вт потужності на рівні порту через кабель витої пари Ethernet і до 25.5 Вт потужності для кожного пристрою. Він підключає до мережі потужніші пристрої, такі як камери PTZ, IP-телефони для відео та системи сигналізації. Однак, оскільки він має зворотну сумісність, він може підтримувати типи пристроїв, які зазвичай підтримують PoE типу 1, і пристрої, що підтримуються PoE типу 2.

PoE тип 3: Він забезпечує до 60 Вт живлення на кожен порт PoE та до 51 Вт на кожен пристрій. Ці пристрої підтримки вищого рівня живлення включають точки бездротового доступу з кількома радіостанціями, камери PTZ, пристрої керування будівлею та обладнання для відеоконференцій. Він підтримує кабелі Cat5 або краще.

PoE тип 4: забезпечує 90 Вт потужності від PSE та до 70 Вт вхідної потужності на PD для кожного пристрою. Однак він має потенціал для забезпечення максимум 100 Вт потужності на порт, якщо це необхідно. Завдяки великій кількості енергії, яку він виробляє, Type 4 PoE може підтримувати надзвичайно енергоємні пристрої, такі як ноутбуки та плоскі екрани.

Тип 4 може забезпечити живленням усім типам PoE, через систему узгодження живлення.

Цей процес визначає на який пристрій потрібно подати напругу та якою вона має бути за типом. Зазвичай це робиться за допомогою спеціального протоколу сигналізації між джерелом живлення (комутатором PoE) і пристроєм, який має отримувати живлення (PD або Powered Device). Якщо і комутатор PoE, і PD підтримують той самий стандарт PoE, тоді вони можуть узгодитися щодо забезпечення PD максимальною потужністю. Однак, якщо комутатор PoE і PD не підтримують той самий стандарт, вони повинні домовитися, щоб надати PD меншу кількість енергії. Узгодження PoE має на меті гарантувати, що PD надається стільки енергії, скільки потрібно.

Узгодження відбувається з трьох етапів: відкриття, класифікація та операція.

Відкриття – PSE залишає порт Ethernet без живлення та періодично перевіряє, чи було щось підключено. Низька напруга, яка використовується під час виявлення, навряд чи пошкодить пристрій, не призначений для живлення через Ethernet. Коли PD підключено до порту PSE, PSE виявляє це та переходить до етапу класифікації.

PoE Класифікація — це процес, за допомогою якого PSE визначає, чи потребує підключений пристрій живлення, якщо так, то якого класу живлення PoE йому потрібно. Класифікація може відбуватися у формі 1 або 2 подій, залежно від класу PoE PD.

PSE надсилає один імпульс напруги на PD, зчитує значення струму на дроті, перевіряє, якому класу PoE відповідає це значення струму, і забезпечує відповідне живлення. Якщо PD повертає значення класу 1, 2 або 3, PSE забезпечує потужність класу 1, 2 або 3 відповідно. Якщо PD повертає значення класу 0, подається живлення класу 3.

Коли PD визначено як пристрій класу 4, PSE використовуватиме другу подію, щоб перевірити, чи дійсно PD потребує вищого рівня потужності. Ця друга подія може бути одним із двох наступних методів:

Апаратна класифікація за двома подіями - PSE спочатку виконує класифікацію за 1 подією, як описано вище. Якщо він зчитує значення струму класу 4 із PD, він подає лише потужність класу 3 і повторює імпульс напруги вдруге. Якщо після цієї 2-ї події буде підтверджено, що PD має клас 4, PSE забезпечує живлення PD класу 4.

Програмна класифікація LLDP - PSE спочатку виконує класифікацію за 1 подією, як описано вище. Якщо він зчитує поточне значення класу 4 із PD, він подає лише живлення класу 3 і запитує підтвердження від PD через протокол LLDP рівня 2 щодо того, чи дійсно PD є класом 4. Якщо після цієї 2-ї події підтверджено, що PD є Клас 4, PSE забезпечує живлення класу 4 для PD.

Список використаних джерел

1. Повний посібник із живлення через ETHERNET / Fiberroad. URL: <https://fiberroad.com/uk/resources/articles/poe-power-over-ethernet/>
2. IEEE Standard for Ethernet. IEEE 802.3at-2009 (PoE+). New York: IEEE Standards Association, 2009. 123 p.

МОДЕЛЮВАННЯ СВІТЛОВОЇ РЕКЛАМИ

Котенко Анна Олегівна,
бакалавр

Діденко Олена Михайлівна,

Науковий керівник канд. техн. наук., старший викладач

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: anna.kotenko@kname.edu.ua

Світло, ймовірно, одне з найбільших чудес людства. Наука та технології стають все більш інноваційними та складними щодо електромагнітного випромінювання. Проте світло, у своїй простоті, залишається основною потребою людини. Ми сприймаємо приблизно 80% нашого навколишнього середовища через наш найважливіший орган чуття, око. А для цього нам потрібне лише одне – світло!

Але ми володіли знаннями та технологіями для створення штучного світла лише близько півтора століть. Якщо раніше вогонь був єдиним джерелом світла, альтернативним сонцю, технологія освітлення отримала подальший розвиток із відкриттям і використанням електрики – і, особливо в останні кілька років, розвивалася шаленою швидкістю.

Сьогодні світлодіодні джерела витіснили майже всі інші лампи. Сучасні інноваційні концепції освітлення стають все більш інтелектуальними та поєднують світлодіодну технологію з сенсорною технологією та оцифруванням, створюючи таким чином незліченну кількість можливостей дизайну та безліч інколи неймовірних застосувань.

Використання світлодіодних джерел світла для зовнішньої світлової реклами – це не тільки модний тренд, а й стратегічне рішення в бізнесі та містобудуванні. Ця технологія дає можливість створювати яскраві, вражаючі та ефективні рекламні повідомлення, які привертають увагу та стимулюють споживачів. Крім того, вона допомагає зменшити споживання енергії, що робить її екологічно чистим рекламним рішенням, яке також сприяє скороченню викидів в атмосферу.

Світлодіодна реклама відома своєю екологічною спрямованістю, яка полягає у зменшенні негативного впливу на довкілля порівняно з традиційними формами зовнішньої реклами. Це пояснюється кількома ключовими аспектами.

Світлодіоди використовують значно менше електроенергії, що дозволяє зменшити викиди парникових газів та сприяє зменшенню енергозалежності.

Довговічність світлодіодних джерел світла також відіграє важливу роль у зменшенні негативного впливу на довкілля, оскільки це дозволяє зменшити кількість відходів та ресурсів, необхідних для їхнього виготовлення.

Світлодіоди не містять ртуть чи інші шкідливі речовини, що робить їх більш безпечними для довкілля.

Можливість точного контролю напрямку світлового потоку, що дозволяє зменшити розсіювання світла та світлове забруднення навколишнього середовища.

Таким чином, світлодіодна зовнішня реклама стає символом сучасності і, як відповідальний підхід до використання ресурсів, приносить нові можливості для творчості та інновацій у сучасне міське середовище.

Впровадження світлодіодних технологій у зовнішню світлову рекламу відображається в її значному поліпшенні з точки зору якості, ефективності та стійкості до умов навколишнього середовища. Однак, поряд з позитивними сторонами, ця технологія має і свої недоліки. Надмірна яскравість є некомфортною для мешканців і викликає втоми очей. Крім того, неконтрольоване використання світлодіодної реклами може порушити естетичний баланс міського ландшафту, захаращувати візуальний простір і забруднювати навколишнє

середовище. Тому при використанні світлодіодної реклами необхідно ретельно зважувати переваги та недоліки, враховуючи інтереси як бізнесу, так і громади в цілому.

Мета роботи полягає в дослідженні та аналізі сучасних тенденцій використання світлодіодних джерел у зовнішній світловій рекламі, таких як енергоефективність, гнучкість у дизайні, інтерактивність, використання в архітектурних проєктах та розробка рекламної установки, яка має назву «Sky Bar». Робота спрямована на виявлення перспектив розвитку світлодіодної зовнішньої реклами як ефективного інструменту маркетингової комунікації та важливого елемента сучасного міського середовища, зокрема з урахуванням її впливу на естетичний вигляд міського простору та екологічну сталість.

«Sky Bar» – це світлова рекламна установка, яка вражає своїм стильним та сучасним виглядом. У реалізації цієї реклами було використано світлодіодні лампи, що надають природнє, нейтральне світло, температурою 4000 К, створюючи захоплюючу ілюмінацію.

Каркас букв установки виготовлений з міцного пластику, який дозволяє створити стійку конструкцію з чіткими формами літер. Пластик використовується для виготовлення каркасу через його легкість та маневреність при створенні складних форм.

Прозорий полікарбонат з ніжно-блакитним відтінком використовується для перекриття букв, що надає рекламі чистоти і прозорості. Полікарбонат має високу прозорість, відмінну стійкість до впливу атмосферних умов і відмінні оптичні властивості, які дозволяють максимально передавати світло від світлодіодних ламп.

Установка "Sky Bar" привертає увагу своїм сучасним дизайном, який поєднує в собі ефективне використання світлодіодних технологій з використанням високоякісних матеріалів, таких як пластик і полікарбонат, для створення вражаючого і витонченого образу.



Рисунок 1 – Рекламна установка, спроектована у програмі Decalux

Список використаних джерел

1. Природне і штучне освітлення. ДБН В.2.5-28: 2018. – Київ.
2. LIGHT & ART IN URBAN SPACE // Hess. URL:<https://www.hess.eu/en/news/news-events/light-art-in-urban-space>
3. Салтиков В. О. Проектування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок.

АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА В СВІЛОТЕХНІЦІ

Литвяк Владислав Юрійович,

студент 1 курсу,

Герасименко Віталій Анатолійович,

кандидат технічних наук, доцент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: vladyslav.lytvyak@kname.edu.ua

Альтернативна енергетика набуває все більшого значення у сучасному світі, особливо у світлі зростаючих проблем екологічної кризи та виснаження традиційних енергоресурсів. Однією з ключових галузей, де альтернативна енергетика має значний потенціал є світлотехніка. Вона включає в себе всі аспекти виробництва, проектування та використання світлових пристроїв. Використання альтернативних джерел енергії в цій галузі не тільки сприяє зниженню викидів парникових газів, але й дозволяє досягти значної економії енергії. Основними джерелами альтернативної енергії, що застосовуються у світлотехніці є сонячна енергія, вітрова енергія та біоенергетика.

Сонячна енергія є одним з найбільш перспективних і широко використовуваних джерел альтернативної енергії. Використання сонячних панелей для генерування електрики дозволяє жити світлотехнічні пристрої без потреби в традиційних енергоресурсах. Сонячні світильники широко застосовуються для освітлення вулиць, парків, садів та інших громадських місць. Вони забезпечують автономність і значну економію енергії. Крім того, сучасні розробки в галузі фотоелектричних елементів дозволяють інтегрувати сонячні панелі безпосередньо в конструкцію будівель, що сприяє розвитку енергоефективних будівель.

Вітрова енергія також знаходить своє застосування в світлотехніці. Вітротурбіни можуть генерувати електрику, яка використовується для живлення освітлювальних систем у віддалених місцевостях, де підключення до централізованої енергомережі є складним або економічно невигідним. Комбінація вітрових та сонячних джерел енергії часто використовується для забезпечення стабільного енергопостачання незалежно від погодних умов.

Біоенергетика, включаючи використання біогазу та біомаси, також має потенціал для застосування в світлотехніці. Біогазові установки можуть генерувати електрику, яка використовується для освітлення, особливо в сільських районах та агропромислових комплексах. Використання біомаси як джерела енергії дозволяє зменшити відходи та сприяє сталому розвитку.

Сучасні технологічні досягнення значно розширюють можливості застосування альтернативної енергетики в світлотехніці. Світлодіодні (LED) технології стали стандартом в освітлювальних пристроях завдяки своїй високій енергоефективності та тривалому терміну служби. LED світильники споживають набагато менше енергії порівняно з традиційними лампами розжарювання або люмінесцентними лампами, що робить їх ідеальним вибором для використання з альтернативними джерелами енергії. Інтелектуальні системи керування освітленням, що включають датчики руху та системи автоматичного регулювання яскравості, дозволяють додатково знижувати споживання енергії. Такі системи можуть бути налаштовані для максимально ефективного використання природного освітлення та зменшення витрат на електроенергію.

Використання альтернативної енергетики в світлотехніці приносить значні економічні та екологічні переваги. Зниження споживання традиційних енергоресурсів сприяє зменшенню витрат на електроенергію. Крім того, зменшення викидів парникових газів та інших забруднювачів позитивно впливає на навколишнє середовище та здоров'я людей. Також варто зазначити, що розвиток альтернативної енергетики стимулює створення нових робочих місць

в галузях дослідження, виробництва та обслуговування обладнання. Інвестиції в ці технології сприяють економічному зростанню та розвитку регіонів.

Незважаючи на значні переваги, використання альтернативної енергетики в світлотехніці стикається з певними викликами. Одним з них є високі початкові витрати на встановлення обладнання, особливо в разі сонячних та вітрових установок. Проте, з огляду на довгострокову економію на енергоспоживанні, ці інвестиції є виправданими. Ще одним викликом є необхідність зберігання енергії для забезпечення стабільного постачання електрики у випадку перерв у генеруванні енергії, наприклад, вночі або при відсутності вітру. Технології зберігання енергії потребують подальшого розвитку та здешевлення.

Однак, перспективи використання альтернативної енергетики в світлотехніці є надзвичайно обнадійливими. Розвиток технологій та збільшення інвестицій у цей сектор сприятимуть подальшому поширенню екологічно чистих та економічно вигідних освітлювальних рішень. Альтернативна енергетика відіграє ключову роль у майбутньому світлотехніки, забезпечуючи стійке та ефективне освітлення. Використання сонячної, вітрової енергії та біоенергетики дозволяє зменшити залежність від традиційних енергоресурсів, знизити екологічний вплив та досягти значної економії.

Перспективи розвитку альтернативної енергетики у світлотехніці демонструють нагальну потребу у міжнародній співпраці, скоординованих зусиллях урядів, приватного сектору та наукової спільноти для прискорення переходу до сталих енергетичних систем з використанням альтернативних джерел енергії та енергоефективних технологій. Майбутні дослідження повинні зосередитися на вдосконаленні існуючих технологій, розробці інноваційних рішень, вивченні соціально економічних наслідків такого переходу та створенні сприятливих умов для широкого впровадження альтернативної енергетики.

Список використаних джерел

1. Дячук О. Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року / О. Дячук, М. Чепелев, Р. Подолець та ін. // К: Вид-во ТОВ «АРТ КНИГА», 2017. – 88 с.
2. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>
3. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>
4. Renewable Energy World [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.renewableenergyworld.com/>
5. National Renewable Energy Laboratory (NREL) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.nrel.gov/>

УДК 628.97

ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ

Приймак Дмитро Володимирович,
студент I курсу,
Герасименко Віталій Анатолійович,
кандидат технічних наук, доцент

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail: dmytro.pryimak@kname.edu.ua

Освітлення в нашому житті відіграє критичну роль. Від ефективності освітлення залежить не лише наш комфорт, а й здоров'я, продуктивність та навіть настрої. Завдяки стрімкому розвитку технологій, сучасні системи освітлення стають все більш інтелектуальними, пропонуючи широкий спектр переваг.

На ринок інтелектуальних систем багато в чому впливає зростання кількості проблем, що пов'язані із довкіллям. По усій Землі проблеми енергозбереження вважаються одними з найважливіших проблем, і розумне освітлення робить значний внесок у справі збереження енергії. Зростання інтересу користувачів до можливості контролювати джерела світла спонукає виробників до розвитку даних технологій. І хоча світлодіоди є найбільш вдалим вибором для розумних систем освітлення, інші традиційні джерела світла, такі як газорозрядні лампи, лампи денного світла та компактні люмінесцентні лампи також можуть бути використані в інтелектуальних системах освітлення.

За допомогою вбудованих датчиків інтелектуальна освітлювальна система має можливість регулювати яскравість освітлення за різних умов. Завдяки значному розвитку бездротових технологій (Bluetooth, Wi-Fi, Li-Fi тощо) більшість інтелектуальних систем освітлення стає саме бездротовою. Це забезпечується головним чином завдяки збільшенню доступності програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом, досягнення у галузі платформ розробників, зниження витрат на компоненти та оптимізацією стандартів, що регулюють роботу мереж.

В даний час більшість комунікацій в інтелектуальних системах штучного освітлення ґрунтується на системі DALI (Digitally Addressable Lighting Interface), яка має можливість здійснювати зв'язок між світильниками та пристроєм, що їм керує, такими як смартфон, смарт-годинник, планшет тощо. DALI застосовують у своїх системах багато виробників, це Osram GmbH, Eaton Corporation, GE Lighting, LG Electronics та багато інших, що робить його більш гнучким та зручним для користувачів.

Поряд з іншими системами керування освітленням, існує та активно розвивається платформа ZigBee, що дозволяє користувачам контролювати світлодіодні світильники, лампи та вимикачі. Ця система вже сьогодні є дуже популярним протоколом. Наприклад, для Philips Hue протокол ZigBee є найпопулярнішим інтелектуальним продуктом серед систем керування освітленням.

Приклади успішного впровадження інтелектуальних систем освітлення можна зустріти в різних сферах. У сучасних офісах вони допомагають знижувати енергоспоживання та створювати комфортне робоче середовище. У громадських просторах вуличне освітлення, яке автоматично регулюється залежно від руху пішоходів, забезпечує ефективне використання енергії та підвищує безпеку. Навіть у приватних будинках інтелектуальні системи освітлення стають все більш доступними, допомагаючи автоматизувати освітлення та заощаджувати електроенергію.

Наразі дедалі частіше з'являються технологічні алгоритми інтелектуальних систем керування освітленням. Окрім того, тенденція до зростання не тільки розумних будинків, а й розумних міст з сучасними можливостями отримання та аналізу даних створюють революцію у світлотехнічній промисловості. Виробники освітлювального обладнання співпрацюють з ІТ-компаніями, щоб з їх допомогою вирішити проблеми сприйняття новітніх технологій освітлення. Нові системи інтелектуального освітлення оснащуються високопродуктивними надійними датчиками як для зовнішнього, так і для внутрішнього освітлення. Розумні вуличні ліхтарі вже є не лише енергоефективними, а й дозволяють виступати як детектори ситуації навколишнього середовища, оснащені відеокамерами спостереження, аналізаторами якості повітря та здійснюють збір інших даних, аналізують та надають цю інформацію усім моніторинговим службам міста. Крім того, смарт-освітлення позитивно впливає на навколишнє середовище. У великих містах інтелектуальні системи освітлення вже стають стандартом, а їх впровадження активно підтримується владою та бізнесом. Завдяки цьому, ми можемо очікувати подальшого розвитку цієї технології, яка не лише полегшить наше життя, а й сприятиме збереженню енергії та довкілля.

Список використаних джерел

1. The Insight Partners Analysis, June 2016: Smart Lighting Market to 2025 – Global Analysis and Forecasts by Lighting Types, Application and Connectivity Technology.
2. Jha, Aman. Smart Home Lighting System. Electronic Makers. (2017).
3. Sanjay Belgaonkar, E. Elavarasi, Gurjeet Singh Smart Lighting and Control using MSP430 & Power Line Communication / International Journal Of Computational Engineering Research / ISSN: 2250-3005 May-June 2012, Page 662-665.
4. Говоров П. П. Освітлювальні електричні системи та мережі / П. П. Говоров, В. О. Перепечений, В. П. Говоров // ХНАМГ. – Харків: 2009.

УДК 628.971

МЕТРИКИ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЕННЯ З ВРАХУВАННЯМ ЦИРКАДНИХ ВІДКЛИКІВ СВІТЛА

Третьяков Олександр Юрійович,
магістр 2 курсу

Назаренко Леонід Андрійович,
Керівник роботи, доктор технічних наук, професор

Діденко Олена Михайлівна,
Керівник роботи, кандидат технічних наук,

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: leonnaz@ukr.net

З давних давен людина орієнтувалася і була залежна від сонячного дня в своїх справах. З першими променями людина просипалася і впродовж сонячного дня виконувала свою діяльність, з настанням темряви бурхлива діяльність зменшувалась, тобто циркадні ритми людини керувалася світловим днем. З появою електричного освітлення, діяльність людини набула нових можливостей, тому і вплив освітлення теж змінився. Особливої уваги потребує освітлення для навчальних класів. Тому:

1) Світло є найважливішим сигналом для синхронізації циркадних ритмів людини. Однак вплив штучного освітлення може скинути циркадні ритми.

2) Освітлення, яке орієнтоване на людину, фокусується на їх потребі у природному світлі. Таке освітлення може допомогти створити робоче середовище, яке імітує зміни природного денного світла з його візуальними, біологічними та емоційними ефектами, особливо для зростаючого організму дитини.

Метою роботи є виявлення циркадного впливу різних джерел світла та їх спектральний розподіл, а також порівняти значення співвідношення М/Р джерел світла які використовують для освітлення навчальних класів.

Виходячи з цього, великої уваги потребує не тільки правильно спроектовані системи освітлення, а і правильно підібрати джерела світла, які будуть допомагати підтримувати циркадні ритми та сприятимуть поліпшенню навчання дітей.

Аналітичний огляд літератури, дає розуміння особливості дитячого зору:

- зорова система закінчує формуватися приблизно к 20 рокам;
- у дітей кут між осями обох очних ямок - менший;
- око росте швидше, ніж усі інші органи, і вже до кінця чотирирічного віку досягає середньої нормальної величини. Найшвидше росте рогівка, на відміну від інших частин ока:
- кришталик у дитини більш сприйнятливий до ультрафіолетового випромінювання, ніж у дорослого;
- кришталик дитини пропускає до 75% ультрафіолету;

- комп'ютери, відеоігри, телевізор є додатковим навантаженням на дитячу зорову систему.

Закордонні автори S. Babilon, S. Beck, J. Kunkel, J. Klages, P. Myland та інші провели вимірювання циркадної ефективності освітлення для офісів. Вони звертають увагу, що серед інших факторів циркадна ефективність залежить від просторового розподілу світла в умовах переважного освітлення.

В медицині теж звертають увагу на важливість впливу світла на циркадні ритми. Автори С. Blume, С. Garbazza, М. Spitschan стверджують, що наш циркадний водій ритму, супрахіазматичні ядра (SCN) у гіпоталамусі, залучаються до 24-годинного сонячного дня через шлях від сітківки ока та синхронізують наші внутрішні біологічні ритми. Тобто розглядають невізуальний вплив світла.

Вітчизняні науковці одні в своїх роботах вивчали біологічну дію світла на людину, інші звертають увагу на проблему блакитного спектра, який може викликати дегенеративні порушення в сітківці.

Виявленням нового фоторецептора (photosensitive, Retinal Ganglion Cell, pRGC, містять пігменти мелатоніну (melanopsin). Як фотопігменти, що є відповідальними за спектральну чутливість фоточутливих клітин, pRGC клітини мають власну внутрішню притаманну їм специфіку спектральної чутливості.

В роботі проведено аналіз нормованих характеристик освітлення навчальних класів. Розглянуто інтер'єрні рішення облаштування класів та з'ясовано, що навчальний процес є більш направленим на учня і тому в процесі може змінюватись розташування парт в класі без прив'язування до місця у навчальному класі. Учні займаються за допомогою різних просторів з використанням інтерактивних дошок на уроці та різних інтерактивів. Тому освітлення повинно забезпечувати нормативні значення освітленості із якісним візуальним та не візуальним ефектом, захист від відблисків, можливого виникнення тіней на поверхні робочого столу та дошки.

Також в роботі проведено визначення циркадного впливу 4 досліджених ламп (рис.1). Нещодавно розроблений показник під назвою М/Р відношення набирає обертів як ефективний спосіб вимірювання кількості енергії синього світла, яке містить джерело світла. М/Р є скороченням від меланопічний люкс / фотопічний люкс, і він намагається охарактеризувати потенціал джерела світла впливати на циркадні ритми. По суті, співвідношення М/Р описує співвідношення між кількістю світлової енергії, яка сприяє *пильності* (меланопічна крива), і кількістю світлової енергії, яка створює сприйняття *яскравості* (фотопічна крива). Знаючи спектральний розподіл досліджуємої лампи або світильника і скориставшись електронною таблицею можна визначити значення М/Р (рис.1).

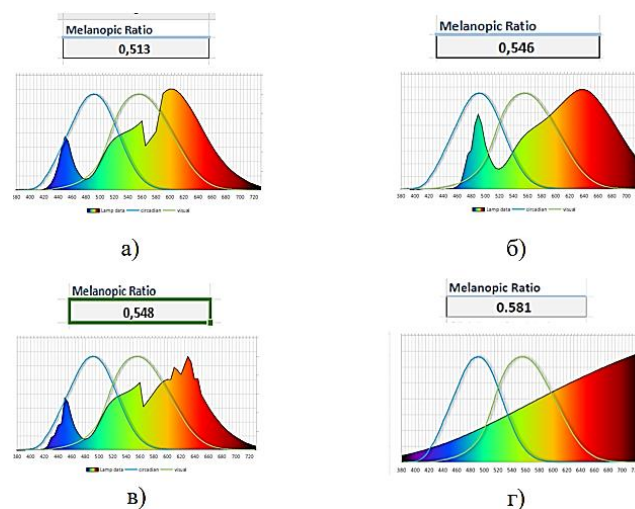


Рисунок 1 – Спектральний розподіл потужності досліджуваних ламп: а) Лампа 1 – Enerlight A60; б) Лампа 2 - LED VIDEX E-series; в) Лампа 3 – Waveform Lighting centric home A19; г) Лампа 4 – Галогенна лампа

За допомогою Калькулятора CS (2.0) були визначені значення циркадного стимулу CS, CR, GAI, CIE α -опічні опромінення показники (рис. 2).

Отримані результати показують, що зі збільшенням CRI співвідношення M/P також збільшується, що свідчить про те, що світлодіодні лампи з високим CRI можуть справді мати сильніший циркадний вплив, ніж джерела з нижчим CRI.

З дослідження виходить, що галогенові лампи мають найкращі показники по кольоропередаванню CRI = 99.9, але при цьому мають найбільший показник відношення M/P = 0.581 (що означає найбільший вплив на циркадні ритми). Із обраних зразків лампа 1 M/P = 0,513, CRI =84,1 лампа 3: M/P = 0,513, CRI =84,1

Засновник (засновники) закладу освіти забезпечує організацію лабораторного контролю рівня освітленості у закладах освіти не рідше двох разів на рік (не менше 4 точок у 3–5 приміщеннях), один з яких проводиться в листопаді чи грудні.

Список використаних джерел

1. Факти про дитячий зір. Люксоптика [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://luxoptica.ua/ua/articles/detskoe-zrenie/fakty-pro-detskoe-zrenie-1/>
2. S. Babilon, S. Beck, J. Kunkel, J. Klages, P. Myland, S. Benkner, T. Q. Khanh: Measurement of circadian effectiveness in lighting for office applications *Journal Applied Sciences*.2021,11(15), 6936;<https://doi.org/10.3390/app11156936>
3. C. Blume, C. Garbazza, M. Spitschan Effects of light on human circadian rhythms, sleep and mood *Somnologie (Berl)*. 2019; 23(3): 147–156., doi: 10.1007/s11818-019-00215-x
4. Wout J.M. van Bommel Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work, *Applied ergonomics*, Volume 37, Issue 4, July 2006, - pp 461-466, <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2006.04.009>
5. X. Meng, M. Zhang, M. Wang Effects of school indoor visual environment on children's health outcomes: A systematic review, *Health & Place*, Volume 83, September 2023, <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2023.103021>
6. Іоффе К.І. Оцінка біологічного впливу світла // Л. А. Назаренко, К. І. Іоффе, Є. П. Тимофеев // Світлотехніка та електроенергетика. – Х.: ХНАМГ: 2008, № 3, – с.21-29
7. Назаренко, Л. А., Іоффе К. І., Тимофеев Є. П. Оцінка біологічного впливу світла // Л. А. Назаренко, К. І. Іоффе, Є. П. Тимофеев // Світлотехніка та електроенергетика. – Х.: ХНАМГ: 2007, № 3-4, – с.4-10
8. Blue light as an occupational health problem Martirosova V. G., Sorokin V. M., Nazarenko V. I., Cherednichenko I. N., Tikhonova N. N., Beseda O. Y. // *Український журнал гігієна праці*: 2019, Том 15, № 3, - 194-203 <https://doi.org/10.33573/ujoh2019.03.194>
9. Joshua J Gooley: Light-induced Resetting of Circadian Rhythms in Humans *Journal of Science and Technology in Lighting* Vol.41, 2017 pp. 69-76 doi: 10.2150/jstl.IEIJ160000594
10. Назаренко Л. А. Меланопічна фотометрія // Л.А. Назаренко, О.М. Діденко // *Український метрологічний журнал*. – Х.: Національний науковий центр «Інститут метрології»: 2023, № 3, – с.37-44 <https://doi.org/10.24027/2306-7039.3.2023.291952>
11. Наказ Про затвердження Санітарного регламенту для закладів загальної середньої освіти : № 2205 від 25.09.2020 : Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10 листопада 2020 р. за № 1111/35394. - К., 2020. – 46 с.

Електронне наукове видання

МАТЕРІАЛИ
міжнародної науково-практичної конференції
«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СВІТЛОТЕХНІЦІ
ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»

16–17 травня 2024 р.

*Матеріали конференції опубліковані в авторській редакції
мовою оригіналу*

Відповідальний за випуск *В. А. Герасименко*
Технічний редактор *О. М. Діденко*

Підп. до друку 27.05.2024. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 6,4.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.

