

СІНЧУК О. М.

Криворізький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-7621-9979>e-mail: acspt@knu.edu.ua

ГОРШКОВ В. В.

ВСП "Гірничо-електромеханічний фаховий коледж Криворізького національного університету"

<https://orcid.org/0000-0002-0838-6337>e-mail: gemk_knu@i.ua

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

На сьогоднішній день, враховуючи стратегії розвитку систем управління та активне впровадження у різні сфери світової економіки джерел розосередженої генерації, у тому числі на базі відновлюваних джерел електричної енергії, розвиваються гібридні системи штучного зовнішнього освітлення керовані інтелектуальними системами керування. У роботі запропоновано підхід до побудови системи управління зовнішнім освітленням на міських автомагістралях та громадських місцях. Таким чином, у було запропоновано схему децентралізованого управління зовнішнім освітленням на міських автомагістралях та громадських місцях.

Ключові слова: система освітлення, система управління, електротехнічний комплекс, світлодіодні світильники, штучне зовнішнє освітлення.

Oleg SINCHUK

Kryvyi Rih National University

Victor GORSHKOV

VSP "Mining and Electromechanical Vocational College of Kryvyi Rih National University

CONTROL SYSTEM OF THE ELECTRICAL COMPLEX OF STREET LIGHTING

To date, taking into account the strategies for the development of control systems and the active introduction of distributed generation sources into various spheres of the world economy, including those based on renewable sources of electrical energy, hybrid systems of artificial outdoor lighting controlled by intelligent control systems are being developed. The paper proposes an approach to the construction of an external lighting control system on city highways and public places.

Regulation of external lighting is carried out by adjusting the luminous flux of lamps, and the sources of luminous flux are the lamps with which they are equipped. But not all types of lamps are suitable for adjusting the smooth change of light flux.

If there is a communication channel between the network of lamps equipped with EIDs and the dispatching service, it is possible to transmit information about the state of operation of EIDs and the performance of lamps in order to detect deviations in the operation of EIDs and lamps that need to be replaced.

In accordance with the given schedule for changing the level of external lighting, the KD software sends a command to change the level of light flux on specific lamps. The control unit transmits incoming information (a command) to the control unit, which, together with the lamp control channel connected to it, forms a local lighting control network.

The decentralized outdoor lighting control system provides for the absence of a control room, server, server access devices, as well as the Internet as a means of communication, executive equipment of the substation and replacement of the PUS with the APUS, as well as the presence of service personnel who will service the equipment of the APUS substation, KOP and SC, as a result of the lack of feedback from the APUS to the OP, i.e. the maintenance of the PS is carried out directly by maintenance and programming specialists

Thus, a scheme for decentralized management of outdoor lighting on city highways and public places was proposed.

Keywords: lighting system, control system, electrical complex, LED lamps, artificial outdoor lighting.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

У світі близько 20 % виробленої електричної енергії витрачається на освітлення, тому впровадження енергозберігаючих та інтелектуальних технологій із кожним роком стає все актуальнішим. Розвинені країни світу постійно реалізують програми, які спрямовані як на забезпечення енергозберігаючих способів освітлення, так і на збільшення економічності освітлювальних приладів [1].

Серед інших сучасних технологій, у сфері штучного зовнішнього освітлення активно впроваджують автоматизовані системи управління, що дозволяють оперативно керувати комутацією зовнішнього освітлення, визначати аварійні ділянки та виявляти непрацездатні штучні джерела світла.

На сьогоднішній день, враховуючи стратегії розвитку систем управління та активне впровадження у різні сфери світової економіки джерел розосередженої генерації, у тому числі на базі відновлюваних джерел електричної енергії, розвиваються гібридні системи штучного зовнішнього освітлення керовані інтелектуальними системами керування [2].

При проектуванні сучасних систем освітлення, не останнім критерієм є вплив на екологію при експлуатації спроектованої системи.

Враховуючи результати аналізу та проблематику, слід зазначити, що розробка таких сучасних систем зовнішнього штучного освітлення потребує детального вивчення обмежень та завдань, які покладено на спроектовані системи.

Формулювання цілей статті

Розробка системи управління електротехнічним комплексом вуличного освітлення на міських автомагістралях та громадських місцях.

Аналіз досліджень та публікацій

Аналізуючи дані у роботах [2-5] щодо залежності інтенсивності умовної світимості зовнішніх природних та штучних джерел, можна зробити висновок, що рівні впливу можуть бути значені нечіткими інтервалами (дуже низький, низький, задовільний, інтенсивний) [3].

Між тим, з точки зору освітлення дороги та регулювання світлового потоку від вуличних світильників шляхом зміни величини сили струму, з метою зменшення рівня використання електричної енергії, на разі не є ефективним. Даний підхід регулювання необхідний для освітлення доріг в нічний час, при сприятливих погодних умовах та зменшення інтенсивності транспортного руху в нічний час [6-9].

Виклад основного матеріалу

ри нормованій яскравості більше $0,8 \text{ кд/м}^2$ або середній нормованій освітленості більше 15 лк в нічний час допускається зниження рівня вуличного освітлення:

- на 20% при зменшенні інтенсивності транспортного руху до $\frac{1}{2}$ максимальної величини (k_{max});
- на 30% при зменшенні інтенсивності транспортного руху до $\frac{1}{3}$ максимальної величини (k_{max});
- на 40% при зменшенні інтенсивності транспортного руху до $\frac{1}{4}$ максимальної величини (k_{max});
- на 50% при зменшенні інтенсивності транспортного руху до $\frac{1}{5}$ максимальної величини (k_{max}).

Тобто для категорії доріг класу А і Б та підкласу В1 можливе регулювання світлового потоку від вуличних світильників із лампами, в яких можливе регулювання світлового потоку величиною сили струму, що проходить через них.

Так як інтенсивність руху транспорту не є величиною сталою, а залежність як категорії (класу) дороги так і від пори року, і часу доби, від стану дорожнього покриття та його освітлення і погодних умов, тому є можливість регулювання зовнішнього освітлення дороги в залежності від вище перелічених факторів, враховуючи періодичну зовнішню світимість в різних інтервалах часу.

Регулювання зовнішнього освітлення здійснюється шляхом регулювання світлового потоку світильників, а джерелами світлового потоку є лампи якими вони укомплектовані. Але не всі типи ламп придатні до регулювання плавної зміни світлового потоку.

Так, газорозрядні лампи при зменшенні сили струму на 15% негативно впливає на стабільність горіння газового розряду, що стає причиною мерехтіння та зменшення терміну служби лампи у результаті прискорення виходу з ладу електродів.

У світлодіодних світильників джерелом світла є світлодіоди, які мають високу світловіддачу і великий термін служби, а також мають можливість глибокого регулювання світлового потоку від 10% до 100%, та досить легкий спосіб його реалізації, шляхом зміни сили струму, який проходить через світлодіоди.

У світло діодів світильників, з метою регулювання світлового потоку, використовують електронні імпульсні джерела світла живлення (ЕІДЖ), за допомогою яких можна не тільки регулювати не тільки величиною світлового потоку світильників, шляхом зміни сили струму, який буде проходити через світло діоди, а в залежності від складності ЕІДЖ може мати деякі інтелектуальні властивості, в результаті наявності мікропроцесора чи мікроконтролера, що забезпечує виконання самодіагностики системи, моніторингу стану світлодіодів та стану електричної мережі живлення, визначати проміжки робочого часу включення системи освітлення, згідно попередньо заданого розкладу (графіку інтенсивності світлового потоку та робочих інтервалів часу доби протягом певного періоду).

При наявності каналу зв'язку між мережею світильників, вкомплектованих ЕІДЖ, та диспетчерською службою, існує можливість передачі інформації про стан функціонування ЕІДЖ та працездатності світильників з метою виявлення відхилень в роботі ЕІДЖ та світильників, які потребують заміни.

Отже, обладнання системи управління зовнішнім освітленням має ряд додаткових переваг, з точки зору економії: 1) зменшення експлуатаційних витрат та виявлення світильника, який вийшов з ладу; 2) зменшення грошових витрат на заміну світильника або його ремонт; 3) своєчасне виявлення відхилення в роботі ЕІДЖ та його заміні; 4) своєчасне виявлення місця та причину виникнення несправності (відхилення в роботі) світильників.

Централізоване дистанційне управління зовнішнього освітлення (ЦДУЗО) міських доріг являє собою взаємозв'язаних в одну систему наступних складових: 1) диспетчерський пункт (ДП); 2) сервер (СР); 3) підстанція (ПС); 4) мережа світильників (С), вкомплектованих ЕІДЖ і фотодіодами (ФД); 5) канал управління світильників (КУС); 6) пристрій управління світильниками (ПУС).

Мережа Інтернет є засобом зв'язку між комп'ютером диспетчера (КД) і сервером (СР) через пристрої доступу до сервера (ПДСРД) і мережу Інтернет (МІ), а потім через сервер і мережу Інтернет і пристрої доступу до сервера підстанції (ПДСРП) до виконавчого обладнання (ВО) і комутаційного обладнання підстанції (КОП), яка в даний час необхідна для диспетчера.

Одержавши інформацію від серверу (СР), яку передано із комп'ютера (КД), виконавче обладнання підстанції (ВОП) включає силові контакти (СК) комутаційного обладнання підстанції, забезпечуючи подачу

або відключення напруги електромережі живлення світильників (ЕМЖС) на лінію освітлення і світильники (С), які підключені до даної підстанції (ПС).

З метою регулювання світлового потоку (Ф) світильників (С), підстанція обладнана пристроєм управління світильниками (ПУС), які підключені до даної підстанції (ПС). Виконавче обладнання підстанції (ВОП) обмінюється інформацією одержаною від сервера (СР) із управляючим пристроєм світильника (ПУС). Програмне забезпечення комп'ютера диспетчера (КД) повинне забезпечувати управління як окремими світильниками, так і групами світильників.

У відповідності до заданого графіка зміни рівня зовнішнього освітлення програмне забезпечення КД посилає команду про зміну рівня світлового потоку на конкретних світильниках. ВОП передає поступаючи інформацію (команду) на ПУС, який разом із підключеним до нього каналом управління світильниками (КУС) формує локальну мережу управління освітленням (ЛМУО). Аналізуючи одержану команду ПУС визначає які світильники із всієї мережі управління повинні змінити величину світлового потоку (Ф) і посилає управляючий сигнал для даних світильників по каналу управління (КУ). Канал управління світильниками (КУС) може бути різним по способу його реалізації:

- 1) як окремий кабель із провідниками управління;
- 2) безпроводний КУС із використанням радіоканалу;
- 3) КУС з використанням уже існуючих ліній електроживлення, підведених до світильників.

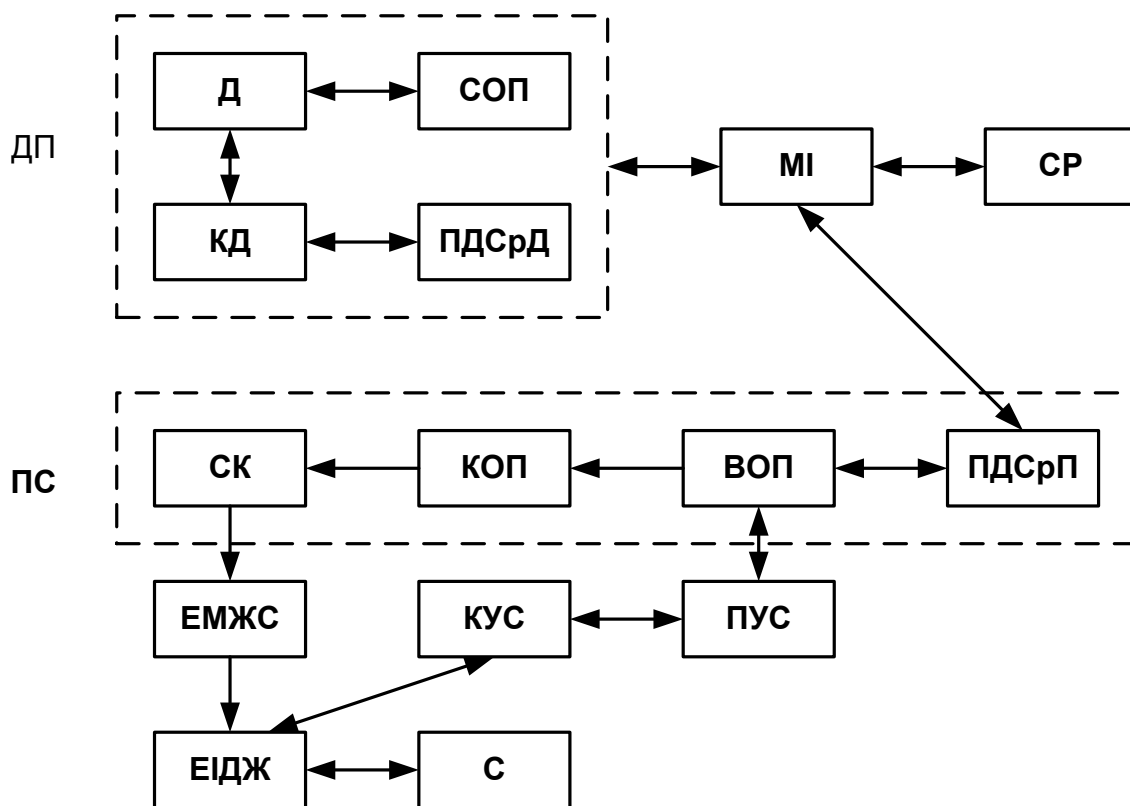


Рис. 1. Схема функціонування централізованого диспетчерського управління мережею світильників зовнішнього освітлення (ЦДУЗО) на міських автомагістралях та місцях загального використання населенням

На рис. 1: 1 – диспетчерський пункт; 2 – підстанція; 3 – мережа світильників; 4 – сервер; 5 – Інтернет; 6 – електромережа живлення світильників; 7 – канал управління світильниками; 1.1 – диспетчер; 1.2 – комп'ютер диспетчера; 1.3 – пристрій доступу до сервера із диспетчерського пункту; 1.4 – спеціалісти по обслуговуванню ЦДУЗО; 2.1 – пристрій доступу до сервера із підстанції; 2.2 – виконавче обладнання підстанції; 2.3 – комутаційне обладнання підстанції; 2.4 – силові контакти; 2.5 – пристрій управління світильниками; 3.1 – електронно-імпульсне джерело живлення світильників; 3.2 – світильники.

Принципова схема ЦДУЗО передбачає дистанційне управління електроживленням світильників шляхом $КД \leftrightarrow СР \leftrightarrow ВОП \leftrightarrow КОП \leftrightarrow СК \leftrightarrow ЕМЖС \leftrightarrow ЕІДЖ \leftrightarrow С$, а також дистанційне управління світловим потоком (Ф) світильників шляхом: $КД \leftrightarrow СР \leftrightarrow ВОП \leftrightarrow ПУС \leftrightarrow КУС \leftrightarrow ЕІДЖ \leftrightarrow С$. Зв'язок ДП з ПС та СР здійснюється через мережу Інтернет, маючи двохсторонній зв'язок. А через ЕМЖС і КУС здійснюється електроживлення світильників і управління рівнем світлового потоку (Ф) світильників (С) через ЕІДЖ, яке забезпечує зворотній зв'язок через $КУС \leftrightarrow ПУС \leftrightarrow ВОП$ із СР і ДП через МІ, що забезпечує передачу на ДП всієї інформації про стан функціонування ЕІДЖ і роботи здатність світильників, що знижує рівень експлуатаційних витрат та ремонт в локальній мережі управління освітлення (ЛМУО). В той же час виконавче обладнання підстанції (ВОП) аналізує інформацію одержану від СР та має можливість обмінюватися інформацією із ПУС, який через канал управління світильниками передає відповідну команду

на ЕІДЖ, яке відповідним чином управляє рівнем світлового потоку (Φ), окремими світильниками та передає одержану інформацію від мережі світильників через КУС \leftrightarrow ПУС \leftrightarrow ВОП \leftrightarrow СР \leftrightarrow КД, через МІ диспетчеру.

Якщо замінити пристрої управління світильниками (ПУС) на автоматичний пристрій управління світильниками (АПУС), який має енергонезалежний годинник реального часу і можливість завжди правильно визначати дату та час доби, із можливістю зміни рівня світлового потоку (Φ) кожної доби протягом календарного року, у відповідності до завчасно поданого графіку управління світильниками, з визначенням конкретного світильника із рівнем зміни світлового періоду доби. Тоді АПУС визначає команди управління рівнем зовнішнього освітлення, які передаються по каналу управління світильників (КУС) через ЕІДЖ до конкретного світильника у визначений час доби, відповідної дати року.

Даний пристрій АПУС функціонує незалежно від виконавчого обладнання підстанції і здійснює управління світильниками по КУС, який може бути реалізований різними способами. При наявності АПУС відсутня необхідність удосконалення диспетчерського пункту (ДП) і сервера (СР), досить нескладна організація локальної мережі управління освітленням.

Якщо АПУС надати додаткові функції щодо управління комутаційним обладнанням електромережі світильників із календарним графіком управління світильниками через комутаційне обладнання підстанції (КОП), тоді можливе функціонування локальної мережі управління зовнішнім освітленням (ЛМУО) без наявності диспетчерського пункту і сервера, а також зникає необхідність зв'язку ДП, СР, ПС через ІМ. А отже, за даних умов управління освітленням стає фактично централізованим, а структурна схема передбачає значне зменшення матеріальних і грошових витрат на облаштування ЛМУО так і на її обслуговування та експлуатацію.

В той же час, децентралізована система управління зовнішнім освітленням (ДЦУЗО) має ряд недоліків, а саме (рис.2) [7]:

- при внесенні змін у графік управління освітленням світильників, з метою внесення змін у програму АПУС, виникає необхідність в наявності спеціаліста по обслуговуванню АПУС та внесення змін у програму на підстанції;
- відсутній зворотній зв'язок про стан функціонування ЛМУО;
- відсутня можливість управління освітленням в даний момент часу без виїзду спеціаліста на підстанцію;
- конструктивна складність і збільшення вартості АПУС.

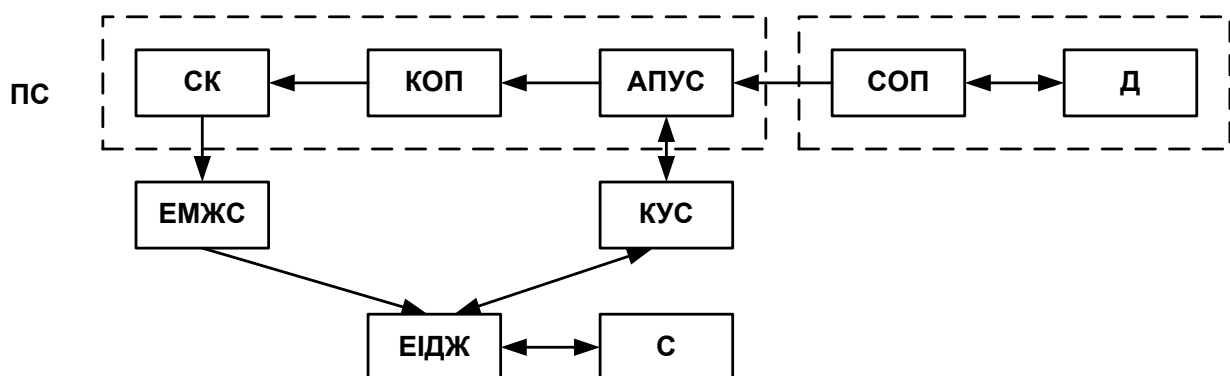


Рис. 2. Схема децентралізованого управління зовнішнім освітленням на міських автомагістралях та громадських місцях

На рис. 2: Д – диспетчер, СОП – спеціаліст по обслуговуванню та програмуванню, ПС – підстанція, АПУС – автоматичний пристрій управління світильниками, КОП – комутаційне обладнання підстанції, СК – силові контакти, ЕМЖС – електромережа живлення світильників, КУС – канал управління світильниками, ЕІДЖ – електронно-імпульсне джерело живлення, С – світильники.

Децентралізована система управління зовнішнім освітленням передбачає відсутність диспетчерського пункту (ДП), сервера (СР), пристроїв доступу до сервера (ПДСрД), а також мережі інтернет (МІ), як засобу зв'язку, виконавчого обладнання підстанції (ВОП) та заміну ПУС на АПУС, також наявність обслуговуючого персоналу (ОП), який буде обслуговувати обладнання підстанції АПУС, КОП і СК, в результаті відсутності зворотнього зв'язку від АПУС до ОП, тобто обслуговування ПС здійснюється безпосередньо спеціалістами по обслуговуванню та програмуванню (СОП) [8].

Канал управління світильниками є дорогим обладнанням і при виході із ладу зникає можливість управління рівнем світлового потоку від світильників (С).

А при виході з ладу АПУС або ж збоїв в роботі можливе порне відключення управління електроживленням світильників та управління світловим потоком (Φ) від світильників.

Зворотній зв'язок між АПУС підстанції та підрозділом ОП можна встановити шляхом облаштування АПУС і підрозділ ОП радіозв'язком, що в свою чергу значно вплине на вартість системи управління обладнанням [9].

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

1. У роботі запропоновано підхід до побудови системи управління зовнішнім освітленням на міських автомагістралях та громадських місцях.
2. Таким чином, у було запропоновано схему децентралізованого управління зовнішнім освітленням на міських автомагістралях та громадських місцях.

Література

1. Аналіз систем зовнішнього освітлення та шляхів підвищення їх ефективності / В. Андрійчук, С. Поталіцин // Вісник ТНТУ. - 2012. - Том 68. - № 4. - С.168-175
2. Говоров П. П. Освітлювальні електричні системи та мережі / П. П. Говоров, В. О. Перепечений, В. П. Говоров // ХНАМГ. – Харків : 2009. – 227 с.
3. Салтиков В. О. Освітлення міст : навч. посібник / В. О. Салтиков. – Харків : ХНАМГ, 2009. – 221 с.
4. Находов В.Ф. Визначення впливу споживачів на нерівномірність електричного навантаження енергетичної системи / В.Ф. Находов, А.І. Замулко // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 1998. - №3. - С.19-21.
5. Праховник А.В. Проблеми, методи і засоби управління використанням електричної енергії / А.В. Праховник, В.Ф. Находов // Наукові вісті НТУУ «КПІ». - 1997. - №1. - С.41-48.
6. Дослідження штучного освітлення на основі зв'язку спеціальних та статистичних методів/ Сосницька Н. Л., Іщенко О. А., Сокот О. Є. // Наукові записки Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Сер.: Педагогічні науки, 2019 (177 (2)), – 104-108.
7. Говоров П. П. Автоматизація керування режимами міських електричних мереж : монографія / П. П. Говоров, В. Ф. Харченко, В. П. Говоров ; Харків. нац. ун-т міськ. госпва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 229 с.
8. Енергоефективні світлодіодні освітлювальні системи : [монографія] / З. Готра, В. Корнага, В. Мартіросова, Г. Нікітський, І. Пастух, А. Рибалочка, В. Сорокін, В. Щиренко; ред.: В. Сорокін; НАН України, Ін-т фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкар'ова, Нац. ун-т "Львів. політехніка", НАМН України, Ін-т медицини праці. - Київ : Авіцена, 2016. - 334,
9. Hajjaj, M., Miki, M., & Shimohara, K. "The Effect of Using the Intelligent Lighting System to Deduct the Power Consumption at the Office", IEEE 7th Conference on Systems, Process and Control (ICSPC), 2019. — 66 p.

References

1. Analiz system zovnishnoho osvittlennia ta shliakhiv pidvyshchennia yikh efektyvnosti / V. Andriichuk, S. Potalitsyn // Visnyk TNTU. - Tom 68. - № 4. - S.168-175
2. Hovorov P. P. Osvitliuvalni elektrychni systemy ta merezhi / P. P. Hovorov, V. O. Perepechenyi, V. P. Hovorov // KhNAMH. – Kharkiv : 2009. – 227 s.
3. Saltykov V. O. Osvitlennia mist : navch. posibnyk / V. O. Saltykov. – Kharkiv : KhNAMH, 2009. – 221 s.
4. Nakhodov V.F. Vyznachennia vplyvu spozhyvachiv na nerivnomirmist elektrychnoho navantazhennia enerhetychnoi systemy / V.F. Nakhodov, A.I. Zamulko // Naukovi visti NTUU «KPI». – 1998. - №3. - S.19-21.
5. Prakhovnyk A.V. Problemy, metody i zasoby upravlinnia vykorystanniam elektrychnoi enerhii / A.V. Prakhovnyk, V.F. Nakhodov // Naukovi visti NTUU «KPI». - 1997. - №1. - S.41-48.
6. Doslidzhennia shtuchnoho osvittlennia na osnovi zviazku spetsialnykh ta statystychnykh metodiv/ Sosnytska N. L., Ishchenko O. A., Sokot O. Ye. // Naukovi zapysky Tsentralnoukrainskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Vynnychenka. Ser.: Pedahohichni nauky, 2019 (177 (2)), – 104-108.
7. Hovorov P. P. Avtomatyzatsiia keruvannia rezhymamy miskykh elektrychnykh merezh : monohrafiia / P. P. Hovorov, V. F. Kharchenko, V. P. Hovorov ; Kharkiv. nats. un-t misk. hospva im. O. M. Beketova. – Kharkiv : KhNUMH im. O. M. Beketova, 2017. – 229 s.
8. Enerhoefektyvni svitlodiodni osvittliuvalni systemy : [monohrafiia] / Z. Hotra, V. Kornaha, V. Martirosova, H. Nikitskyi, I. Pastukh, A. Rybalochka, V. Sorokin, V. Shchyrenko; red.: V. Sorokin; NAN Ukrainy, In-t fizyky napivprovodnykiv im. V.Ie. Lashkarova, Nats. un-t "Lviv. politekhnika", NAMN Ukrainy, In-t medytsyny pratsi. - Kyiv : Avitsena, 2016. - 334,
9. Hajjaj, M., Miki, M., & Shimohara, K. "The Effect of Using the Intelligent Lighting System to Deduct the Power Consumption at the Office", IEEE 7th Conference on Systems, Process and Control (ICSPC), 2019. — 66 p.

Рецензія/Peer review : 11.07.2022 р.

Надрукована/Printed :02.08.2022 р.