



VII Міжнародна науково-технічна конференція
**„СВІЛОТЕХНІКА Й ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА:
ІСТОРІЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ”**

29-31 травня 2024 р. Тернопіль, Україна



**Міністерством освіти і науки України;
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(Україна);
Інститут електродинаміки НАН України (Україна);
Тернопільський обласний фонд ім. Івана Пулюя (Україна);
Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова (Україна);
Харківський національний університет міського господарства імені О. М.
Бекетова (Україна);
Warsaw University of Technology Lighting Technology Division (Польща);
Tallinn University of Technology (Естонія);
Universiti Brunei Darussalam Faculty of Integrated Technologies (Бруней);
Czech Technical University in Prague (Чехія);
Technical University of Košice (Словаччина)**

МАТЕРІАЛИ

VII Міжнародної науково-технічної конференції

**"СВІЛОТЕХНІКА Й
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА:
ІСТОРІЯ, ПРОБЛЕМИ,
ПЕРСПЕКТИВИ"**



**29-31 травня 2024 року
м. Тернопіль**

ISBN 978-617-7875-81-8

Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи», 29-31 травня 2024 року – Тернопіль. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2024. – 104 с.

Даний збірник містить тези пленарних і секційних матеріалів спеціалістів і наукових співробітників, представлених на VII Міжнародній науково-технічній конференції «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи», яка проводиться 29-31 травня 2024 р. в м. Тернопіль.

Робочими мовами конференції є українська та англійська

У збірник включені тези за такими напрямками:

1. Історичні аспекти світлотехніки і електроенергетики.
2. Комп'ютерні методи у світлотехніці й електроенергетиці.
3. Впровадження світлодіодних джерел світла.
4. Фізичні аспекти генерування світла та високоефективні джерела випромінювання.
5. Вторинні перетворювачі і нормалізація параметрів електроенергії.
6. Інформаційно-керуючі і силові пристрої та системи.
7. Опромінювальні установки в промисловості, сільському господарстві, медицині.
8. Системи зовнішнього і внутрішнього освітлення.
9. Метрологія, стандартизація й сертифікація у світлотехніці та електроенергетиці.
10. Екологічні проблеми сучасної світлотехніки і електроенергетики.
11. Нетрадиційні джерела енергії та енергоощадність.

ISBN 978-617-7875-81-8

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

Павло МАРУЩАК Україна

Заступник голови

Володимир АНДРІЙЧУК Україна

Члени програмного комітету:

Анатолій ЛУПЕНКО Україна

Абул Калам Азад Бруней

Богдан ЯВОРСЬКИЙ Україна

Борис ШАБАШКЕВИЧ Україна

Вадим КОВАЛЬ Україна

Валерій ФЕДОРЕЙКО Україна

Василь ЩИРЕНКО Україна

Віктор ХАРЧЕНКО Україна

Віна Радж Бруней

Войцех ЖАГАН Польща

Володимир ЯСЬКІВ Україна

Григорій КОЖУШКО Україна

Ігор-Петро КУРІТНИК Польща

Костянтин ЛИПКІВСЬКИЙ Україна

Кравс ІВО Чехія

Леонід НАЗАРЕНКО Україна

Лукман Ахмед Омейза Бруней

Микола ТАРАСЕНКО Україна

Мирослав ШМАЙДА Польща

Мілан ГУЗАН Словаччина

Мусілек ЛАДІСЛАВ Чехія

Олег ЮРЧЕНКО Україна

Павел КОМАДА Польща

Петро СТАХІВ Україна

Пилип ГОВОРОВ Україна

Роман МИХАЙЛИШИН США

Роман ЮЗЕФОВИЧ Україна

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова організаційного комітету **Андрійчук Володимир Андрійович**

Співголова організаційного комітету **Коваль Вадим Петрович**

Науковий секретар **Філюк Ярослав Олександрович**

Любов КОСТИК, Ірина БЕЛЯКОВА, Мирослав НАКОНЕЧНИЙ, Ярослав ОСАДЦА, Микола ТАРАСЕНКО, Сергій БАБЮК, Іван СИСАК, Олег БУНЯК, Богдан ОРОБЧУК, Анатолій ЛУПЕНКО, Леонід МОВЧАН, Володимир ЗАКОРДОНЕЦЬ, Наталя КУЗЕМКО

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

УДК 621.3

В.А. Андрійчук, д.т.н., проф., Л.М. Костик, к.т.н., доц., М.С. Наконечний, к.т.н.,
Я.О. Філюк, к.т.н.

Тернопільський Національний Технічний Університет імені І. Пулюя

КІНЕТИКА СПАДАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ ПРИ ІМПУЛЬСНОМУ
ЖИВЛЕННІ СВІТЛОДІОДІВ

V.A. Andriychuk, Dr. Prof., L.M. Kostyk, Ph.D. Assoc. Prof., M.S. Nakonechnyi, Ph.D.,
Y.O. Filiuk, Ph.D.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

KINETICS OF LUMINOUS FLOW DECREASE DURING PULSE LED POWER
SUPPLY

Для живлення світлодіодів (СД) широко використовується імпульсні перетворювачі електроенергії. Для вибору параметрів імпульсного живлення необхідно мати інформацію про динаміку як електротехнічних так і світлотехнічних характеристик. Оскільки дана проблема в літературних джерелах мало висвітлена, тому ставилося завдання провести дослідження динаміки світлового потоку з використанням комерційно доступних світлодіодів. Щоб не ускладнювати експерименти свіченням люмінофорів вибір було зроблено на СД вузького спектрального діапазону, різної потужності і при живленні П-подібними імпульсами струму. Вимірювання проводили для двох типів світлодіодів FYL-3014 і ARPL-1W червоного та синього свічення потужністю 60, 120 мВт та 1 Вт, відповідно, імпульсами частотою 10кГц і заповненням 50%. Для СД ARPL-1W додатково використовували електронний ключ. Світловий потік вимірювали за допомогою інтегрального фотометра з фотоелектронним помножувачем ФЕУ-50. Блок-схема установки та метод вимірювання розглянуто в [1].

На рис. 1 приведені осцилограми спадання світлового потоку СД FYL-3014 синього і червоного свічення. На кожній із них можна виділити дві складові: швидко, яка спостерігається на початковій стадії і виділена на даному рисунку окремою вставкою, та повільну, якою закінчується спадання потоку. Аналогічна картина спостерігається і для СД ARPL-1W.

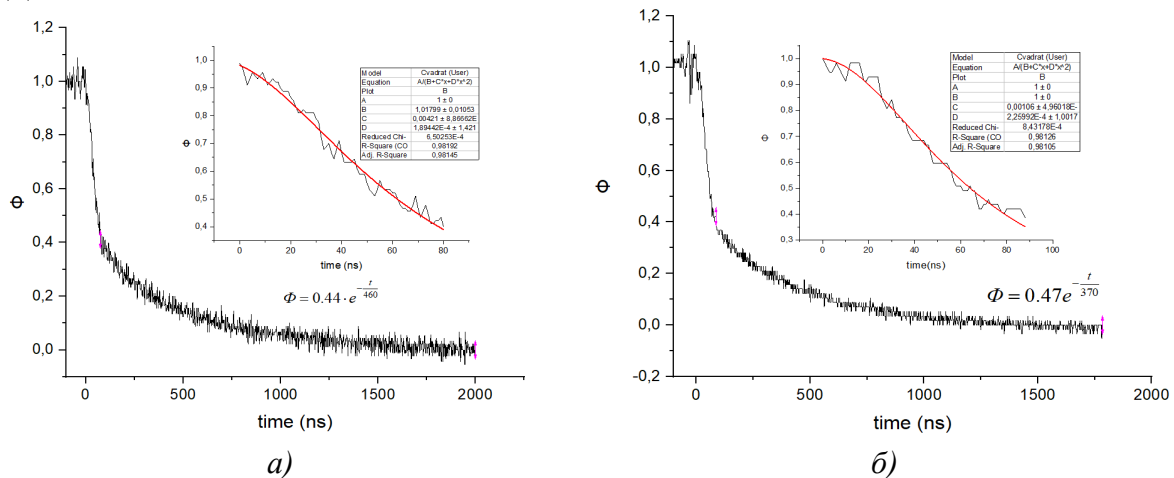


Рис.1 Криві спадання світлового потоку для синього (а),червоного (б) FYL-3014

При математичному відтворенні отриманих експериментальних результатів світловий потік нормували до одиниці і використали два підходи. В першому - криву спадання світлового потоку розбивали на дві складові і кожену з них описували своїм математичним виразом. В другому – спадання світлового потоку розглядалось як єдиний неподільний процес, який описувався експоненціальним рядом.

Швидка складова синього СД в першому підході добре описується функцією в знаменнику якої поліном другого порядку: $\Phi = 1/1 + 42,1 \cdot 10^{-4} \cdot t + 1,9 \cdot 10^{-4} \cdot t^2$ $\Phi = 1/1 + 10,6 \cdot 10^{-4} \cdot t + 2,2599 \cdot 10^{-4} \cdot t^2$ (вставка рис.1), а повільна складова - експоненціальною залежністю $\Phi = 0,44 \cdot \exp(-t/460)$ $\Phi = 0,47 \exp(-t/370)$. Для такого ж СД червоного свічення швидка складова описується функцією в знаменнику якої також поліном другого порядку $\Phi = 1/1 + 10,6 \cdot 10^{-4} \cdot t + 2,2599 \cdot 10^{-4} \cdot t^2$, а повільна - експоненціальною функцією $\Phi = 0,47 \exp(-t/370)$.

Для світлодіодів потужністю 1Вт (ARPL-1W), швидка складова спадання світлового потоку синього СД описується залежністю $\Phi = 1/1 + 50,9 \cdot 10^{-4} \cdot t + 1,3 \cdot 10^{-4} \cdot t^2$, а повільна - експоненціальною функцією $\Phi = 0,43 \cdot \exp(-t/420)$. Для СД 1 Вт червоного свічення функція, що описує швидку складову - $\Phi = 1/1 + 12,8 \cdot 10^{-5} \cdot t + 5,7 \cdot 10^{-5} \cdot t^2$. Повільна складова описується експоненціальною залежністю $\Phi = 0,44 \cdot \exp(-t/500)$

При другому підході для опису спадання світлового потоку було вибрано математичний вираз у вигляді експоненціального ряду. На рис. 2 приведені експериментальні криві спадання світлового потоку СД FYL-3014 синього і червоного свічення та накладені на них розраховані аналітичні функції: $\Phi = 0,68 \exp(-t/43) + 0,40 \exp(-t/500)$ і $\Phi = 0,73 \exp(-t/48) + 0,41 \exp(-t/500)$, відповідно. Ці дві криві співпадають.

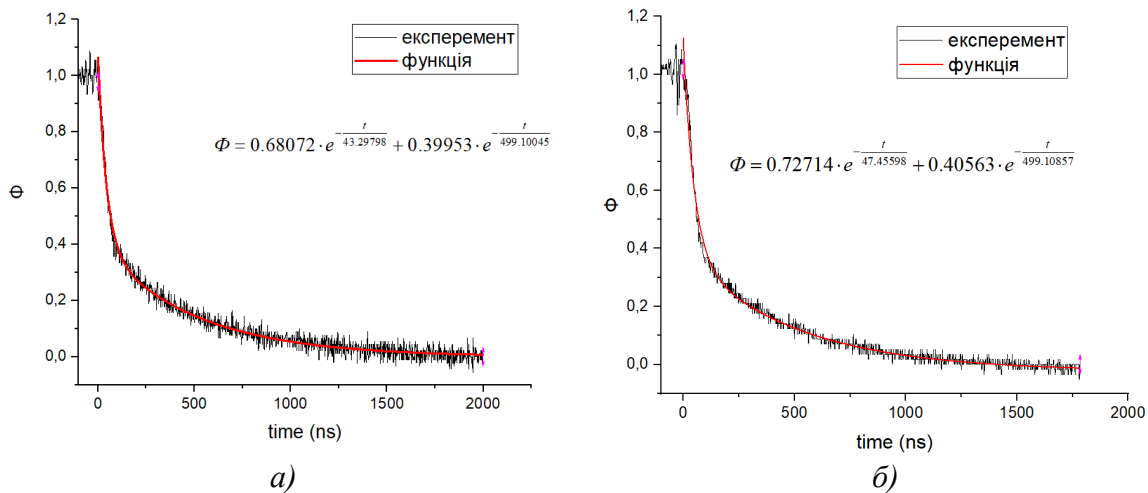


Рис. 2. Криві спадання світлового потоку для синього (а), червоного (б) FYL-3014

Для СД потужністю 1Вт (ARPL-1W) синього свічення спадання світлового потоку описується експоненціальним рядом $\Phi = 0,70 \exp(-t/47) + 0,40 \exp(-t/425)$. Для червоного свічення - $\Phi = 0,68 \exp(-t/125) + 0,42 \exp(-t/550)$. Тут постійна спадання для швидкої, тобто першої експоненціальної складової, зросла майже у 2,5 рази.

При обговоренні отриманих результатів до уваги брався рівень інжекції носіїв в активну область та можливі канали їх рекомбінації.

1. Андрійчук В.А., Наконечний М.С., Осадца Я.М., Філюк Я.О. Дослідження світлодіодних джерел світла при імпульсному живленні. «Технічна електродинаміка» 2021, вип.1, С.68-72.

УДК 628.98

Л. А. Назаренко, докт. техн. наук, проф., А. І. Колесник, канд. техн. наук
Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова,
Україна

ПРО КОЛІРНЕ ОСВІТЛЕННЯ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

L. A. Nazarenko, Dr., Prof., A. I. Kolesnyk, Ph.D.

ABOUT COLOR LIGHTING OF LIGHT SOURCES

Вплив джерела світла на колірне сприйняття об'єктів і поверхонь є ключовим аспектом якості освітлення. Це залежить від спектра випромінюваного світла, яке відбивається від поверхонь і сприймається візуальною системою людини.

З початком ери твердотілого освітлення в 2000-х роках зріс інтерес до стандартизації покращених методів оцінки колірного передавання джерел світла, особливо світлодіодів (LED). Традиційні метрики в освітлювальній індустрії, засновані на колірному порівнянні, а не на сприйнятті кольору, не завжди давали точні результати для нових джерел світла.

Ще в 2007 році Міжнародна комісія з освітлення (МКО) зазначала, що індекс колірного передавання (CRI) не завжди є надійним для прогнозування параметрів колірного передавання джерел світла, які включають світлодіоди білого кольору.

Загальний індекс колірного передавання Ra, запропонований МКО в 1995 році, часто не співпадає з оцінками спостерігачів, особливо для LED освітлення. Ця метрика була розроблена в епоху домінування ламп розжарення та люмінесцентних ламп, до того як LED освітлення стало широко поширеним.

Таким чином, на сучасному етапі розвитку технологій освітлення, існує необхідність в удосконаленні методів оцінки колірного передавання, які б адекватно відображали особливості світлодіодних джерел світла та їх вплив на колірне сприйняття.



Рисунок 1 – Модель колірного сприйняття за МКО

Зважаючи на це, Загальний індекс колірної точності Rf був запропонований IESNA як науково точне вимірювання кольору відносно еталонного джерела світла. Важливим покращенням цього індексу стало введення 99 тестових зразків, які відображають значення колірних зорових сприймань. Ці зразки ретельно відібрані, щоб репрезентувати широку вибірку основних типів зразків, як природних, так і штучних.

Для обчислення колірних зсувів використовується передовий однорідний колірний простір, названий CIE CAM02-UCS.

CIE CAM02-UCS має складну математичну модель, яка дозволяє точно обчислювати колірні відмінності. Ця модель враховує різні умови спостереження (місце і оточення колірного зразка) та хроматичну адаптацію, що робить її більш точною і надійною для оцінки кольору в різних умовах освітлення.

На рисунку 1 представлена схематична діаграма моделі колірності сприйняття за МКО.

Розшифрування ключових значень є такими:

- L
- Y_A – яскравісний фактор венграунда;
- X – яскравість адаптивного поля;

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).

Для джерела світла мультиспектрального ККТ його зупеєсвоє вимірювання і не урівнюється 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.

Література

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 614.78:535.21

Г.М. Кожушко¹, д.т.н., професор, Т. В. Сахно², д.х.н., професор, В. І. Назаренко³, д.б.н., с.н.с.

¹ Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

² Полтавський державний аграрний університет

³ ДУ «Інститут медицини праці ім. Ю.І. Кундієва НАМН України», Київ

ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ З ВРАХУВАННЯМ НЕВІЗУАЛЬНИХ ВПЛИВІВ СВІТЛА

G. M. Kozhushko¹, Dr.Sc., prof., T. V. Sakhno², Dr.Sc., prof., V. I. Nazarenko³, Dr.Sc., senior res.

¹ National University "Poltava Polytechnic named after Yury Kondratyuk"

² Poltava State Agrarian University

³ SI "Kundiiev Institute of Occupational Health of NAMS of Ukraine", Kyiv

PROBLEMS OF LIGHTING SYSTEMS DESIGN TAKING INTO ACCOUNT THE NON-VISUAL EFFECTS OF LIGHT

Життя на Землі розвивалось у відповідності з природним циклом дня і ночі. Більшість організмів, в тому числі і люди, розвинули добові (циркадні) осцилятори точно

налаштовані на змінні рівні освітленості і їх фізіологія та поведінка контролюється цим циклом. В 2002 році була відкрита різновидність фоторецепторів - фоточутливих гангліозних клітин (pRGC), що пов'язані з супрахіазматичними ядрами (SCN), які формують в мозку савців структуру, що виступає в ролі головного біологічного годинника [1]. При відсутності природних ритмів світла і темноти, зміна яких спричиняється обертанням Землі, цей «годинник» може збитися по фазі, що буде мати несприятливий вплив на здоров'я організму. Найбільш негативним наслідком штучного освітлення в нічний час для людини є порушення біологічних ритмів (хронодеструкція) через пригнічення нічної секреції мелатоніну. Освітлення, що спричиняє хронодеструкцію, можна розглядати як «світлове забруднення». Для вирішення проблеми зменшення негативного впливу невізуальної дії штучного світла проводяться дослідження направлені на створення систем освітлення, що запобігають порушенням циркадних ритмів, які можуть бути спричинені штучним освітленням. Появилось нове поняття – циркадне освітлення. Циркадне освітлення – це стратегія освітлення для підтримування циркадного ритму людини, який регулює фізичні і поведінкові зміни у відповідь на природні добові зміни освітленості (світло-темрява).

Головною проблемою при проектуванні систем освітлення з урахуванням невізуальної дії світла є відсутність офіційно визнаних міжнародних стандартів для опису циркадних характеристик світла. Існує два підходи до створення циркадної фотометрії: - на основі одного фоторецептора (гангліозних клітин сітківки ока) [2]; - на основі всіх п'яťох фоторецепторів (гангліозних клітини сітківки ока, паличок і трьох видів колбочок) [3].

Метод оцінювання циркадної ефективності світла запропонований Gall D.& Bieske K. [2] базується на експериментальних даних пригнічення секреції мелатоніну світлом з різними довжинами хвиль, отриманих авторами досліджень [4,5]. На основі функції циркадної ефективності $s(\lambda)$ і спектру світла можна розрахувати енергетичні циркадні характеристики даного світла. Відношення циркадних характеристик до фотометричних називають коефіцієнтом циркадної ефективності a_{cv} . Коефіцієнт a_{cv} дозволяє проводити порівняння циркадної ефективності світла різної колірності.

В гіпотезі з використанням одного рецептора є ряд обмежень: відсутній часовий фактор впливу циркадного світла; функція циркадної ефективності $s(\lambda)$ не враховує вклад інших фоторецепторів в pRGC і не враховує нерівномірність функції між 470 і 510 нм, існування якої встановлене експериментально в [4,5]. Через це модель з використанням одного рецептора переоцінює циркадний ефект джерел світла з CCT > 4000 К. Метод простий в застосуванні і використовується для наближених оцінок циркадної ефективності світла.

В наступній таблиці представлено зв'язок між активністю людини, коефіцієнтом a_{cv} , та корельованою колірною температурою [6].

Діяльність	a_{cv}	CCT, К
Моменти спокою, розслаблення	<0,4	< 3300
Види освітлення: офісне, промислове, вуличне, торговельних та навчальних закладів	0,3-0,8	3300-5300
Робота з високими зоровими навантаженнями	>0,7	>5300

Більш пізня модель циркадної фотометрії була запропонована [3] з використанням всіх п'яти рецепторів. Модель є нелінійною, щоб інтерпретувати нерівномірність функції циркадної ефективності між 470 і 510 нм. При цьому враховується ефект спектральної опозиції сигналу синьо-жовтих кольорів, що впливають на відклик сигналів pRGC. Пороговий рівень (мінімальний ефект) і рівень насичення (максимальний ефект) для пригнічення секреції мелатоніну визначається в залежності від кількості світла, що падає на сітківку ока. За допомогою цієї моделі розраховуються еквівалентна циркадна

освітленість (CLA), яка визначається як потік випромінювання на одиницю площі після 1 години його впливу. Це безрозмірна величина, яку можна порівняти з поняттям освітленості. На основі CLA можна розрахувати циркадний стимул C\$, який представляє собою безрозмірну величину від 0,1 до 0,7 одиниці, пропорційну швидкості пригнічення нічного мелатоніну у людей. Слід зазначити, що метрика C\$, також має обмеження: це стосується часових аспектів, таких як тривалість освітлення, часу доби, історії попереднього впливу світла на людей.

Рекомендованою вхідною величиною є спектральна освітленість очей, однак цей метод не враховує модифікацію спектру що досягає очей із-за коефіцієнтів відбиття поверхонь в навколишньому середовищі. Метод складний в практиці проектування систем освітлення, тому він застосовується для дослідження циркадних ефектів.

Незважаючи на відсутність офіційних міжнародних стандартів для опису циркадних характеристик світла в ряді країн світу розроблені стандарти, в яких запропоновані рекомендації щодо освітлення з врахуванням невізуальної дії світла. Наприклад, в Німеччині опублікований стандарт DIN SPEC 5031-100:2015-08 який оцінює вплив світла на секрецію мелатоніну. Досвід використання практики підтримання циркадних ритмів при проектуванні освітлення можна застосувати і в Україні не чекаючи прийняття міжнародних стандартів з циркадної фотометрії. Світлодіодні технології і сучасні автоматичні системи керування зі зміною рівнів освітленості і колірості дозволяють реалізовувати такі проекти.

Література

1. Berson D.M., Dunn F.A., Takao M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*. 2002. 295(5557):1070-1073.
2. Gall D., Bieske K. Definition and measurement of circadian radiometric quantities. In *Proceedings of the CIE Symposium '04 on Light and Health*. 2004. 129–132.
3. Rea M. S., et al. Modelling the spectral sensitivity of the human circadian system. *Lighting Research & Technology*. 2012. 44(4), 386–396.
4. Brainhard G.C. Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor. *Journal of Neuroscience*. 2001. 21, 6405-6412.
5. Thapan K. An action Spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. *Journal of Physiology*. 2001. 535, 261–267.
6. Rossi Maurizio. Circadian Lighting Design in the LED Era. *Circadian Lighting Design in the LED*. 2019. 277p.

УДК 621.3

В.І. Корнага, к.т.н. Д.В. Пекур, Ph.D, ст. досл. В.М. Сорокін, д.т.н, проф., чл.кор. НАНУ

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

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА БАЛАНСУВАННЯ LiFePO₄ АКУМУЛЯТОРІВ

V. Kornaga, Ph.D., D. Pekur, Ph.D., V. Sorokin, Dr. Sci. (Engin.)

ENERGY-EFFICIENT LiFePO₄ BATTERY BALANCING SYSTEM

Складна ситуація в енергетиці України спричинила в останній час суттєвий запит на сучасні потужні системи акумуляування енергії в результаті чого збільшилося використання високонадійних LiFePo елементів акумуляторних батарей, які мають значні переваги над іншими. Основними з переваг є велика кількість циклів

заряду/розряду (до 7000 разів), низька різниця напруги на елементі акумулятора протягом одного циклу роботи, високий піковий струм, широкий робочий температурний діапазон ($-25^{\circ}\text{C}\div 50^{\circ}\text{C}$) [1]. Крім того напруга на LiFePO акумуляторних елементах складає близько 3,3 В, що дозволяє створювати на їх основі акумуляторні батареї з стандартними напругами (близько 12 В та 24 В). При створенні батареї на основі розглянутих акумуляторів виникає необхідність балансування напруги на послідовно з'єднаних елементах, щоб запобігти перезаряду окремих елементів акумуляторної батареї [2]. На даний час відомо два типи систем балансування пасивні та активні. Оскільки принцип роботи пасивних систем балансування є резистивне шунтування елементів акумуляторної батареї, то даний тип балансування не підходить для потужної акумуляторної батареї через значні втрати енергії (з виділенням значної кількості теплоти) і він функціонує лише при заряді батареї. Активні системи балансування базуються за звичай на передачі енергії від акумулятора з більшою напругою на акумулятор/акумулятори з меншими напругами [3]. Активні системи балансування в свою чергу поділяються на ємнісні та індуктивні, що вказує на основі якого реактивного елемента побудований балансир.

При використанні активного балансира є декілька проблем. Першою є втрата потужності на комутаціях, що зменшує ефективність системи балансування. Іншою являється зменшення потужності балансування при малій різниці напруги на елементах акумуляторної батареї. Для вирішення даних проблем було запропоновано систему балансування в якій суміщені балансир і зарядний пристрій з функцією балансування. Розроблена система балансування дозволяє розподіляти струм заряду батареї на окремі елементи акумулятора в пропорції по мірі їх розрядів, що відразу зменшує втрати на вторинному балансуванні. Також для зменшення втрат на комутаціях і збільшення величини енергії, що передається між акумуляторами керуючий мікроконтролер в автоматичному режимі змінює частоту комутації і налаштовується на резонансну частоту контуру передачі. Запропонована система балансування розрахована для балансування від двох до чотирьох елементів акумуляторної батареї (тобто з стандартною напругою батареї близько 12 В), а також можливістю під'єднання двох модулів послідовно з загальною кількістю акумуляторів 8 шт.(сумарною напругою біля 24 В). Особливістю розробленої системи є можливість проведення балансування з максимальними струмами в 20 А, а також зменшення втрат балансування завдяки застосуванню гнучкого налаштування системи.

Література

1. Yuejiu Zheng, Mingguo Ouyang, Xuebing Han, Languang Lu, Jianqiu Li, Investigating the error sources of the online state of charge estimation methods for lithium-ion batteries in electric vehicles, *Journal of Power Sources*, Volume 377, 2018, Pages 161-188, ISSN 0378-7753, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.11.094>.
2. Yuejiu Zheng, Mingguo Ouyang, Languang Lu, Jianqiu Li, Xuebing Han, Liangfei Xu, Hongbin Ma, Thomas A. Dollmeyer, Vincent Freyermuth, Cell state-of-charge inconsistency estimation for LiFePO₄ battery pack in hybrid electric vehicles using mean-difference model, *Applied Energy*, Volume 111, 2013, Pages 571-580, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.05.048>.
3. Amin, A., Budiman, A. C., Kaleg, S., Sudirja, S., & Hapid, A. (2021). Active battery balancing system for electric vehicles based on cell charger. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 12(3), 1729.

UDC: 271.2-523.4(477-25) «19»

A. Kizlova, doctor of historical sciences

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»;

National Preserve «Kyiv-Pechersk Lavra»

INTEGRATION OF THE RESURRECTION CHURCH INTO THE ELECTRICAL GRID OF THE KYIV CAVES LAVRA (THE EARLY 20TH CENT

А. А. Кізлова, доктор історичних наук

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»; Національний заповідник «Києво-Печерська лавра»

ВКЛЮЧЕННЯ ВОСКРЕСЕНСЬКОЇ ЦЕРКВИ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖУ КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ НА ПОЧАТКУ ХХ СТ.

In the early 20th cent., the Kyiv Dormition Caves Lavra was not only a sacred place important for every Orthodox Christian, but also a self-sufficient institution with its own agricultural lands, apiaries, hospitals, libraries, hotels and apartment buildings, fish ponds, springs, as well as a prosfora bakery, bread bakery, printing house and photo studio, sawmill, candle and brick factories, and a wide range of various workshops. In 1911, its own oil-fired power plant became an important part of the economic life of the various units of the monastery itself and Pechersk, including the Kyiv Fortress [3, p. 38]. From the perspective of the history of both electrification and social interactions around it, it is important to examine at the micro level how the Lavra expanded its power grid beyond the monastery walls.

The aim of the paper is to determine the specifics of including the Resurrection Church in Pechersk into the power grid of the Kyiv Caves Lavra.

On December 22, 1910, the head priest of the Resurrection Church, Petro Stelletsnyi, submitted a petition to the Spiritual Council of the Lavra to have electricity brought from the Lavra's power plant to his church quarters in the courtyard of the Resurrection Church for 30–40 lamps. He agreed to pay for this from his own and parish funds. He also proposed to pay at the rate set for the commandant and staff of the Kyiv Fortress [1, арк. 16 зв.]. On December 22, 1910, a resolution of the Spiritual Council was issued with the cost of electricity for the specified number of lamps (20 kopecks per kWh) [1, арк. 2]. On December 29, 1910, the Spiritual Council decided to instruct the responsible persons to check the possibility of the connection described in the petition [1, арк. 16 зв.]. On November 28, 1911, P. Stelletsnyi was given a response to his request from December 29, 1910. It stated that they agreed to connect 30–40 lamps at 20 kopecks per kWh, plus a fee for connecting to the Lavra's grid [1, арк. 3]. On February 8 (according to the protocol of the Spiritual Council, probably a misprint in it), 1912, the head of the Lavra's power plant, S. Adrianov, confirmed that this was possible, but at the customer's expense, and a meter also had to be installed under the Lavra's supervision [1, арк. 4; 2, арк. 118 зв. – 119]. On February 16, 1912, the Spiritual Council decided to notify P. Stelletsnyi about this, which was done on February 21 [1, арк. 4 зв., 5; 2, арк. 118 зв.].

On November 19, 1914, a petition from P. Stelletsnyi was received by the Spiritual Council, referring to the successful experience of connecting his house and mentioning a petition by the clergy and warden to the diocesan authority for permission to install electric lighting in the church itself at the church's expense: 3 church chandeliers (for 24, 12 and 6 candles) for 42 lamps and 10–12 lamps in other parts of the church, total 52–52 lamps. They asked the Lavra to do everything on the same terms as the clergy house with the priest's quarters. On November 24, 1914, the Spiritual Council decided to ask the head of the power plant if this was possible. On November 28, he confirmed that it was possible [1, арк. 14–14 зв.]. On December 2, 1914, the head of the power plant was allowed to organize the

respective works, and P. Stelletsnyi was notified about this [1, арк. 16–17].

On December 30, 1914, P. Stelletsnyi appealed to the Spiritual Council with a request to add 7–10 lamps on the previous terms for the quarters of the deacon of the Resurrection Church. On December 31, the Spiritual Council agreed [1, арк. 18–18 зв.]. P. Stelletsnyi and the head of the power plant were notified about this on January 9, 1915 [1, арк. 19–19 зв.].

However, on the same day, the head of the power plant prepared a report to the Spiritual Council, received on January 10, stating that it was undesirable to connect the deacon's quarters through the Resurrection Church's meter, because in case of a lighting malfunction in the quarters, the Lavra would not be able to turn it on or off without affecting the church's lighting, so the deacon's quarters had to be connected through a separate meter, separately from the Lavra's main line. On February 12, it was decided to notify P. Stelletsnyi about this. This was done on February 16 [1, арк. 20–21].

On July 12, 1916, the head priest of the Resurrection Church, Mykola Smyrnov, submitted a petition to the Spiritual Council. Since there was a need to replace the lighting in the church courtyard with electric lighting, he asked for permission to install 8 low-power lamps in the church courtyard (one each over the Holy and Economic gates, 4 on each side of the church, 1 in the courtyard building, 1 over the threshold of the priest's house), accordingly extending the external wiring, partially through the church meter, partially through the rector's meter [1, арк. 22]. After consulting with the head of the power plant, on July 20, 1916, the priest was notified that they were allowing this to be done at the customer's expense [1, арк. 22 зв. – 23]. It is noteworthy that at the time this permission was granted, the Lavra was already experiencing problems with oil supplies due to the unfolding fuel crisis caused by the events of World War I [3, p. 39].

In 1910–1914, the Resurrection Church in Pechersk was gradually connected to the power grid of the Kyiv Caves Lavra. Initially, the clergy house with the priest's quarters was connected to the power grid, and then the church itself and the deacon's house. The priests and clergy paid for the cost of connection and electricity at the rates set by the Lavra. When connecting the deacon's quarters, technical problems arose, which ultimately did not hinder the plans. The connection at all stages was coordinated with the Spiritual Council of the Lavra and the head of the Lavra's power plant, and at the stage of lighting the church, also at the diocesan level. In 1916, under a new rector, electric lighting was also installed in the courtyard of the Resurrection Church. The connection of the church to the Lavra's power grid took place against the backdrop of the overall electrification of the Lavra and adjacent territories, which was an important stage of modernization in Pechersk. Communication paid significant attention to the details of technical issues, the cost of work, and the commercial aspects of providing connection services to the power grid. While the Lavra's power grid itself was just emerging, there were long delays in decision-making. However, further interactions were more prompt.

Література

1. Центральний державний історичний архів України в м. Києві (ЦДІАК України). Ф. 128. Оп. 1 бл. Спр. 3514. Дело Духовного собора Киево-Печерской Успенской лавры о присоединении к лаврской электрической сети причтового дома Воскресенской церкви.
2. ЦДІАК України. Ф. 128. Оп. 1 КДС. Спр. 679. Протоколи Духовного собора.
3. Kizlova A. Providing Oil for Power Plant of Kyiv Dormition Caves Lavra in Face of the World War I // *Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки*: Збірник тез II Міжн. наук. конф., 21–22 квітня 2022. Тернопіль, 2022. С. 38–40.

С. Герц, І. Войтюк
ТОВ «Шредер», Україна

**СВІТЛОВИЙ МАЙСТЕР-ПЛАН МІСТА ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ
ЗАВДАНЬ УРБАНІСТИКИ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В МУНІЦИПАЛЬНІЙ
СФЕРІ**

S. Herts, I. Voituk
Schreder LLC, Ukraine

**CITY LIGHTING MASTERPLAN AS A TOOL FOR SOLVING URBAN PLANNING
AND ENERGY SAVING PROBLEMS IN THE MUNICIPAL SECTOR**

Ефективне використання енергії та мінімізація впливу на довкілля є ключовими факторами сталого розвитку як на світовому рівні, так і загальнонаціональному, регіональному рівнях і на рівні громад. Одним із пріоритетних напрямків економічного розвитку міста є напрямок енергозбереження і підвищення енергоефективності систем його зовнішнього освітлення.

Компанія ШРЕДЕР вже понад 115 років розробляє інноваційні технології і виготовляє високоефективне освітлювальне обладнання для міст, реалізує комплексні програми, покликані створити безпечний і комфортний простір для людей, формує самобутній образ міст індивідуальні і неповторні силуети вечірніх мегаполісів, міст та селищ як в Україні, так і в понад 70 країнах світу на 5 континентах. Власні конструкторські бюро, лабораторії, 5 заводів і понад 2000 висококваліфікованих працівників дозволяють реалізувати будь-які амбітні плани і створити дійсно незабутній образ денного і вечірнього міста.

Для вирішення актуальних проблем при впровадженні таких проєктів в умовах лімітованих міських бюджетів, постійного і неминучого зростання вартості електроенергії, різних трактувань термінів енергозбереження та енергоефективності ми пропонуємо свій підхід і бачення шляхів вирішення завдань комплексного освітлення населених пунктів.

1. Ми пропонуємо розробку майстер-планів освітлення міст – стратегічного документу, який включає напрямки та довгострокові цілі розвитку міста. Світловий урбанізм – це створення єдиної методики підходу до планування міського освітлення та включення світлового дизайну в систему містобудівного проєктування. Такий документ розробляється з врахуванням думки міських громад, вимог ДБН, історичної та культурної спадщини міста, завдань архітекторів та фахівців ЖКГ у відповідності до діючого Генерального плану розвитку міста. Йдеться не про закупівлю містом світильників з існуючого у постачальника арсеналу виробів, з обмеженням певних і не завжди виправданих характеристик (потужність і світлова ефективність), а реалізація завдання громади щодо освітлення інфраструктурних міських об'єктів згідно діючих ДБН, з найнижчими показниками енергоспоживання та загальною вартістю володіння.
2. В рамках реалізації світлового майстер-плану компанія ШРЕДЕР здійснює:
 - розробку, конструювання та виробництво світильників
 - проведення світлотехнічних розрахунків і формування специфікацій на освітлювальні прилади для міських об'єктів
 - нагляд за монтажем, гарантійне та постгарантійне обслуговування.
3. Ми пропонуємо змістити акцент з терміну «вартість» світильника на термін «загальна вартість володіння» світильника. Високоефективні і науковомісткі технології та комплектуючі, які застосовуються в процесі виробництва, дають нам

можливість забезпечити термін експлуатації наших виробів 25 років і гарантійний термін від 5 років за рахунок:

- використання лише алюмінієвих корпусів, відлитих під високим тиском,
- використання високонадійних комплектуючих,
- конструкції світильників, здатної забезпечити надійність роботи світильника в екстремальних умовах міського середовища
- ефективна система тепловідводу від світлодіодів з показниками спаду світлового потоку 5%-10% протягом 100 000 годин (тобто 25 років роботи в міських мережах при нормі 4000 годин в рік). Таким чином ми гарантуємо значне зменшення експлуатаційних витрат на ремонт, обслуговування, заміну тощо, що в результаті зменшує вартість володіння більш дорогим при закупівлі, проте більш надійнішим обладнанням при тривалій експлуатації.

4. В результаті проведення світлотехнічних розрахунків освітлення вулиць міста, парків, скверів, елементів транспортної та міської інфраструктури, ми надаємо Замовнику широкий вибір світильників різного дизайну та з широким діапазоном характеристик світлового потоку, колірної температури та мінімального значення споживаної потужності при дотриманні ДБН та інших нормативних документів.
5. Одне з наших головних завдань як виробників-світлотехніків – забезпечити потрапляння згенерованого світильником світлового потоку на обмежену розрахункову площу поверхні з мінімальними втратами світла і мінімальними показниками потужності світильника. Поняття питомої ефективності (відношення величини згенерованого світлового потоку до спожитої електроенергії в розрахунку на одиницю освітлювальної площі – ключове в трактуванні поняття енергоефективності світлових установок. Тому саме цей показник, а не потужність або світлова ефективність світильника (часто ототожнюють з ефективністю самих світлодіодів), на нашу думку, являється ключовим у виборі освітлювального обладнання.
6. Сьогодні в умовах розвитку IT-технологій світильники на вулицях міст вже перестали виконувати функцію просто джерела світла. Сучасна світлова установка – це багатофункціональна модульна конструкція з можливістю автономного або віддаленого керування, яка може поєднувати в собі як освітлювальні модулі, так і допоміжні, а саме: блок WI-Fi, відеокамери спостереження, декоративна підсвітка, акустичні системи, Інтерком, блоки підключення рекламних носіїв, зарядні пристрої для електротранспорту, різноманітні датчики тощо. Це чудовий актив для творення простору: він зміцнює зв'язок між людьми і довкіллям з мінімальним впливом на екологію.

Лише комплексний підхід до питання освітлення міста як цілісної структури компактного проживання людей з моменту розробки технічного завдання до монтажу обладнання, врахування і забезпечення потреб жителів в комфортному і безпечному проживанні, створення неповторного образу вечірнього міста за допомогою світлотехнічних рішень з використанням високотехнологічного обладнання і отримання якісних та нормативних показників за умов найнижчого споживання електроенергії – запорука сталого розвитку громад і втілення в життя результатів енергозберігаючих муніципальних програм.

УДК 339.1:(043)

О.В. Кумчик

ТОВ «ОСП Корпорація «ВАТРА», Україна

**ВПЛИВ РОЗВИТКУ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА НА ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОБНИЦТВА ТА ПРОСУВАННЯ СВІЛОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.
ОСНОВНІ ТRENДИ РИНКУ LED-ОСВІТЛЕННЯ.**

O.V. Kumchyk

**THE INFLUENCE OF LED LIGHT SOURCES DEVELOPMENT ON THE
MANUFACTURING TECHNOLOGY AND PROMOTION OF LIGHTING
ENGINEERING EQUIPMENT. THE MAIN TRENDS OF THE LED
ILLUMINATION MARKET**

Поява білих світлодіодів та доступної технології їх виробництва є найбільшою технологічною революцією в розвитку джерел світла. З моменту першого комерційного випуску ламп розжарення компанією Edison Electric Light Company в 1880 р. джерела світла розвивалися еволюційно. Поряд з такими джерелами світла, появились газорозрядні лампи, які мали свої переваги і недоліки, що дозволяло їм «мирно» співіснувати: всіх їх об'єднувала необхідність «скляної колби» тих чи інших габаритів; всі вони знаходили свою оптимальну зону застосування, враховуючи переваги і недоліки кожної.

В 1996 році японськими вченими фірми Nicia винайдено доступний спосіб виробництва світлодіодів з синім, а потім з білим випромінюванням, що стає переломним моментом в історії розвитку джерел світла. Вже приблизно через 10 років всі виробники світлотехнічного обладнання звертають особливу увагу на напівпровідникові джерела світла і починають розробляти на їх базі світлові прилади. Остаточне визнання світлодіодів, як безальтернативної технології в освітленні, приходить в 2014 році, коли їх розробники Усака Акасаки, Сюдзи Накамур, Хірони Аmano, отримують Нобелівську премію. Безальтернативність LED-технології в освітленні полягає в тому, що з другої половини 2010-х виробники масово знімають з виробництва світильники з так званими на той момент «традиційними» джерела світла (ДРЛ, ДНаТ, ЛБ) переходячи на випуск світлодіодної номенклатури. В даний час нове виробництво освітлювальних установок на основі світлодіодних джерел світла складає практично 100%.

Безперечним є той факт, що світлодіоди – це вже недалеке минуле, безальтернативне теперішнє та найближче майбутнє в технології виробництва світлотехнічного обладнання. Підтвердженням цього є найбільша світова виставка світлотехнічного обладнання «Lighting and Building 2024» в Франкфурті на Майні, на якій з 3000 експонатів були представлені вироби виключно на основі напівпровідникових джерел світла.

Звичайно, революція самих джерел світла призводить до революції в виробництво світлотехнічного обладнання на їх основі. В першу чергу світлові прилади стають менш габаритними, оскільки не виникає необхідності формування КСС за допомогою відбивачів – в LED-технології це вирішуються за допомогою компактних лінз. Можливість масового виготовлення світильників на основі алюмінієвих профілів, дозволяє обходитись в виробництві без штампувального і ливарного виробництв, а це в свою чергу відкриває дорогу в цей бізнес невеликим середнім компаніям, оскільки пропадає необхідність значних інвестицій у виробництво.

Знову ж, виставка у Франкфурті підтверджує бачення, що будь це вуличний, промисловий світильник чи прожектор, його габарити і маса зменшуються, а такі характеристики, як потужність на умовну одиницю маси та світлова віддача приладу –

зростають.

Якщо узагальнити тенденції виробництва світлотехнічного обладнання на етапі переходу з розрядних на напівпровідникові джерела світла, то можна констатувати, що галузь виробництва світлових приладів передреїфувала з акценту металообробної складової на складову електроніки та керування нею. Така зміна технології виробництва мала суттєвий вплив на ринок світлотехнічного обладнання. Якщо до прикладу світлотехнічний ринок України був типовою олігополією (ринок 2-3 учасників) то тепер це ринок вільної конкуренції (до 2022 року в Україні налічувалось близько 30 виробників світлотехнічного обладнання). До існуючих операторів ринку (Ватра, Шредер, Світлотехніка – Запоріжжя) приєдналися такі виробники, як Радій, ITW System, Світовіт, Промавтоматика, Ледпрофлайт. Кожна з даних компаній вибравши в основному свій сегмент цього ринку, опирається на агресивну стратегію просування продукції, в основному по прямому каналу збуту «виробник-споживач» тим самим піднімаючи рівень конкуренції в кожному локальному сегменті, будь то зовнішнє освітлення, промислове чи адміністративне. Разом із цим, з покупкою компанією Signisify торгової марки PHILIPS і відповідно появою на ринку світильників серії «економ» під торговою маркою «PHILIPS» суттєво збільшилась присутність на ринку України даної продукції. Така ринкова ситуація змушує виробників докладати максимум зусиль, як в напрямку розвитку і вдосконалення продукту, так і в напрямку методів його просування на ринку.

Варто зауважити, що ринок світлотехнічних виробів на основі LED-технологій, – це ринок вільної конкуренції, який фактично являється полем битви з конкурентами за свідомість (прихильність) споживача. Звідси, можна стверджувати, що орієнтація на потреби (свідомість) споживача та глибоке, досконале вивчення основних характеристик виробів конкурентів і відповідно, створення на базі власних знань такого аналізу виробів зі стійкими конкурентними перевагами є чи не єдиним способом втриматись та мати успіх на ринку.

Щодо ринку LED-освітлення, то не можна стверджувати, що зміна технології виробництва продукту змінила розподіл ринку за сегментами. Якщо брати ринок світлодіодної світлотехнічної продукції, то йому може бути притаманна така структура: 44 % – освітлення житлово-комунального господарства; 16 % – промислове і зовнішнє освітлення; 15 % – архітектурне освітлення; 13 % – освітлення об'єктів торгівлі; 12 % - офісне та адміністративне освітлення. Кожен з даних сегментів має свої ключові фактори успіху (КФУ) – це ті показники чи параметри, які найбільше впливають на свідомість (прихильність) споживачів. Так, наприклад: в житловому сегменті – це дизайн; в промисловому (до прикладу вибухозахищене освітлення) – це безпечність; в загальнопромисловому – це надійність.

На основі вищенаведеного, можна прийти до наступних висновків:

1. Напівпровідникові джерела світла у виробництві освітлювального обладнання є і будуть в найближчому майбутньому єдиною технологією, що являється базою для його виробництва.

2. LED-технології змінили підходи у виробництві світлотехнічного обладнання: галузь перемістилась з метало обробки до електроніки.

3. Зміна технології виробництва світлових приладів відкрила доступ до ринку компаніям середнього розміру, змінивши в Україні ринок LED-освітлення з олігополії до ринку вільної конкуренції.

4. Орієнтація на потреби споживача і аналогічної продукції конкурентів є ключовими факторами успішної конкурентної боротьби в зміненому ринку.

5. Кожний сегмент ринку LED освітлення має свої КФУ, які являються орієнтирами для створення ринково успішних продуктів.

УДК 628.971.6

Я.М. Осадца¹, канд. техн. наук, доц; Р.Б. Кріль²; І.Р. Козак¹¹Тернопільський національний технічний університет, Україна²КП «Тернопільміськвітло», Україна

АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМАМИ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ м. ТЕРНОПОЛЯ

Ya.M. Osadtsa, Ph.D., Assoc. Prof.; R.B.Kril; I.R. Kozak

ANALYSIS OF ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION BY EXTERNAL LIGHTING SYSTEMS OF TERNOPIIL CITY

Важливим елементом середовища перебування населення є зовнішнє освітлення населених пунктів. Завдання, які покладаються на цей вид освітлення, пов'язані із забезпеченням комфортного та безпечного пересування людей у темну пору доби, належного рівня світлового мікроклімату для водіїв та пішоходів, а також естетичного вигляду населеного пункту в темні періоди доби. Для виконання цих завдань необхідною є реалізація заходів, пов'язаних із утриманням, забезпеченням безперебійної та надійної роботи, запобіганням, передчасного зносу та руйнування систем зовнішнього освітлення. Виконання завдань такого роду покладено на комунальні підприємства та організації, зокрема в м. Тернополі такою організацією є КП «Тернопільміськвітло». Крім того з метою забезпечення безпеки дорожнього руху і попередження виникнення аварійно - небезпечних ситуацій, КП «Тернопільміськвітло» здійснює заходи щодо виявлення та усунення дефектів та по утриманню та поточному ремонту технічних засобів регулювання дорожнього руху (світлофорів).

Одна із найбільших частин експлуатаційних витрат систем зовнішнього освітлення припадає на витрати за споживання електричної енергії освітлювальними установками. Зниження цих витрат можна досягти шляхом переходу на енергоощадні джерела світла, якими в даний час вважаються світлодіоди. В даній роботі проведено співставлення рівнів споживаної електричної енергії системами зовнішнього освітлення м. Тернопіль протягом 2019 – 2023 рр.

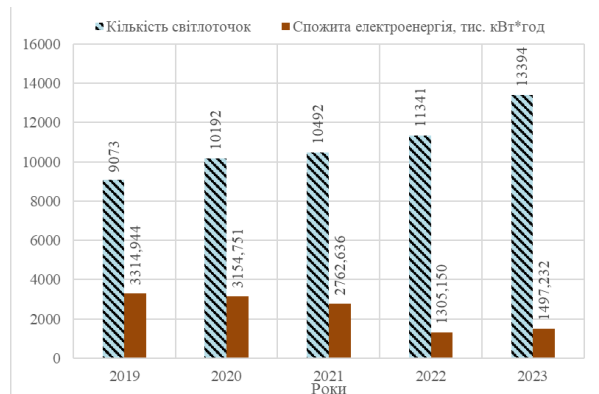


Рисунок 1 – Діаграма кількості світлоточок та рівнів споживання електроенергії системами зовнішнього освітлення м. Тернопіль

Варто зауважити, що в містах притаманною є тенденція щодо зростання кількості об'єктів зовнішнього освітлення, і як наслідок – збільшення кількості місць перетворення електричної енергії у світлову (світлоточок). Як видно із рис. 1 кількість світлоточок в системах зовнішнього освітлення м. Тернополя за 2019 – 2023 рр. зростає на 47,6 %. Незважаючи на це, рівень споживання електричної енергії протягом 2019 – 2023 рр. знизився на 16,7 %, що пов'язано із переходом на світлові прилади на основі напівпровідникових джерел світла. Зниження споживання електричної енергії у 2023 та 2023 рр. пов'язане насамперед зі зменшенням кількості роботи систем зовнішнього освітлення протягом доби.

УДК 621.31

О.В. Понтус¹, Р.А. Карпишин², В.П.Коваль³, к.т.н. доц.

¹Директор ТОВ "Грін Стрім", Україна, Великобританія

²Інженер ТОВ "Грін Стрім", Україна, Великобританія

³Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВВЕДЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ ПРОМИСЛОВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

O.V.Pontus¹, R.A. Karpushyn², V.P. Koval³, Ph.D., Assoc. Prof.

¹Director of Green Stream LLC, Ukraine, UK

²Engineer at Green Stream LLC, Ukraine, UK

³Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ukraine

FEATURES OF THE DESIGN AND COMMISSIONING OF AN INDUSTRIAL SOLAR POWER PLANT

Альтернативні(нетрадиційні) джерела енергії — будь-яке джерело енергії, яке є альтернативою викопному паливу. Це поновлювані джерела, до яких відносять енергію сонячного випромінювання, вітру, морів, річок, біомаси, теплоти Землі, та вторинні енергетичні ресурси, які існують постійно або виникають періодично у довкіллі. Завдяки альтернативним джерелам енергії у світі зменшується викиди CO₂, що зумовлює нанесення меншої шкоди для екології і довкілля в цілому.

Розглянемо приклад сонячної електростанції промислових масштабів.

На рис. 1 наведена однолінійна схема роботи сонячної електростанції.

Зі схеми можна побачити, що принцип роботи електростанції наступний:

- сонячні модулі з'єднуються послідовно в одну лінію (string). К-сть модулів в лінії залежить від проектного рішення організації, яка розробляла проектну документацію. В даному випадку це 25 ліній по 27 сонячних модулів в кожній на один інвертор.

- Лінії підключаються до інвертора з допомогою DC кабелю (2x1x6 мм²). Даний кабель розрахований на напругу 1500 В постійного струму, тому що очікувана напруга ліній в районі 1300 В постійного струму.

- Інвертор – пристрій, котрий перетворює постійний струм на змінний. У нашому випадку це інвертор Sungrow 350 НХ, який перетворює в нашому випадку 1500 В постійного струму на 0.8 кВ змінного струму.

- Потужність трифазного інвертора 350 кВт, тому після проведених розрахунків, вибрано кабель AL XLPE/PVC 0.6/1кВ 3x1x400 мм², який передає вироблену енергію на підвищуючу підстанцію. В нашому випадку (даний об'єкт монтується у Великій Британії) це 0.8кВ / 33кВ.

- Трансформаторна підстанція в свою чергу віддає всю вироблена енергію в загальну мережу для користування нею побутових і юридичних споживачів.

Вимірювання, які необхідно зробити перед введенням сонячної електростанції в генерацію

Перед введенням електростанції в генерацію та під'єднанням до об'єднаної мережі проводяться пусконаладжувальні роботи, а саме перевірка справності всіх кабелів, а також модулів.

Production Substation 28 Inverters

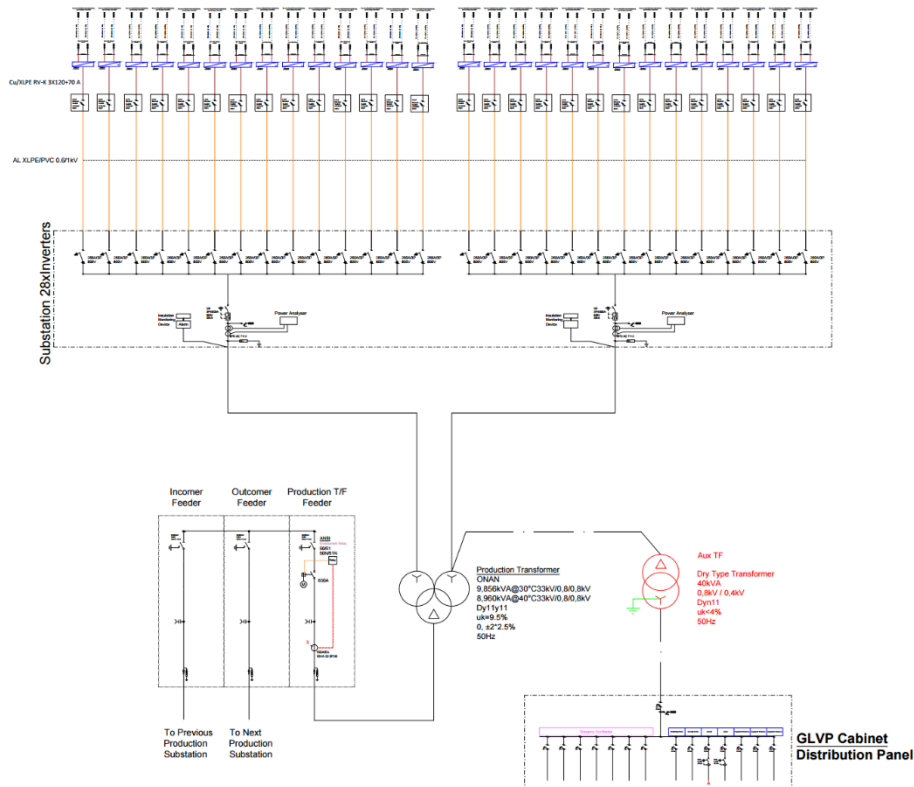


Рисунок 1 - Однолінійна схема роботи сонячної станції вмикання

Також виміри важливі для складання графіків генерування потужності для підтримання балансу в мережі.

Нижче наведено типи тестування і їхня важливість для введення в експлуатацію.
- RISO тест для сонячних панелей та DC(сонячного) кабелю.

Даний тест проводиться для визначення опору ізоляції кабелів постійного струму а також самих сонячних панелей на предмет їхньої механічної цілісності. Тестування проводиться напругою 1500 В постійного струму. Якщо лінія(string) показав результат більше 1Mом, то ця лінія вважається як така яка може бути допущена до вводу в експлуатацію. Для даних вимірювань наша компанія використовує тестер PV-ISOTEST

На рисунку 2 наведено схему за якою проводяться виміри даного тесту.

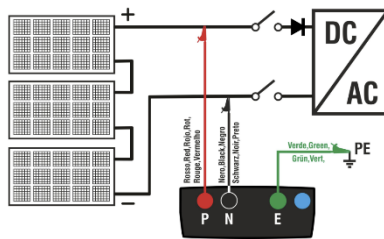


Рисунок 2 - RISO тест для сонячних панелей та DC(сонячного) кабелю
- I-V test

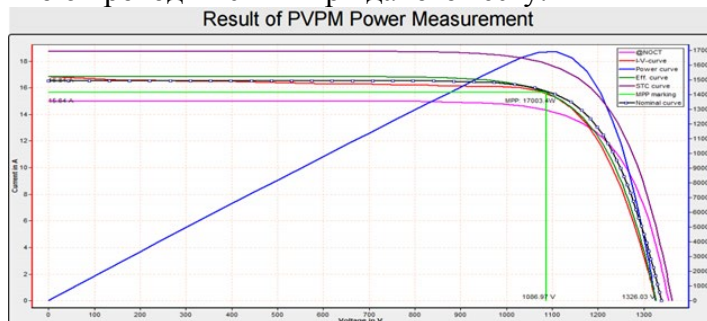


Рисунок 3 – BAX лінії (string) постійного струму

За допомогою даного тесту знімаються Вольт-Амперні характеристики (BAX) із кожної лінії (string) постійного струму. Цей тест вважається одним із найважливіших,

тому, що за допомогою нього ми визначаємо чи модулі дійсно відповідають заявленим характеристикам від виробника. Згідно загально прийнятих положень в сонячній енергетиці відхилення не повинно становити більше 3%. У випадку більшого відхилення, станція ризикує втратити запроєктовану потужність. На рисунку 3 наведено результати деяких наших вимірювань, які проводились на уже побудованих сонячних станціях. Для даного тесту наша компанія використовує пристрій PVPM1540X

- MEGGER TEST of AC cables

Даний тест проводиться для визначення опору ізоляції кабелів змінного струму які з'єднують інвертор з трансформаторною підстанцією. Даний тест проводиться для того, щоб визначити цілісність кабелів змінного струму. Тестування проводиться напругою 1500 В постійного струму. Якщо кабелі змінного струму показують результат більше 1 МОм, то ця лінія вважається як така яка може бути допущена до вводу в експлуатацію. Для даних вимірювань наша компанія використовує тестер PV-ISOTEST. На рисунку 4 наведено схему за якою проводяться виміри для даного тесту.

- Grounding system test

Один з найважливіших тестів, так як захисне заземлення – це безпека персоналу у випадку коротких замикань, або витoku струму на струмоведучі частини обладнання, тощо.

Всі струмоведучі частини на сонячній станції повинні бути заземлені і підключені до загального контуру заземлення. Перед запуском станції проводиться тестування всієї системи заземлення. Для Великої Британії результати вимірів повинні бути менше 2 Ом (в Україні 4 Ом). Якщо результати вимірювань є меншими ніж зазначено вище – це означає, що система захисного заземлення справна і у випадку надзвичайної ситуації ризик ураження струмом персоналу відсутній. На даний момент наша компанія використовує наступний тестер Kewtech KEW4105A Earth Resistance Tester

На рисунку 5 наведено схему за якою проводяться виміри даного тесту

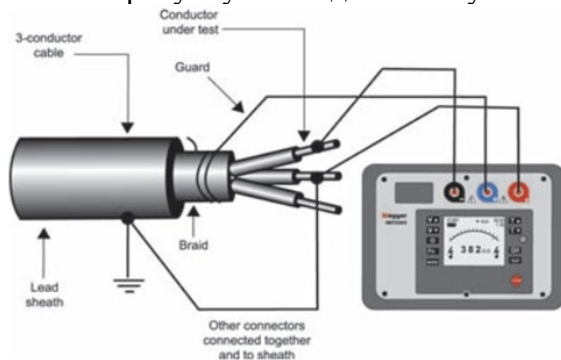


Рисунок 4 – Підключення тестера PV-ISOTEST для визначення опору ізоляції кабелів

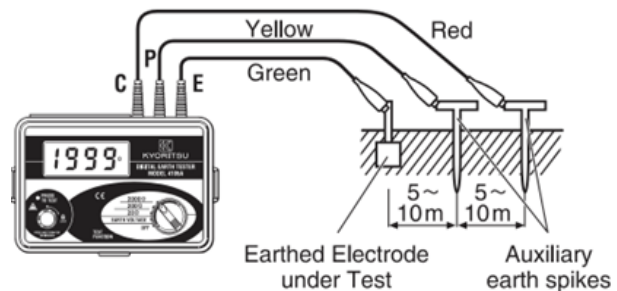


Рисунок 5 – Підключення тестера Kewtech KEW4105A для вимірювання захисного заземлення

СЕКЦІЙНІ ЗАСІДАННЯ

СЕКЦІЯ А – ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ СВІЛОТЕХНІКИ І ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ. КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ У СВІЛОТЕХНІЦІ Й ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ. ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ГЕНЕРУВАННЯ СВІТЛА ТА ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ДЖЕРЕЛА ВИПРОМІНЮВАННЯ. ОПРОМІНЮВАЛЬНІ УСТАНОВКИ В ПРОМИСЛОВOSTІ, СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ, МЕДИЦИНІ.

УДК 621.3

В. Лазарюк, к.т.н., доц., Н.Куземко, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет, Україна.

ІДЕЇ ПУЛЮЯ В ІНЖЕНЕРІЇ ПЕРШИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ В ЄВРОПІ

V. Lazaryuk, Ph.D, Assoc. Prof., N. Kuzemko, Ph.D, Assoc. Prof.

**PULUJ IDEAS IN FIRST POWER DISTRIBUTION NETWORKS
ENGINEERING IN EUROPE**

Ми знаємо Івана Пулюя в першу чергу як талановитого фізика, проте його багатогранний талант в повній мірі розкрився також у інших галузях науки та техніки, зокрема в електротехніці та електроенергетиці. Порівняльних праць, щодо цієї діяльності Пулюя обмежена кількість [1], тому у теперішній час відкритого доступу до інформаційних ресурсів дане дослідження дозволить доповнити вклад українського вченого у світову електротехнічну науку.

Уже на Першій Міжнародній виставці з електротехніки у Парижі («Exposition internationale d'Électricité à Paris», EIE Paris) у 1881 році лампу Пулюя нагороджено дипломом [1]. У 1882 році Пулюй стає технічним керівником Віденської філії компанії Ganz & Company з Будапешту [2], провідного європейського виробника електрообладнання для виробництва електроенергії та освітлення на той час. Вже у 1883 році компанія мала біля 50-ти виконаних інсталяцій електрообладнання у Австро-Угорщині, [3]. У 1883 році Пулюй стає членом–засновником Електротехнічного товариства у Відні, та його запрошують на посаду консультанта на Австрійську збройну фабрику у Штайрі. Збройовий завод тоді почав випускати електродинамомашини, дугові лампи та лампи з вугільною ниткою. За ініціативою директора Йозефа Верндля в 1884 році у Штайрі відбулася «Електрична державна виставка промислового лісництва та історії культури» („Electrische-Landes-Industrie-Forst und culturhistorische Ausstellung“), яка стала четвертою подібною виставкою у світі, після Парижа, Мюнхена та Відня. Командою талановитих піонерів-електротехніків заводу зброї у Штайрі, серед яких був і Іван Пулюй, було вперше у світі продемонстровано можливість електричного освітлення цілого міста від генераторів, що приводились в дію за допомогою водяної турбіни, [1]. Усі перші факти застосування гідроенергії для виробництва електрики у 1881 році на водопадах на Ніагарі та Сент-Антоні (США), у 1882 році в місті Голалмінг (Великобританія) та у місті Епплтоні на річці Фокс у США, [4], безумовно також потребують детального порівняльного вивчення.

У 1884 році Іван Пулюй публікує брошуру про електричне освітлення, перевидану у 1885 році через значний інтерес фахівців до розділу про проектування електростанцій, окремою статтю “Про електричні центральні у Празі” (“Über elektrische Centralanlagen in Prag”), [5]. У цій праці вчений обґрунтовує концепцію побудови великих електроцентралей (електростанцій) на противагу невеликим тепловим електростанціям, наводить ряд практичних рекомендацій застосування акумуляторних батарей для освітлення. Ця публікація свідчить про його глибокий підхід до проблем електроенергетики, в результаті чого Іван Пулюй став авторитетним експертом із проектування та будівництва електростанцій та електричних мереж у Австро-Угорщині.

На засіданні Німецького політехнічного товариства в Чехії та Празького електротехнічного товариства 15 січня 1897 року Пуллой запропонував свою концепцію розвитку електроенергетики [1, 6]: спорудження однієї великої електроцентрالی змінного струму замість кількох малих електростанцій постійного струму, яка повинна знаходитися не в густонаселених районах, а за межами міста. Також він запропонував об'єднати електроцентраль з одним із комунальних газових заводів, що давало можливість отримати дешеве паливо - кокс. Перевагами такого підходу він вважав здешевлення будівництва, зменшення кількості обслуговуючого персоналу, здешевлення електроенергії. Будівництво електроцентрالی за межами міста зменшувало вплив шкідливих для здоров'я людей викидів, а також вплив надмірного шуму моторів. Крім того майданчики для будівництва за межами міста мали меншу вартість, а близькість води, дозволяла успішно використовувати її для охолодження та конденсації пари.

Важливим питанням у період становлення електроенергетики також був вибір між постійним та змінним струмом. Пуллой був прихильником впровадження змінного струму, як і Тесла, який у 80-х роках 19 ст. обґрунтував переваги змінного струму при передачі електричної енергії на великі відстані. Основним критерієм, вважав Пуллой, є відстань між електростанцією та споживачами. Якщо відстань невелика, то можна застосовувати постійний струм та акумуляторні батареї, на великих відстанях втрати в лініях електропередачі зростають, тому тут перевагу слід надати змінному струму, оскільки збільшуючи напругу за допомогою трансформаторів, при передачі електроенергії на великі відстані, можна зменшити втрати. Отже, Пуллой провів дуже глибокий та аргументований аналіз не лише з точки зору електротехніки, але й економіки та екології, саме тому його концепція побудови електростанцій перемогла і в Голешовицях біля Праги, де за інформацією проф. Іво Крауса була побудована велика електростанція змінного струму, [7].

Крім цього, Пуллой також керував спорудженням інших електростанцій на території Чехії, зокрема у Цвікау, Марієнбаді (Маріянське-Лазне), Франценсбаді, [1]. Найбільшу увагу він приділив великій гідроелектростанції поблизу міста Гогенфурт, яку будувала фірма «Г.Спіро і сини в Крумляві» на річці Влтаві, яка мала дуже сприятливий рельєф для будівництва саме поблизу цього міста. Пуллой виступав у ролі експерта уряду Австро-Угорщини, що стежив за будівництвом з точки зору охорони праці та охорони навколишнього середовища. Цей проект був започаткований у 1896 році, а будівництво першої черги електростанції завершилося уже в 1904 році. Надалі збільшення потужності цієї гідроелектростанції стимулювало розвиток промисловості у регіоні, [1].

Про електростанцію біля Гогенфурта Пуллой написав широку публікацію українською мовою [8, 9], в якій детально, з технічними подробицями описав сам проект та різні технологічні процеси, що є свідченням того, як він старанно вивчав всю проектну документацію та її практичне втілення. Крім того, він описав особливості телефонної станції для зв'язку між електростанцією, трансформаторними підстанціями та споживачами з точки зору убезпечення персоналу від проникнення в телефонну мережу великих струмів з високовольтних ліній. Передбачив він також захист електростанції від атмосферних розрядів та подбав про екологічну безпеку: уникнення розмивання берегів річки та охорони навколишнього природного середовища.

Отже, дослідження показують, що Іван Пуллой постає перед нами як електротехнік широкого профілю, фахівець найвищого рівня та свідчать про його вагомий вклад у розвиток світової та європейської електротехнічної галузі.

Література

1. Гайда Р., Пляцко Р. Іван Пуллой. Життя і творчість: Монографія / Р. Гайда, Р. Пляцко. – Львів: Дослідно-видавничий центр Наукового товариства ім. Шевченка, 2019. – 220 с.
2. Puluĵ, Johann (1845-1918), Physiker / Österreichisches Biographisches Lexikon, [Електронний ресурс],

Режим доступу: https://www.biographien.ac.at/oeb1/oeb1_P/Puluj_Johann_1845_1918.xml

3. Thomas P. Hughes, *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930* (Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1983, 474 p.
4. The history of power / *Power magazine's*, [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://www.powermag.com/an-interactive-timeline-the-history-of-power/>
5. Puluj J. Über elektrische Centralanlagen in Prag // *Technische Blätter*. — 1885. — Bd. 17. — S. 65—70.
6. Puluj J. Über elektrische Centralen in Prag // *Technische Blätter*. — 1897. — Bd. 29, Heft. 1—2. — S. 91—94.
7. Kraus I. Prazska setkani s profesorem Ivanem Pulujem. // *Hospodafske Noviny*. - 1995. - 17.02.
8. Пулюй І. Електрична централка Гогенфурт фірми Г. Спіро і синове в Крумляві // *Збірник Математично-природописно-лікарської секції НТШ*. — 1905. — т.10. — с.1-30.
9. Иван Пулюй. *Збірник праць*. / За заг. ред. проф. В. Шендеровського. — К.: Рада, і 1996,— Т. 1-2. — 712 с.

УДК 621.326

Баб'як Д. А., аспірант

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СПОСОБИ ПОКРАЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ КАРБІДУ ТИТАНУ ЗА ДОПОМОГОЮ НАНОКОМПОНЕНТІВ У ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ

Babiak D. A., PhD student

METHODS FOR IMPROVING THE PROPERTIES OF TITANIUM CARBIDE-BASED YFRD ALLOYS USING NANOCOMPONENTS IN ELECTRICAL ENGINEERING

Solid titanium carbide (TiC) alloys represent a cornerstone in the realm of electrical engineering due to their exceptional properties such as high hardness, wear resistance, and thermal stability. However, as technological advancements continue to unfold, there emerges a pressing need to further refine and optimize these properties to meet the ever-evolving demands of modern engineering applications. In response to this challenge, the integration of nanocomponents into TiC-based alloys presents a compelling avenue for enhancing their efficiency and reliability across a myriad of applications.

Nanocomponents, characterized by their minute scale measured in nanometers, boast a plethora of unique physical, chemical, and biological properties that set them apart from their macroscopic counterparts. Their utilization spans a multitude of fields, including medicine, electronics, materials science, and energy, where they have revolutionized conventional approaches and opened new frontiers for innovation.

One of the primary advantages of nanocomponents lies in their ability to significantly enhance the electrical conductivity of materials. By incorporating nanomaterials such as silver or graphene nanoparticles, it becomes possible to fabricate conductive inks that enable the development of thin, lightweight, and flexible electronic devices. This breakthrough has profound implications for the design and manufacturing of portable and wearable technologies, ushering in an era of unprecedented versatility and functionality.

Moreover, the integration of nanoparticles such as aluminum oxide (Al₂O₃), silicon oxide (SiO₂), or boron nitride (BN) into TiC-based alloys represents a pivotal step towards enhancing their mechanical properties, particularly strength and wear resistance. These nanoparticles serve as reinforcements, effectively filling microcracks and pores within the material matrix, thereby mitigating the propagation of defects and improving overall structural integrity. Additionally, they act as barriers to dislocation movement within the crystal lattice, bolstering the alloy's resistance to deformation and fracture.

In the realm of thermal management, nanocomponents play a crucial role in enhancing the thermal conductivity of TiC-based alloys. Materials such as graphene and carbon nanotubes exhibit

exceptional thermal conductivity, making them ideal candidates for improving heat dissipation in electrical components. By incorporating these thermally conductive nanomaterials into TiC-based coatings, it becomes possible to efficiently dissipate heat, thereby reducing the risk of overheating and extending the operational lifespan of electronic devices.

Furthermore, nanostructured coatings fortified with oxide or nitride nanoparticles offer enhanced protection against wear and corrosion, safeguarding electrical components from mechanical damage and aggressive environments. These coatings form dense and uniform protective layers that effectively shield the underlying surface from corrosive agents, thereby prolonging the service life of critical components operating in harsh conditions.

The creation of nanocomposites by combining titanium carbide with highly conductive nanomaterials such as graphene or carbon nanotubes represents a paradigm shift in enhancing electrical conductivity. These nanocomposites exhibit superior electrical properties, enabling more efficient transmission of electrical currents in high-performance electrical components. Additionally, they improve the contact properties of materials, reducing electrical resistance and ensuring stable electrical contacts, thereby enhancing the overall efficiency and reliability of electrical devices.

Optimizing the structure of TiC-based alloys through the strategic integration of nanocomponents represents a multifaceted approach aimed at enhancing their mechanical, thermal, and physical properties. By leveraging nanotechnologies, it becomes possible to create alloys with a more uniform microstructure and improved mechanical characteristics. Nanostructures with fine-grained structures exhibit increased hardness, strength, and thermal stability, making them ideally suited for applications requiring exceptional mechanical performance.

Micralloying, the process of introducing alloying elements at the nanoscale, further enhances the mechanical properties and corrosion resistance of TiC-based alloys. By carefully selecting and incorporating nanoscale alloying elements such as vanadium, chromium, or molybdenum, it becomes possible to tailor the properties of the alloy to meet specific performance requirements, thereby expanding its utility across a diverse range of applications.

Controlled deposition of nanoparticles represents a pivotal technique for optimizing material structure and properties. By employing advanced deposition technologies such as chemical vapor deposition, physical vapor deposition, or electrochemical deposition, it becomes possible to precisely control the size, distribution, and orientation of nanoparticles within the material matrix. This level of control enables the fabrication of materials with tailored properties, thereby unlocking new possibilities for innovation and advancement in the field of electrical engineering.

Using nanocomponents to improve the properties of solid titanium carbide-based alloys in electrical engineering is a promising direction that ensures increased efficiency, reliability, and durability of electrical components. Strengthening with nanoparticles, improving thermal conductivity, protective coatings against wear and corrosion, enhancing electrical conductivity, and optimizing material structure all contribute to creating high-performance materials for modern electrical devices. Further research and the implementation of nanotechnologies in this field can lead to new achievements and significant improvements in electrical engineering.

Overall, optimizing the structure of solid titanium carbide-based alloys with nanocomponents opens new opportunities for their application in electrical engineering. Using nanostructured materials, micralloying with nanocomponents, and controlled deposition of nanoparticles significantly improves the mechanical, thermal, and physical properties of alloys. This, in turn, increases the efficiency and reliability of electrical components, making them more suitable for use in high-temperature and aggressive environments. Further research and technology development in this field can lead to even greater achievements in creating high-performance materials for modern electrical engineering.

Література

1. Ghosh, S., Manna, S., Saha, P. (2020). Influence of Nanoparticle Reinforcements on the Mechanical Properties of Titanium Carbide-Based Alloys: A Review. *Materials Today: Proceedings*, P. 1179-1184.
2. Singh, R., Singh, R., Srivastava, A. K. (2020). Nanocomposite Coatings Based on Titanium Carbide with Enhanced Wear Resistance: A Review. *Journal of Alloys and Compounds*
3. Кравченко, І. В., Мартинюк, О. В. (2021). Застосування нанокompозитів на основі твердих карбідів титану у сучасних системах електротехніки. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, С. 66-71.

УДК 536.24

В. С. Закордонець, к.ф.-м.н., доц., О. Я. Копча

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ TEMПЕРАТУРИ СВІТЛОДІОДНИХ МАТРИЦЬ АКУМУЛЯТОРАМИ ТЕПЛА

V. Zakordonets, Ph. D.; Assoc. Prof., O. Kopcha

TEMPERATURE STABILISATION OF LED MATRICES BY HEAT ACCUMULATORS

Метою роботи є розробка і створення системи стабілізації температури світлодіодних матриць, яка використовує приховану теплоту фазового переходу і працює в режимі повторно-періодичних тепловиділень. Принцип роботи системи базується на використанні прихованої теплоти плавлення робочої речовини і дозволяє досить жорстко зафіксувати температуру напівпровідникового джерела світла. Основною умовою її нормального функціонування є умова не перевищення температури плавлення робочої речовини максимально допустимою температурою світлодіодного елемента. В залежності від гранично допустимої температури охолоджуваних елементів в якості робочої речовини можуть використовуватися віск, парафін, нафталін, натрій та ін.. Такі системи термостабілізації, як правило, застосовуються для жорсткої стабілізації температури вузлів з повторно - короткочасним режимом роботи і здатні забезпечити коефіцієнт тепловіддачі до $10^5 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, що суттєво більше ніж в традиційних системах охолодження [1]. Для зменшення теплового опору системи використаний поділ контейнера на декілька секцій, заповнених речовинами різними температурами плавлення. Причому температури плавлення речовин зменшуються в напрямку протилежному до градієнта температури і перпендикулярно до площини поділу фаз. Визначальною особливістю систем стабілізації температури на базі ТА є незмінність температури робочої речовини в процесі плавлення, що призводить до незмінності температури активної зони СДМ. Системи термостабілізації на базі акумуляторів тепла мають важливу перевагу, зокрема, вони є автономними та незалежними від мінливих зовнішніх умов.

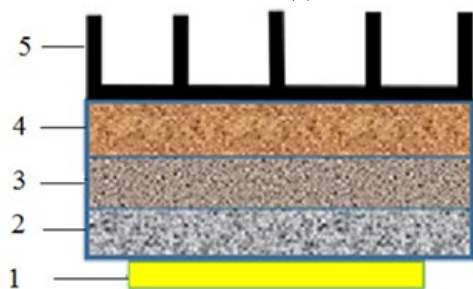


Рисунок. Схема акумулятора тепла, на основі фазового переходу першого роду для стабілізації температурного режиму світлодіодних матриць. 1.-світлодіодна матриця, 2, 3, 4 – розділений перегородками контейнер з робочими речовинами, 5 – радіатор.

Робота акумулятора тепла описується рівнянням балансу енергії

$$Q = \sum_{i=1}^3 (Q_{ci} + Q_{\lambda i}) = \sum_{i=1}^3 \rho_i V_i c_i (T_{nli} - T_0) + \sum_{i=1}^3 \rho_i V_i \lambda_i$$

де c_i - питома теплоємність, λ_i - питома теплота плавлення, ρ_i - густина, V_i - об'єм речовини i - тої секції.

Час дії системи термостабілізації визначається часом нагріву до температури плавлення і повного розплавлення робочої речовини і може бути знайдений наступним чином.

$$\Delta\tau = (\tau_n + \tau_{nl}) = \frac{Q}{P_t},$$

де P_t - теплова потужність світлодіодної матриці, τ_n - час нагріву від температури середовища T_0 до температури плавлення робочої речовини, τ_{nl} - час плавлення робочої речовини.

Література

1. Закордонець В.С. Розрахунок термоелектричної системи охолодження світлодіодів. / В. С. Закордонець, Н. В. Кутузова // Термоелектрика. №5, 2018. – С. 41–49.

УДК 536.24

В. С. Закордонець, к.ф.-м.н., доц., О. Я. Копча

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНИХ МАТРИЦЬ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИМИ МОДУЛЯМИ

V. Zakordonets, Ph. D.; Assoc. Prof., O. Kopcha

INCREASING THE EFFICIENCY OF COOLING LED MATRICES WITH THERMOELECTRIC MODULES

Сучасні потужні світлодіодні матриці (СДМ) випромінюють у вигляді світла не більше 30% спожитої електроенергії. Таким чином, більша її частина, а це понад 70%, перетворюється в тепло. Якщо теплову енергію не відводити, то надмірне нагрівання СДМ призведе до деградації світлових характеристик і зменшить термін її служби. Крім того, збільшення температури зменшить яскравість світіння і світловий потік. Для збільшення світловіддачі СДМ необхідно охолоджувати. Як правило, для цього використовують активні способи тепловідведення: вентилятори, рідинне охолодження, термоелектричне охолодження та ін. Для підвищення ефективності охолодження доцільно використати термоелектричні модулі (ТЕМ). Вони мають низку переваг порівняно з іншими способами, а саме: високу надійність і відсутність рухомих частин, компактність і невелику масу, малу інерційність і безшумність роботи. Крім того, застосування ТЕМ наділяє систему тепловідведення функцією охолодження, тобто дає можливість знижувати температуру активної зони СДМ до температури нижчої, ніж температура навколишнього середовища [1]. Це стає особливо актуальним в умовах аномально високих температур, коли температура середовища стає рівною або більшою від температури активної зони СДМ.

В роботі, з використанням методу регресійного аналізу температурну залежність світлового потоку матриці СХА 1520 було апроксимовано спадаючою лінійною функцією

$$\Phi |_{I_f=I_{f0}}(T_j) = \Phi_0 [c_0 - c_1(T_j - T_{j0})], \quad (1)$$

де Φ_0 – світловий потік при температурі p - n -переходу $T_{j0}=85$ C, при струмі $I_{f0}=450$ мА, $c_0=1$, $c_1=0.003236$ K⁻¹, а залежність світлового потоку від струму - спадною параболічною функцією

$$\Phi|_{T_j=T_{j0}}(I_f) = \Phi_0 \left[-d_0 + d_1(I_f/I_{f0}) - d_2(I_f/I_{f0})^2 \right], \quad (2)$$

де $d_0 = 0,0481$, $d_1 = 1,451$, $d_2 = 0,404$, $T_{j0}=85$ C, $I_{f0} = 450$ мА.

Використовуючи отримані залежності, при умові не зменшення світлового потоку був знайдений оптимальний баланс між інтенсивністю охолодження і темпом приросту струму живлення СДМ:

$$d\Phi = \frac{\partial\Phi|_{I_f=I_{f0}}(T_j)}{\partial T_j} dT_j + \frac{\partial\Phi|_{T_j=T_{j0}}(I_f)}{\partial I_f} dI_f = 0. \quad (3)$$

При одночасній зміні T_j , та I_f оптимальний баланс настає при виконанні умови:

$$\frac{\partial T_j}{\partial I_f} = - \frac{\partial\Phi|_{I_f=I_{f0}}(T_j)}{\partial T_j} \cdot \left[\frac{\partial\Phi|_{T_j=T_{j0}}(I_f)}{\partial I_f} \right]^{-1}. \quad (4)$$

Отримане співвідношення дає можливість раціонально вибрати величину струму живлення для світлодіодної матриці та для модуля охолодження з метою отримання максимального світлового потоку за мінімальних витрат електроенергії.

Література

1. Закордонєць В.С. Розрахунок термоелектричної системи охолодження світлодіодів. / В. С. Закордонєць, Н. В. Кутузова // Термоелектрика. №5, 2018. – С. 41–49.

UDC 535.8, 539.12.04, 616-71, 628.9

В.Р. Kovalyuk¹, Ph.D., Assoc. Prof; V.S. Mocharskyi¹, Ph.D.; R. Ya. Kushnir², Ph.D, Assoc. Prof.; O.A. Sitkar², Ph.D., Assoc. Prof.

Ternopil Ivan Puluji National Technical University¹, Ukraine

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University², Ukraine

PURULENT SKIN DAMAGE TREATMENT WITH HELP OF LASER RADIATION

More than 60 years have passed since the presentation of the first working laser in 1960. And today is very difficult to image any field of science, technology or medicine without it. From the first days of the invention of the laser, the study of the effect of its radiation on various objects began. A separate large field of research is the effect of lasers on living organisms. Laser radiation is used both in diagnostics and in therapy and treatment of people. Features of laser radiation make it possible to combine it with other methods of treating people.

This work presents the methodology and results of the purulent skin damage treatment of humans using laser radiation.

A laser with a wavelength of 630 nm and a power of several mW was used for the treatment. It was specially manufactured at the Ternopil Ivan Puluji National Technical University.

Two groups of patients with furuncle, carbuncle, abscess and phlegmon were selected for treatment: those who received a course of laser therapy along with conventional treatment methods, and those who did not receive such therapy. The treatment took place with a mandatory general blood test, assessment of blood coagulation and oncological alertness. Pus was also taken for bacteriological culture and sensitivity of strains to antibiotics.

10 sessions of laser therapy were used for treatment. The radiation time was calculated according to the formula:

$$t = \frac{D \times A}{P(1 - r)},$$

where, D – the radiation dose (J/cm²),
A – irradiation area (cm²),
P – the output power of the laser (W),
r – reflection coefficient.

Studies have shown the positive effect of using laser radiation for the treatment of purulent skin damage in humans. Thus, granulation, infiltrate resorption time, secretion cessation and secondary suture application time in the group that received laser treatment occurred almost 2 times faster compared to those that did not receive such treatment. As a result, the stay of patients on sick leave was shortened by almost a week.

It can be concluded that laser radiation affects microflora and proliferation. It also improves microcirculation in the affected area and improves the body's immune response.

The use of laser radiation together with conventional methods of treatment accelerates the therapeutic effect and is fully justified.

УДК 621.3

Я.О. Філюк¹, к.т.н., Р.І. Михайлишин², к.т.н., М.І. Котик³, Наконечний¹, к.т.н.

¹Тернопільський Національний Технічний Університет імені І. Пулюя

²Техаський університет в Остіні, Сполучені Штати Америки

³Відокремлений структурний підрозділ Тернопільський фаховий коледж

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ УСТАНОВКАМИ ЗМІННОГО ОПРОМІНЕННЯ

Y.O. Filiuk¹, Ph.D., R.I. Mykhailyshyn² Ph.D., M.I. Kotyk³, M.S. Nakonechnyi¹, Ph.D.

¹Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

²The University of Texas at Austin, USA

³Ternopil Vocational College is a separate structural unit

MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM OF VARIABLE IRRADIATION INSTALLATIONS

За останнє десятиліття цифровізація та технічна еволюція систем досягли досить помітного прогресу, вони швидко проникли в наше повсякденне життя, а також деякі галузі діяльності, такі як промислова діяльність, транспорт, медицина, сільське господарство і т.д. Цифрові технології дозволили користувачам підвищити продуктивність та прибутковість своїх систем, особливо у галузі тепличного сільського господарства. Вирощування рослин на закритому ґрунті є енергоємним і пошук шляхів зменшення енергозатрат є актуальним саме в даний час, коли ціни на енергоносії різко зростають. В більшості тепличних господарств в період короткого світлового дня додаткове опромінення рослин відбувається штучними джерелами світла, які стаціонарно розміщуються над посівною ділянкою. Вони працюють в середньому 8 годин на добу. В зв'язку з особливістю процесів фотосинтезу, а саме його світлової та темної фаз, появляється перспектива використання змінного опромінення рослин. Змінне опромінення є одним із шляхів зменшення енергозатрат в агропромисловому виробництві без зниження урожайності та якості овочевих культур, вирощених на закритому ґрунті. Це можна зробити за допомогою рухомих опромінюючих установок.

З метою підвищення енергоефективності та надійності роботи опромінюючої установки для її електроприводу використано кроковий двигун (КД). Перевага такого двигуна

полягає у відсутності щіток та інших деталей з механічним тертям, спрощена і здешевлена система керування, в якій відсутній зворотній зв'язок, можливість досягнення дуже низьких швидкостей обертання навантаження, приєднаного безпосередньо до валу двигуна без проміжного редуктора, відсутність спеціальних датчиків положення. Це підвищує його надійність та забезпечує великий експлуатаційний ресурс.

Для підвищення функціональних можливостей опромінюючих установок з обертальним рухом опромінювача при стележній багатоярусній системі вирощування розсади було розроблено установку, в якій опромінювач здійснює обертання навколо двох осей – вертикальної і горизонтальної. Це дозволило впливати на рівень опромінення будь-якої частини ділянки посіву і тим самим добитися її високої однорідності, створивши однакові умови для світлокультури рослин.

Блок-схема електроприводу ОУ з обертанням опромінювача навколо вертикальної і горизонтальної осі приведена на рис.1 де: МК – мікроконтролер; ДКД – драйвер крокового двигуна; ОП – освітлювальний механізм; БЗШ1, БЗШ2 – блок задання швидкості; КД1, КД2 – крокові двигуни для горизонтальної і вертикальної осі; КВ1, КВ2 – кінцеві вимикачі.

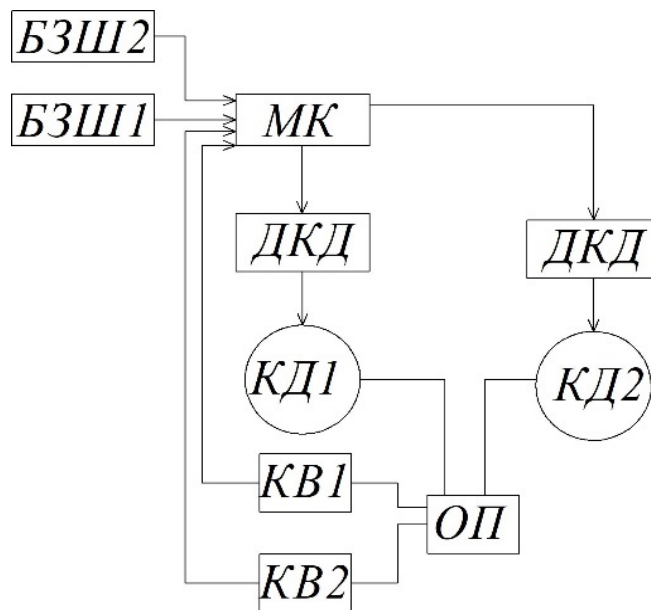


Рис.1. Блок-схема електроприводу ОУ з обертанням опромінювача навколо вертикальної і горизонтальної осі

При побудові електроприводу опромінюючих установок важливим було не тільки вибір двигуна, але не менш важливо було правильно вибрати схему драйвера і алгоритм його роботи, який часто визначається програмою мікроконтролера. Вибір було зупинено на простому і дешевому драйвері крокового двигуна на основі мікроконтролера сімейства AVR. До складу блоку керування поворотним механізмом опромінюючої установки входять:

- мікроконтролер Arduino, який призначений для обробки вхідних сигналів і подальшого керування роботою крокових двигунів;
- енкодер, призначений для зміни режиму роботи установки в ручному або автоматичному (керованому МК) режимах;
- дисплей, призначений для відображення всіх вхідних даних та вибору режиму роботи;
- драйвер крокового двигуна, призначений для підсилення вихідних імпульсів керування та надання їм рівня, необхідного для нормальної роботи крокового двигуна.

Керування роботою двигуна здійснюється за допомогою мікроконтролера Arduino, побудованого на основі мікропроцесора Atmel ATmega, та цифрового драйвера на основі сигнального процесора із застосуванням сучасних керуючих алгоритмів. У DM556 реалізовані плавність руху валу двигуна, високий момент, алгоритми придушення резонансу, а також

захист від короткого замикання та перевищення напруги живлення. Він легко налаштовується через порт RS232. Використання даного електроприводу у поєднанні з мікропроцесорним керуванням дозволяє автоматизувати роботу опромінюючої установки.

Література

1. Андрійчук В.А., Наконечний М.С., Осадца Я.М., Філюк Я.О. Дослідження світлодіодних джерел світла при імпульсному живленні. «Технічна електродинаміка» 2021, вип.1, С.68-72.
2. Andriychuk, V.A., Kostyk, L.M., Filiuk, Y.O., Ю Nakonechnyi, M.S.. Research of transient processes in an electric circuit with a led. Tekhnichna Elektrodynamika. 2024. No. 2, Pp. 87-93.

УДК 621.314.58

В.І. Крочак

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВИКОРИСТАННЯ ТРИГОНОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ДРОСЕЛЯ НАСИЧЕННЯ У КОМП'ЮТЕРНІЙ СИМУЛЯЦІЇ СХЕМИ ЄНСЕНА

V. Krochak

USING THE TRIGONOMETRIC MODEL OF A SATURABLE CORE IN COMPUTER SIMULATION OF THE JENSEN CIRCUIT

Інвертори, які працюють за принципом автогенератора, займають важливе місце в електроенергетиці та електроживленні апаратури з широким переліком застосувань, потреб, параметрів і характеристик. Основними перевагами таких схем є простота схемотехніки, висока надійність, відсутність додаткових схем живлення, які використовуються для драйверів керування силовими ключами, а також низькі рівні випромінюваних електромагнітних завад. В умовах активного науково-технічного розвитку силових транзисторних ключів за технологією MOSFET та інтегрованих драйверів для них, автогенератори все менше застосовуються у схемах інверторів та інших перетворювачів електроенергії, оскільки для їх впровадження потрібні більші затрати на проектування, в деяких випадках використання дефіцитної комплектації, а також складніше добитися відтворюваності параметрів в межах партії [1]. Ця робота присвячена використанню тригонометричної моделі дроселя насичення у комп'ютерній симуляції схеми Єнсена, що сприяє спрощенню проектування вищевказаної схеми, або інших схем, що працюють за принципом автогенератора [2].

Відомі математичні моделі магнітних осердь представлені у різних пакетах комп'ютерної симуляції. У деяких пропонується застосування моделі Джайлса-Атертона [3], але більш поширеною є модель Чана. У цій роботі використовується програмний пакет LTSpice, який є середовищем комп'ютерної симуляції SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis). Запропонована до використання тригонометрична SPICE модель дроселя насичення має наступний вигляд:

$$\text{Flux} = k * \tanh(m * x) \quad (1)$$

де Flux – магнітний потік через осердя, Вб; x – струм через обмотку дроселя насичення, А; k – коефіцієнт, що визначає максимальне і мінімальне значення магнітного потоку; m – коефіцієнт, що визначає крутизну характеристики.

За основу для порівняння прийнято модель Чана, в яку введено параметри зі специфікації досліджуваного дроселя насичення, що встановлюється у схему Єнсена. Створено додаткову схему, за допомогою якої можна графічно представити криві перемагнічування досліджуваних SPICE моделей дроселя насичення, рис. 1.

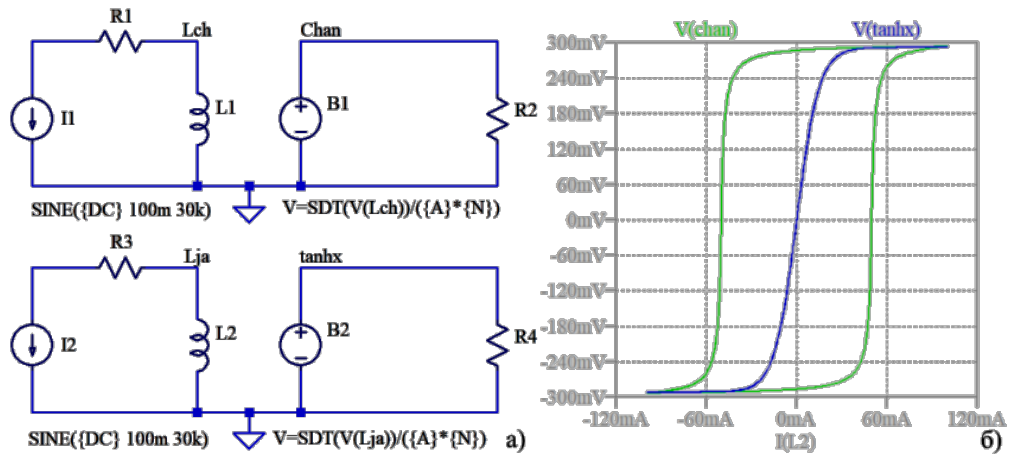


Рисунок 1 – а) схема для відображення кривих перемагнічування SPICE моделей дроселя насичення, б) криві перемагнічування, отримані з описаної схеми

SPICE модель (1) є відомою у програмному пакеті LTSpice і є простим способом відображення поведінки магнітних осердь, що може бути використаний у будь-якому програмному пакеті SPICE моделювання. Головною проблемою застосування тригонометричної моделі є визначення репрезентативних коефіцієнтів k і m , що будуть придатні до використання у конкретному випадку. За допомогою схеми, зображеної на рис.1, підбір коефіцієнтів був виконаний графічним методом, таким чином, щоби крива перемагнічування була наближена по формі до відповідної у моделі Чана. Результати використання двох описаних моделей у схемі Єнсена наведені на рис. 2.

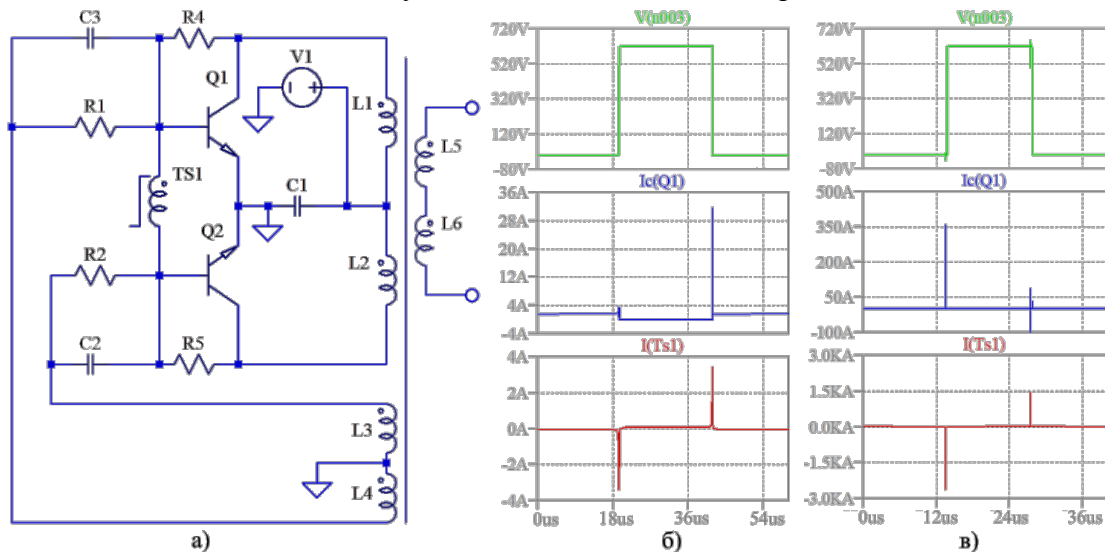


Рисунок 2 – а) схема Єнсена, до дроселя насичення TS1 якої застосовуються описані моделі; б) форма імпульсів напруги V(n003) на колекторі транзистора Q1, струму колектора I(Q1) і струму дроселя насичення I(TS1) при застосуванні моделі Чана; в) при застосуванні тригонометричної моделі

З рис. 2 можна побачити, що форма імпульсів напруги має лише незначні відмінності, в той час як форма і амплітуда імпульсів струму відрізняються доволі суттєво. Схема Єнсена зберігає працездатність у симуляції з тригонометричною моделлю і з неї можна отримати деякі дані у першому наближенні. Порівняння таких даних для моделей Чана і тригонометричної наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – порівняння параметрів схеми Єнсена при різних моделях TS1

Параметр	Одиниці вимірювання	TS1 за моделлю Чана	TS1 за тригонометричною моделлю
Потужність навантаження (R _n = 2 кОм)	Вт	479	480
Частота перетворення	кГц	22,15	28
Коефіцієнт корисної дії	%	95,2	91,4

Література

1. Крочак В. І. Спосіб сортування феромагнітних осердь для забезпечення повторюваності параметрів схеми Єнсена в умовах серійного виробництва. *Актуальні задачі сучасних технологій* : матеріали Міжнар. наук. конф., м. Тернопіль, 28–29 листоп. 2018 р. Тернопіль, 2018. С. 43.
2. Yaskiv V., Yurchenko O. Unregulated transistor inverter for high-frequency magamp power converters. *Computational Problems of Electrical Engineering*. 2020. Т. 10, № 1. С. 45–50. URL: <https://doi.org/10.23939/jcpee2020.01.045> (дата звернення: 06.05.2024).
3. Holters M., Zölzer U. Circuit Simulation with Inductors and Transformers Based on the Jiles-Atherton Model of Magnetization. *19th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-16)* : матеріали Міжнар. наук. конф., м. Брно, 5–9 верес. 2016 р. Брно, 2016. С. 55–60.

УДК 621.391

Коваль М.О.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОГЛЯД ТА ВАЖЛИВІСТЬ СИСТЕМ НА ОСНОВІ LI-FI

M. Koval

OVERVIEW AND IMPORTANCE OF A LI-FI BASED SYSTEMS

Li-Fi розшифровується як Light-Fidelity (англ. «light» — «світло» і «fidelity» — «точність»). Оглянемо важливість системи на основі Li-Fi та порівнянню її продуктивності з існуючими технологіями. Li-Fi підходить для бездротової передачі даних з високою щільністю на обмеженій території та для вирішення проблем радіоперешкод. Li-Fi забезпечує кращу пропускну здатність, ефективність, доступність і безпеку, ніж Wi-Fi. Завдяки використанню світлодіодів та освітлювальних приладів існує багато можливостей для використання цього середовища: від публічного доступу до Інтернету через вуличні ліхтарі до автопілотованих автомобілів, які спілкуються через фари. У майбутньому ноутбуки, смартфони та планшети отримуватимуть доступ до даних через світло в кімнаті. Світло проникає майже скрізь, тому комунікація також може вільно йти разом зі світлом. Light Fidelity - це галузь оптичного бездротового зв'язку, яка є новою технологією. Li-Fi забезпечує бездротовий зв'язок всередині приміщень. Li-Fi - це передача даних за допомогою світла шляхом вилучення волокна з оптоволокна і надсилання даних за допомогою світлодіодного світла. Li-Fi - це нова технологія, яка використовує видиме світло для зв'язку замість радіохвиль. Основний принцип технології Li-Fi полягає в тому, що дані можуть передаватися за допомогою світлодіодного світла в дуже економічно ефективний спосіб. Інтенсивність світла змінюється навіть швидше, ніж людське око. У цю сучасну епоху її називають оптимізованою версією Wi-Fi. Він відноситься до систем зв'язку видимого світла 5G, що використовують світлодіоди в якості середньо- та високошвидкісного зв'язку, подібно до WI-FI [1]. Це допомагає економити велику кількість енергії, оскільки передача даних здійснюється через лампочки та інші освітлювальні прилади. У LI-FI світло використовується як носій, що

є вдосконаленням електромагнітних радіохвиль, які використовуються у WI-FI. Однак воно не може проникати крізь стіни, на що здатні радіохвилі. Зазвичай це реалізується за допомогою білих світлодіодних ламп на передавачі низхідної лінії зв'язку [2]. Технологія Li-Fi працює подібно до оптоволоконної мережі, однак середовищем передачі є повітря/вільний простір. Сьогодні лазерне, інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання використовується для зв'язку по повітрю або у вільному просторі в різних системах. Для передачі даних в цій технології можуть використовуватися схеми модуляції OOK (On-Off Keying), OFDM. Для передачі даних за допомогою видимого світла необхідно увімкнути або вимкнути світлодіод. Коли світлодіод увімкнений, приймач розпізнає його як "1", а коли він вимкнений, приймач повинен розпізнати його як "0". Це не так просто, як надсилання та виявлення, для цього потрібно використовувати підсилювач/фільтр на стороні приймача. Найкраща частина комунікації видимого світла полягає в тому, що ми можемо скористатися перевагами високошвидкісної передачі даних і в той же час використовувати її для освітлення.[3], [4].

Література

1. HASANUDIN, Afif Hakim, et al. "From WI-FI to LI-FI: a comprehensive review of integration strategies." *Przeglad Elektrotechniczny* 2023.9 (2023).
2. Deval, Nimisha, et al. "Wireless Communication Using Light Fidelity Network." *Techno-Societal 2020: Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Technologies for Societal Applications—Volume 1*. Cham: Springer International Publishing, 2021.
3. Dahri, Faisal Ahmed, et al. "Design and implementation of LED–LED indoor visible light communication system." *Physical communication* 38 (2020): 100981.
4. Santosa, AA et. al. "An alternative dichromatic white LED light source for OOK-NRZ visible light communication system." *Fourth International Seminar on Photonics, Optics, and Its Applications (ISPhOA 2020)*. Vol. 11789. SPIE, 2021.

УДК 681.6

А.А. Микитишин, Д.І. Ящишин, Р.З. Золотий, канд. техн. наук., доц.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

РОЗВИТОК АВТОМАТИЗАЦІЇ КІБЕРБЕЗПЕКИ В ПРОТИДІЇ КІБЕРАТАКАМ В ЕНЕРГЕТИЦІ

A.A. Mykytyshyn, D.I. Yashchyn, R.Z. Zoloty, Ph.D.
Ternopil Ivan Puluj National Technical University

DEVELOPMENT OF CYBER SECURITY AUTOMATION AGAINST CYBER ATTACKS IN THE ENERGY INDUSTRY

Автоматизація кібербезпеки згадується ІТ-фахівцями, а також у наукових статтях протягом багатьох років. Але її впровадження відбувалося повільніше, ніж очікувалося. ІТ-фахівці погоджуються, що для великих підприємств, які використовують багато різних операційних систем, додатків і пристроїв різних виробників, завдання перегляду стану безпеки широкого діапазону пристроїв і бізнес-сфер для відповідності вимогам безпеки, встановленим нормативними актами, або виявлення ризиків, таких як неправильно налаштовані пристрої, застаріле програмне забезпечення тощо, займає багато часу, є схильним до помилок і дорогим. Хоча люди відіграють важливу роль у процесі оцінки безпеки, вони не в змозі впоратися із завданням і можуть внести невідповідності, які можуть ще більше зробити організації вразливими до порушень безпеки. Автоматизація безпеки забезпечує вирішення цих проблем. Автоматизація може ефективно допомагати в протидії кібератакам кількома способами, деякі з них:

Автоматизоване виявлення загроз: системи кібербезпеки можуть швидко й точно ідентифікувати потенційні загрози, такі як зловмисне програмне забезпечення або спроби

несанкціонованого доступу, за допомогою алгоритмів машинного навчання та інших видів автоматизації.

Автоматичне реагування: після виявлення загрози автоматизація кібербезпеки може бути використана для виконання заздалегідь визначених дій. Наприклад, автоматична відповідь може включати поміщення файлу в карантин або завершення роботи скомпрометованої системи.

Автоматизоване керування безпекою: без втручання людини автоматизацію кібербезпеки можна використовувати для керування та оновлення систем безпеки, таких як брандмауери та системи виявлення вторгнень.

Дефіцит ІТ-працівників: автоматизація кібербезпеки може допомогти заповнити прогалину, взявшись за виконання повторюваних і трудомістких завдань, які в іншому випадку мали б виконувати люди. Це може підвищити загальну ефективність і результативність заходів компанії з кібербезпеки, дозволяючи ІТ-персоналу зосередитися на більш складних і стратегічних завданнях.

Незважаючи на те, що рух шляхом автоматизації здається очевидним, існує багато факторів, які уповільнюють автоматизацію у сфері кібербезпеки. Впровадження автоматизованих систем може означати додаткові витрати та персонал. Відсутність кваліфікованих і досвідчених фахівців у сфері автоматизації, кібербезпеки та ШІ/машинного навчання ускладнює впровадження та підтримку систем. Керівники та співробітники можуть бути стійкими до використання нових технологій і процесів. Відсутність стандартизації в індустрії кібербезпеки ускладнює взаємодію та ефективну співпрацю автоматизованих систем. Складність може ускладнити розробку та впровадження автоматизованих систем, здатних ефективно протистояти всім потенційним загрозам. Багато організацій навіть не мають даних, необхідних для ефективного навчання та вдосконалення автоматизованих систем. Ця проблема пов'язана з проблемами конфіденційності, особливо якщо автоматизовані системи збирають, зберігають або обробляють конфіденційні дані.

Як запровадити автоматизацію кібербезпеки? Ми зосередимося на факторах, які перешкоджають реалізації автоматизації, розглянемо додаткові дані, що підтверджують основну ідею, що автоматизація кібербезпеки є відповідним інструментом для вирішення сучасних викликів у сфері кібербезпеки, і ми дамо рекомендації щодо процесу впровадження автоматизації у сфері кібербезпеки.

Вартість автоматизації. Впровадження автоматизованих систем є складним завданням, але це не обов'язково робити за один крок. Зазвичай найкращим способом є використання поступових кроків до автоматизації. Вартість витоку даних щороку зростає, але зменшується відповідно до рівня автоматизації. Ті, хто повністю розгорнув автоматизацію, змогли зменшити негативний вплив витоку даних до менш ніж 50%.

Кваліфікована робоча сила. Виділення частини наявних ІТ-спеціалістів для сприяння автоматизації спочатку може здатися нелогічним. Але вони можуть заощадити багато годин роботи щотижня завдяки автоматизації безпеки з низьким кодом, а аналітики можуть завчасно реагувати на майже на 80% більше даних телеметрії безпеки.

Опір змінам. Інертність є природною. Кожна людина має свої пріоритети, через які вона оцінює можливі зміни. Деякі навіть розуміють, що зміни неминучі, але відкладають оновлення, сподіваючись вижити на поточних системах, перш ніж покинуть бізнес. Ефективна автоматизація може автоматично фільтрувати, сортувати та впорядковувати дані та автоматично реагувати на різні загрози. Це забезпечує економію робочого часу, тому ІТ-спеціалісти можуть мати більше часу, щоб зосередитися на стратегічних пріоритетах і скоротити додаткові години, реагуючи на загрози вручну. Також можна запровадити програми управління змінами, щоб допомогти співробітникам зрозуміти переваги автоматизації та те, як її можна використовувати для покращення їхньої роботи.

Відсутність стандартизації та інтеграції. Робота з різними системами та технологіями, які були впроваджені або оновлені в різний час, з різною якістю та різними варіантами інтеграції, є фактом, який ми повинні прийняти.

Комплексність має справу з багатьма проблемами стандартизації та інтеграції. Різноманітні системи та технології, розподілені між різними рівнями та часто різними фізичними розташуваннями, кількість яких зростає з кожним десятиліттям. Кожна компанія повинна оцінити основні виклики, з якими вона стикається, і з цього починати роботу.

Штучний інтелект і машинне навчання. На відміну від факторів, які перешкоджають автоматизації, штучний інтелект є каталізатором змін. Методи штучного інтелекту дуже добре нам допомагають, а також можуть використовуватися для вирішення проблем кібербезпеки. Під егідою штучного інтелекту входять різні методи, такі як аналіз даних, нейронні мережі, нечітка логіка, які можна інтегрувати з традиційними практичними та статистичними механізмами для аналізу даних. Машинне навчання — це галузь інформатики (точніше, штучного інтелекту), яка займається розробкою методів і алгоритмів, які вивчають характеристики та шаблони з доступних даних, щоб робити прогнози.

Аутсорсинг є ще одним важливим каталізатором змін. Якщо ви працюєте зі старими системами або недосвідченим персоналом, пам'ятаючи про можливі втрати після зламу або поломки системи, можливо, буде дешевше передати кібербезпеку аутсорсингу, поки компанія не знайде ресурси та людей, які підходять для цілей.

Виходячи з аналізу можна надати наступні рекомендації, що стосуються впровадження автоматизації в процеси кібербезпеки, включаючи використання штучного інтелекту та машинного навчання.

Почніть із підручників, у яких задокументовано кроки, процеси та найкращі практики, які ваші команди використовують сьогодні для ефективного вирішення інциденту. Переконайтеся, що команди дотримуються послідовного та повторюваного процесу щоразу, коли трапляється інцидент. Потім визначте найбільш трудомісткі, повторювані процеси та використовуйте їх для визначення ваших перших автоматизованих ігор.

Надайте пріоритет автоматизації для областей високого ризику, таких як безпека мережі, безпека даних, реагування на інциденти та управління відповідністю. Майте на увазі, що існує зворотна залежність між ступенем автоматизації та розміром втрат від кібератаки.

Працюйте поетапно. Почніть з автоматизації простих, повторюваних завдань і поступово переходьте до більш складних завдань. Це допоможе вам краще керувати наявною робочою силою, витратами та ресурсами. Крім того, якщо під час процесу виникнуть деякі перешкоди, ви все одно зможете повернутися до працездатної системи, перш ніж виправити проблему.

Інвестуйте в інструменти, які можна інтегрувати з існуючими системами. Інструменти автоматизації повинні бути сумісні з існуючими системами та процесами, щоб мінімізувати перебої та підвищити ефективність. Якщо ваші поточні системи застаріли, шукайте рішення, які можуть замінити завдання, які виконуються вашими поточними системами.

Використовуйте автоматизацію для покращення керування безпекою та реагування на інциденти. Автоматизацію можна використовувати для покращення керування системами безпеки, такими як брандмауери та системи виявлення вторгнень, зменшуючи потребу в ручному налаштуванні та управлінні. Автоматизація безпеки дуже корисна для команди інформаційних технологій. Якщо з'являється сповіщення, він миттєво визначає, чи потрібна дія на основі попередніх відповідей на подібні інциденти, і якщо так, вона може автоматично усунути проблему.

Приєднайтеся до всіх. Включіть навчання для керівництва та співробітників у план впровадження. Вкажіть позитиви, які приносить співробітникам впровадження нових заходів автоматизації. Заохочуйте їх прийняти процес автоматизації та дайте їм необхідні інструменти для цього. Збирайте дані для керівництва, щоб продемонструвати підвищення ефективності та скорочення витрат.

Дивіться в майбутнє. Слідкуйте за новими тенденціями в автоматизації кібербезпеки та будьте готові прийняти нові технології, коли вони стануть доступними. Нові рішення можуть підвищити ефективність, зменшити навантаження на співробітників і скоротити витрати.

Література.

1. AlSadhan, T., Park, J. S. Enhancing Risk-Based Decisions by Leveraging Cyber Security Automation. European Intelligence and Security Informatics Conference (EISIC), Uppsala, 2016, p. 164-167.
2. Barak, E. Explaining security automation and its evolving definitions, IDG Communications, Inc, New York, NY. 2022. Режим доступу : www.networkworld.com/article/3121275/explaining-securityautomation-and-its-evolving-definitions.html.
3. Cynet. What is Security Automation? Tools, Process and Best Practices. 2022. Режим доступу : <https://www.cynet.com/incident-response/securityautomation-tools-process-and-best-practices>.

УДК 004.9+621.3

Р.І. Королюк, І.В. Булич, М.В. Гаврилюк, І.С. Дідич докт. філ.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СТЕНД УПРАВЛІННЯ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ З ДОПОМОГОЮ ОДНОПЛАТНОГО КОМП'ЮТЕРА RASPBERRY PI

R.I. Koroliuk, I.V. Bulych, M.V. Havryliuk, I.S. Didych Ph. D

ASYNCHRONOUS MOTOR CONTROL STAND USING A SINGLE BOARD COMPUTER RASPBERRY PI

Асинхронні двигуни найбільш часто використовують в електроприводі різноманітного технологічного обладнання, виконавчих механізмах різних пристроїв в широкому спектрі потужностей. Для управління асинхронними двигунами використовуються кілька базових систем, але найбільш ефективна на базі частотного перетворювача [1]. Управління самим частотним перетворювачем здійснюється як в ручному режимі так і з допомогою промислових контролерів. Тому важливе місце в підготовці спеціалістів технічних спеціальностей займає набуття навиків управління асинхронними двигунами. Набуття практичних навиків ефективніше на лабораторних стендах.

Метою даної роботи є розробка та виготовлення стенду управління асинхронним двигуном. Стенд складається з наступних компонентів:

- 1) пари гвинт-гайка довжиною 2000мм;
- 2) пасової передачі, захищеної кожухом;
- 3) асинхронного двигуна AIP80B4;
- 4) частотного перетворювача Simphoenix 500;
- 5) адаптера USB to RS485;
- 6) одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 4;
- 7) монітор з підтримкою HDMI.

Для керування частотним перетворювачем Simphoenix 500 використано одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 4 [2, 3, 4], який дозволяє писати керуючі програми на мові високого рівня Python.

На рис. 1 показано схему управління асинхронним двигуном з допомогою одноплатного комп'ютера Raspberry Pi.



Рис. 1 Схема управління асинхронним двигуном з допомогою одноплатного комп'ютера Raspberry Pi

На рис. 2 показано фотографію стенду управління асинхронним двигуном з допомогою одноплатного комп'ютера Raspberry Pi.



Рис. 2 Стенд управління асинхронним двигуном з допомогою одноплатного комп'ютера Raspberry Pi

Стенд знайшов широке застосування при підготовці спеціалістів з напрямку автоматизація, комп'ютерно-інтегрованні технології та робототехніка, особливо при вивченні дисциплін: проектування прикладного програмного забезпечення для автоматизованих систем, основи керування електроприводом, програмування систем управління технологічним обладнанням та інших.

Література

1. Р. Слободян, А. С. Васюра Методи та засоби управління виконавчими трифазними асинхронними двигунами, Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 22-24 березня 2017 р. Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2017/paper/view/2289>.
2. M. Heimgartner, I. Pendharkar, Control engineering kit for power electronics with cloud connectivity, IFAC-PapersOnLine, Volume 55, Issue 17, 2022, Pages 43-48, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.311>.
3. Sudha Ellison Mathe, Hari Kishan Kondaveeti, Suseela Vappangi, Sunny Dayal Vanambathina, Nandeesh Kumar Kumaravelu, A comprehensive review on applications of Raspberry Pi, Computer Science Review, Volume 52, 2024, 100636, ISSN 1574-0137, <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2024.100636>.
4. Obayes, Saif Aldeen Saad, Ibtisam RK Al-Saedi, and Farag Mahel Mohammed. "Prototype wireless controller system based on raspberry pi and arduino for engraving machine." 2017 UKSim-AMSS 19th International Conference on Computer Modelling & Simulation (UKSim). IEEE, 2017.

УДК 004.9+621.3

Р.І. Королюк, І.В. Булич, А.М. Литвин, А.Г. Микитишин

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СТЕНД УПРАВЛІННЯ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ З ДОПОМОГОЮ ОДНОПЛАТНОГО КОМП'ЮТЕРА RASPBERRY PI

R. I. Koroliuk, I. V. Bulych, A.M. Lytvyn, A.A. Mykytyshyn

STEPPER MOTOR CONTROL STAND USING A SINGLE BOARD COMPUTER RASPBERRY PI

Крокові двигуни широко використовуються в 3D принтерах, у верстатах з ЧПК та приводах обладнання різних галузей промисловості. Керування такими двигунами є важливою компетенцією підготовки технічних спеціалістів у закладах вищої освіти.

Метою роботи є розробка навчального стенду управління кроковим трифазним двигуном з допомогою драйвера, що керується одноплатним комп'ютером Raspberry Pi [1, 2, 3].

На рис. 1 показано схему управління трифазним кроковим двигуном з допомогою одноплатного комп'ютера Raspberry Pi.

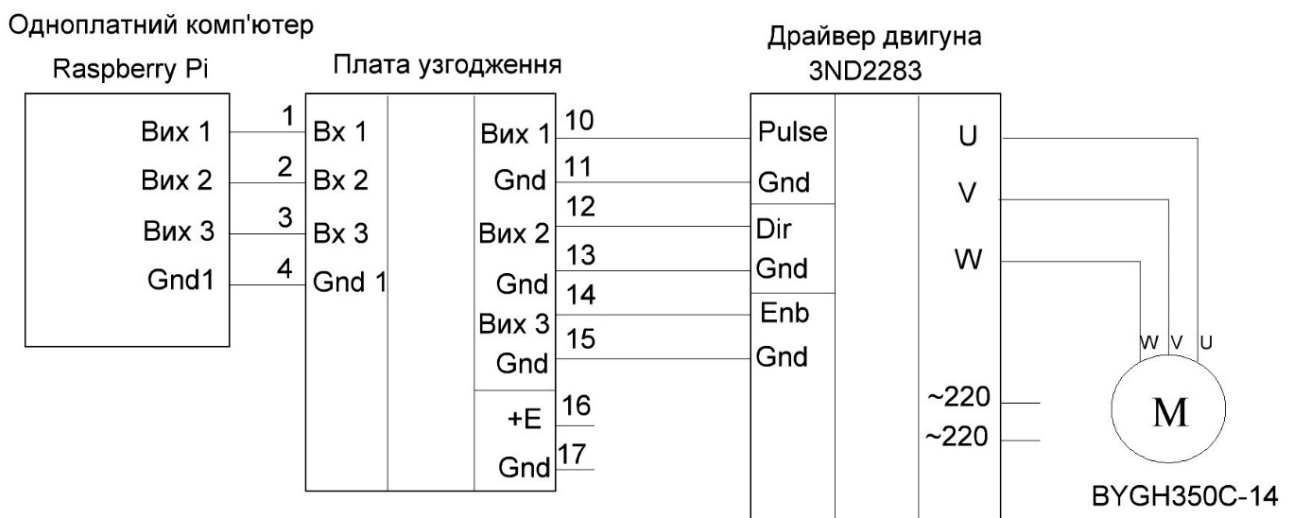


Рис. 1 Схема управління кроковим двигуном

Стенд знайшов широке застосування не лише в освітньому процесі але і при тестуванні прикладного програмного забезпечення для автоматизованих систем.

Література

1. M. Heimgartner, I. Pendharkar, Control engineering kit for power electronics with cloud connectivity, IFAC-PapersOnLine, Volume 55, Issue 17, 2022, Pages 43-48, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.311>.
2. Sudha Ellison Mathe, Hari Kishan Kondaveeti, Suseela Vappangi, Sunny Dayal Vanambathina, Nandeesh Kumar Kumaravelu, A comprehensive review on applications of Raspberry Pi, Computer Science Review, Volume 52, 2024, 100636, ISSN 1574-0137, <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2024.100636>.
3. Obayes, Saif Aldeen Saad, Ibtisam RK Al-Saedi, and Farag Mahel Mohammed. "Prototype wireless controller system based on raspberry pi and arduino for engraving machine." 2017 UKSim-AMSS 19th International Conference on Computer Modelling & Simulation (UKSim). IEEE, 2017.

УДК 004.9+621.3

Р.І. Королюк, І.В. Булич, О.В. Смолій, А.А. Станько докт. філ.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СТЕНД ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ СИСТЕМ КОНТРОЛЬОВАНИХ RASPBERRY PI ТА RASPBERRY PICO

R.I. Koroliuk, I.V. Bulych, O.V. Smolii, A.A. Stanko Ph. D

STAND FOR VISUALIZATION OF THE PARAMETERS OF THE CONTROLLED SYSTEMS OPERATION RASPBERRY PI AND RASPBERRY PICO SYSTEMS

Все більшого поширення набувають системи управління керовані одноплатними комп'ютерами Raspberry Pi або мікроконтролерами Raspberry Pico [1]. Для кращого розуміння процесів управління та роботи самих пристроїв сімейства Raspberry бажано використовувати пристрої візуалізації їх роботи.

Метою даної роботи є розробка та виготовлення стенду візуалізації параметрів роботи систем контрольованих Raspberry Pi та Raspberry Pico. Стенд складається з п'яти робочих областей:

- 1) монітору персонального комп'ютера на базі якого програмують та налаштовують одноплатні комп'ютери Raspberry Pi та мікроконтролерами Raspberry Pico;
- 2) зона виведення портів USB персонального комп'ютера, кнопки включення та індикатора роботи ПК;
- 3) монітору з підтримкою HDMI для роботи з одноплатним комп'ютером Raspberry Pi;
- 4) зона забезпечення живлення для периферійних пристроїв та мікроконтролерів Raspberry Pico з кнопкою включення/виключення блоку живлення та індикатора його роботи;
- 5) зона включає чотири різних типи дисплеїв та моніторів (в тому числі електронний папір) для виводу інформації з мікроконтролера Raspberry Pico та дві плати для його підключення.

На рис. 1 показано стенд візуалізації параметрів роботи систем контрольованих Raspberry Pi та Raspberry Pico.

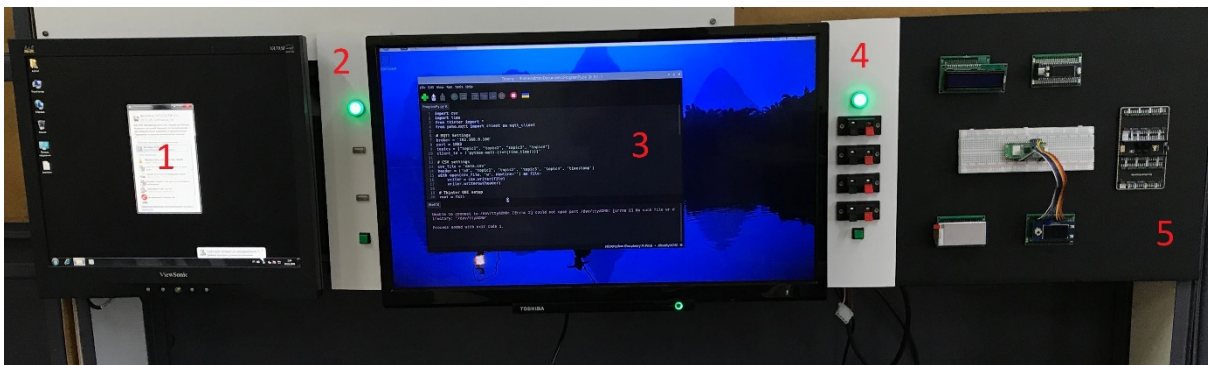


Рис. 1 Схема управління асинхронним двигуном з допомогою одноплатного комп'ютера Raspberry Pi

Стенд широко застосовується як в освітньому процесі так і при науковій роботі студентів та викладачів.

Література

1. M. Heimgartner, I. Pendharkar, Control engineering kit for power electronics with cloud connectivity, IFAC-PapersOnLine, Volume 55, Issue 17, 2022, Pages 43-48, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.311>.

СЕКЦІЯ Б – ВТОРИННІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ І НОРМАЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ. ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ І СИЛОВІ ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ. СИСТЕМИ ЗОВНІШНЬОГО І ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ.

УДК 628.921

Т.Л.Киянчук; Л.М.Костик, канд.техн.наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

НАЛАШТУВАННЯ КОНТРОЛЮ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ

T.Kyianchuk; L.Kostyk, Ph.D., Assoc. Prof.

THE CONTROL SETTING OF THE INTELLIGENT LIGHTING CONTROL SYSTEM

Сучасні дослідження показують, що у середніх і великих будівлях близько 40% загальної електроенергії використовується для внутрішнього освітлення, тому підвищення енергоефективності систем освітлення є актуальною проблемою, особливо в умовах відновлення та модернізації електроенергетичної системи країни. Одним із шляхів розв’язання задачі зменшення енергоспоживання із збереженням комфорту при виконанні зорових задач є впровадження сучасних інтелектуальних технологій керування освітлювальними установками, що дозволяє не тільки покращити енергоефективність освітлення, але й підвищити безпеку будівель, збільшити довговічність освітлювального обладнання, оптимізувати світлове середовище відповідно до різних потреб користувачів та умов навколишнього середовища.

У літературі [1,2] описано різні підходи до керування освітленням залежно від архітектури системи, підключення та алгоритмів оптимізації. Найбільш ефективною системою керування освітленням є застосування димінгування світильників на основі даних фотосенсорів. Такі системи є відкритого (рис.1) та замкнутого (рис.2) типу.

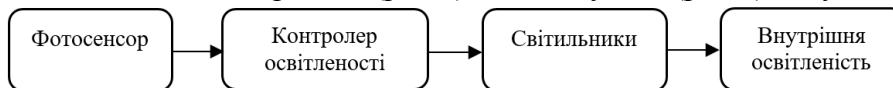


Рисунок 1 - Блок-схема алгоритму відкритого циклу керування освітленням

Для керування освітлювальною установкою із можливістю користувача встановлювати бажаний рівень освітленості застосовують замкнуту систему, що безперервно визначає рівень освітленості контрольної зони, яка визначається сумарною освітленістю, створюваною джерелами природнього і штучного світла.

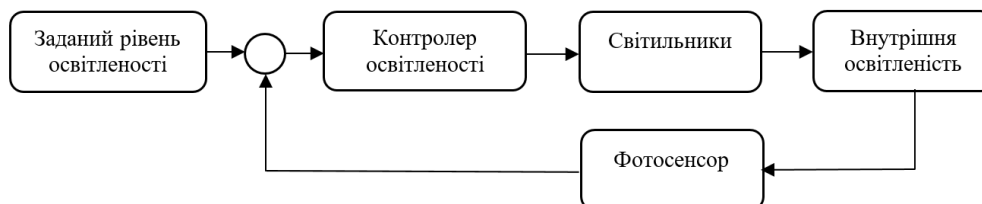


Рисунок 2 - Блок-схема алгоритму замкнутого циклу керування освітленням

Для ефективного застосування систем керування освітленням необхідно правильно налаштувати систему контролю, що залежить від таких факторів: 1) встановлення відповідних рівнів освітленості; 2) оптимальне розміщення фотосенсорів.

Для ефективної експлуатації освітлювальної установки з інтелектуальним керуванням необхідним є встановлення оптимальних контрольних значень фотосенсора для різних систем керування.

При використанні системи відкритого циклу керування освітленням задані значення обчислюються за допомогою вимірювань освітленості при калібруванні фотосенсора, коли світильники працюють з максимальною інтенсивністю за відсутності природнього світла. Нехай s_m - значення освітленості на фотосенсорі m , E - середнє значення освітленості на робочій площині. Тоді задані значення фотосенсора для локально зайнятої $s_{m(z)}$ і локально незайнятої $s_{m(nz)}$ зон визначимо із рівнянь:

$$s_{m(z)} = \frac{E_{(z)} s_m}{E}, \quad s_{m(nz)} = \frac{E_{(nz)} s_m}{E},$$

де $E_{(z)} < E$ і $E_{(nz)} < E$ є заданими рівнями освітленості для локально зайнятої і локально незайнятої зон, відповідно.

При застосуванні замкнутої системи керування освітленням використовуються сенсори, які можуть бути пов'язані з кількома зонами робочого простору. Тому можна виділити окремі підходи до визначення контрольних значень цих фотосенсорів. Нехай маємо фотосенсор m , пов'язаний із суміжними зонами, які запишемо множиною $N = \{n_1, \dots, n_k\}$. Тоді E_{n_k} - значення освітленості, задане користувачем у зоні n_k . При цьому можна встановлювати задані значення освітленості з врахуванням зайнятості робочої зони. Для визначення еталонних заданих значень на спільних фотосенсорах можна застосувати такі підходи:

- для забезпечення мінімального енергоспоживання: $s_{m(\min)} = \frac{\min_{n_k} E_{n_k} s_m}{E}$;
- для забезпечення вимог кожного споживача щодо освітленості: $s_{m(\max)} = \frac{\max_{n_k} E_{n_k} s_m}{E}$;
- для забезпечення компромісного значення освітленості між мінімальним енергоспоживанням та забезпеченням задовільних вимог користувачів: $s_{m(\text{ave})} = \frac{\text{ave}_{n_k} E_{n_k} s_m}{E}$.

Важливим чинником ефективної роботи системи керування освітленням є оптимальне розміщення фотосенсорів. Ідеальним розташуванням фотодатчика є робоча поверхня, але таке розміщення не є практичним. Як правило фотосенсори встановлюються на стіни, стелю або вмонтовуються у світильники. Важливою умовою вдалого розміщення сенсора є сприйняття ним денного світла, яке потрапляє на робочу поверхню в зоні контролю. Сенсори повинні бути розміщені таким чином, щоб на них не потрапляло пряме сонячне світло або будь-яке джерело зовнішнього випромінювання. У цьому випадку рівень вимірюваного природнього освітлення не буде відповідати реальному освітленню на робочій поверхні. Також розміщення сенсоров занадто глибоко в приміщенні, де потрапляння денного світла значно менше, ніж в інші ділянки контрольної зони, є нераціональним.

Вибір системи з відкритим або закритим контуром та відповідне розміщення сенсоров має важливе значення для експлуатації освітлювальної установки. Коли сенсор використовується для керування однією контрольною зоною або порівняно невеликими зонами, ефективними є системи замкнутого циклу. Коли необхідно контролювати освітлення кількох зон за допомогою одного фотосенсора, кращою є система з відкритим контуром.

Література

1. M.-S.Pan, L.-W.Yeh, Y.-A.Chen, Y.-H.Lin and Y.-C.Tseng, «A WSN-based intelligent light control system considering user activities and profiles», IEEE Sensors Journal, pp. 1710-1721, 2008.
2. Y.-J. Wen and A. M. Agogino, «Personalized dynamic design of networked lighting for energy-efficiency in open-plan offices», Energy & Buildings, vol.43, no. 8, pp. 1919-1924, 2011.

УДК 621.311

І.В. Мартинівський¹, С.І. Романюк¹, І.Р. Козак¹, І.М. Сисак¹, канд. техн. наук, доц.,
А.Я. Лещук²

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

²АТ «ТЕРНОПІЛЬОБЛЕНЕРГО», Україна

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО РЕМ

I. Martynovskyi, S. Romaniuk, I. Kozak, I. Sysak, Ph.D., Assoc. Prof., A.Ya. Leshchuk
ENSURING THE RELIABILITY OF THE FUNCTIONING OF THE DISTRIBUTION
NETWORK OF THE TERNOPIL POWER GRID DISTRICT

В зимовий період 2022-2023 року Україна зустрілася з великою проблемою – масованими ракетними ударами країни-агресора росії. Спільними зусиллями країн Європи, які постачали обладнання для пошкоджених електростанцій та підстанцій, цю зиму країна змогла пережити. Населення купувало малопотужні генератори, інвертори, акумулятори. Підприємства в свою чергу монтували потужні дизельні генератори. Багато хто очікував, що такою буде і зима 2023-2024 року, та вона пройшла практично спокійно. Ніхто навіть не міг подумати, що проблеми розпочнуться у квітні-травні 2024 року, а літом, коли навантаження буде зростати, ситуація може стати ще гіршою.

Шляхом вирішення даної проблеми є забезпечення надійності функціонування розподільчих мереж районів. І одним із таких районів є Тернопільський РЕМ.

Одним із шляхів забезпечення надійності є збільшення кількості силових трансформаторів або автотрансформаторів, що встановлюються на підстанціях електричної мережі. Ще одним можливим варіантом є збільшення складського запасу обладнання. Також кількість ліній живлення, що живлять трансформаторні підстанції мають важливе значення. Пропускна здатність трансформаторних підстанцій також є ще одним дуже важливим питанням при розгляді надійності мереж.

Кількість ліній живлення, що живлять трансформаторні підстанції мають важливе значення. Чим більше ліній живлення буде підключено то підстанції, тим більша ймовірність збереження подачі напруги до споживачів при певних пошкодженнях чи аваріях в електричних мережах. Наприклад, у вузлових підстанціях, у яких живлення подається від трьох і більше ліній електропостачання, ймовірність збереження живлення є більшою, ніж наприклад у прохідних підстанціях, де живлення подається тільки від двох ліній. А від тупикових підстанцій, де живлення подається тільки однією лінією, якщо вона не двоколова, взагалі з часом потрібно буде відмовлятися.

При проектуванні нової трансформаторної підстанції якраз можна забезпечити необхідну кількість ліній живлення.

На рис. 1 показано фрагмент карти електричних мереж 750 кВ Тернопільської області.



Рисунок 1 – Тернопільська область. Фрагменти карти ЕМ 110 кВ Тернопільського РЕМ
 На рис. 2 показано фрагмент електричної мережі Тернопільського РЕМ.

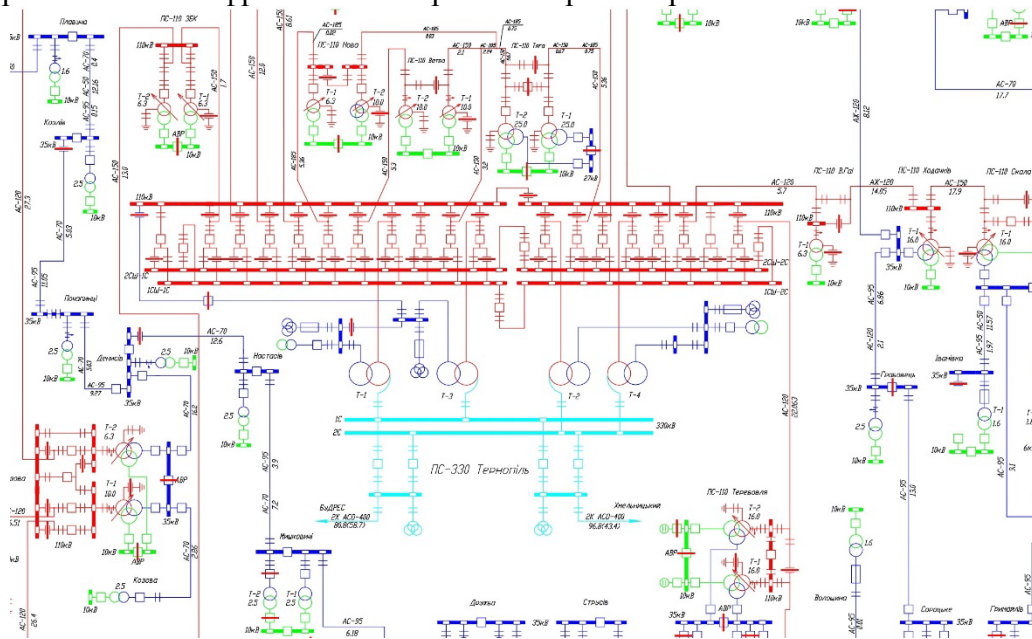


Рисунок 2 - Фрагмент електричної мережі Тернопільського РЕМ.

На рис. 3 показано географічне розташування трансформаторних підстанцій ЕМ 35/110/330 кВ.

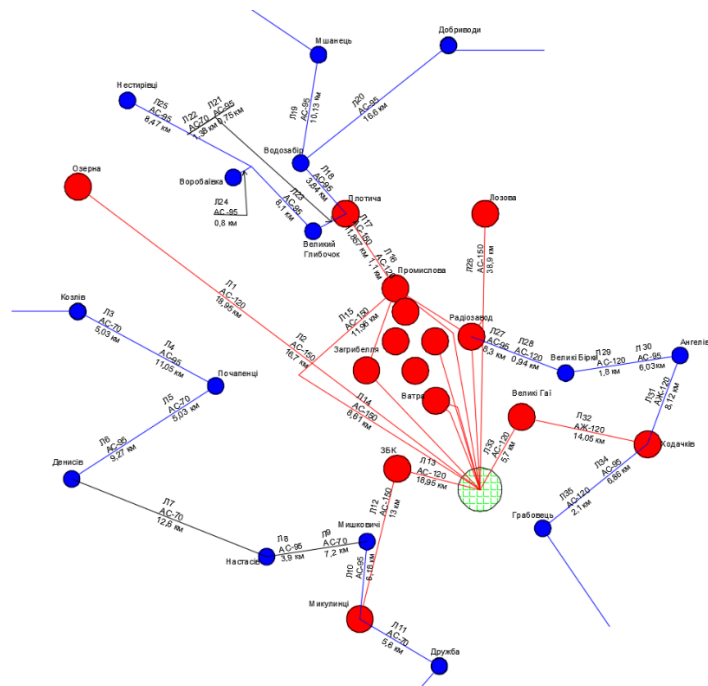


Рисунок 3 - Географічне розташування трансформаторних підстанцій ЕМ 35/110/330 кВ

Після проведення характеристики мережі розробляються варіанти розвитку електричної мережі. Варіантів може бути безліч, але з усіх запропонованих вибирається найбільш доцільний з техніко-економічних показників. Однією з умов вибору може бути тип проєктованої підстанції: вузлова, тупикова, прохідна, відгалужувальна. Іншою умовою вибору варіанту можуть бути капітальні затрати, які необхідно вкласти в варіанти розвитку. Відповідно вибирається менш затратний варіант.

Література

1. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 488 с.

УДК 621.311

В.Б. Антимис, О.А. Буняк, к.т.н., І.Р. Козака.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СПОЖИВАЧІВ З НЕЛІНІЙНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

V. Antymys, O. Buniak, Ph.D., I. Kozak.

COMPENSATION OF REACTIVE POWER OF CONSUMERS WITH NONLINEAR LOAD

Ефективність сучасних систем електропостачання промислових підприємств із великим двигунним навантаженням визначається рівнем практичного вирішення завдання компенсації реактивної потужності в розподільчих мережах та забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) з підтримкою показників якості електричної енергії [1].

Основною причиною загострення проблеми ЕМС в системі електропостачання промислових підприємств є стійке зростання кількості та потужності енергоємних нелінійних, несиметричних та різко змінних споживачів електроенергії. До таких споживачів належать тиристорні перетворювачі, стабілізатори, регулятори, потужні зварювальні та інші спеціальні електротехнічні установки [1].

Як показують дослідження для забезпечення ЕМС в системі електропостачання, застосування пристроїв компенсації реактивної потужності та придушення вищих гармонік у розподільчих мережах необхідне та доцільне [2].

В магістерській роботі на основі проведеного аналізу виявлено переваги та недоліки методів та засобів зниження впливу нелінійного навантаження у мережах 10 кВ виявлено, що ефективність компенсації вищих гармонік зростає при застосуванні фільтрокомпенсуючих пристроїв. Це суттєво знижує рівні спотворень, які вносяться потужними перетворювачами у вузлах енергосистеми та на шинах самих підприємств.

Досліджено метод поперечної ємнісної компенсації та розраховано, що пристрої поперечної компенсації у вузлах навантаження знижують втрати напруги за рахунок зменшення навантаження при проходженні по лінії реактивної потужності. Метод дає можливість компенсувати реактивну потужність навантаження та реактивну потужність самої лінії. Про це свідчить і зарубіжний досвід, де широко використовуються щоглові конденсаторні установки.

За результатами дослідження проведено аналіз використання комбінованого фільтра, який має перевагу щодо гібридних та активних фільтрів [2]. Гібридні фільтри при порівнянні з пасивними LC-фільтрами демонструють зниження характеристик струмів вищих гармонік в електричній мережі в декілька разів. Комбінований фільтр знижує коефіцієнт спотворення синусоїдальності напруги в порівнянні з фільтр компенсуючими пристроями інших типів.

Застосування силових гібридних фільтрів допоможе підвищити електромагнітну сумісність на заводах і підприємствах.

Література

1. Попов В. А., Ткаченко В. В., Ярмолюк О. С. Ефективне керування режимами систем забезпечення споживачів електричною енергією: навчальний посібник / В. А. Попов, В. В. Ткаченко, О. С. Ярмолюк. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 163 с.
2. Демов О. Д. Оптимізація процесу впровадження компенсуючих установок в розподільчих електричних мережах енергопостачальних компаній : монографія / О. Д. Демов. – Вінниця: ВНТУ. – 2016. – 98 с.

УДК 621.311

С.М. Бабюк, к.т.н., М.Б. Гнилиця, І.Р. Козак.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

S. Babiuk, Ph.D., M. Hnylytsia, I. Kozak.

ANALYSIS OF THE RELIABILITY OF ELECTRICAL SUPPLY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

На сьогодні питання підвищення надійності системи електропостачання промислових підприємств із неперервним циклом виробництва є одним з найбільш важливих для розвитку сучасної енергосистеми України, адже навіть незначні порушення і системі зовнішнього та внутрішнього електропостачання можуть спричинити розлад складного технологічного процесу і завдати значних матеріальних збитків. Для забезпечення надійності та ефективності роботи споживачів електричної енергії механічного цеху або будь-якого іншого промислового підприємства при нормальних і післяаварійних режимах, необхідно мінімізувати число і тривалість перерв в електропостачанні, забезпечити високий рівень захисту електрообладнання.

Основними проблемами надійності електропостачання промислових підприємств є:

1. Старіння обладнання та інфраструктури: Багато промислових підприємств в Україні використовують застаріле обладнання та інфраструктуру електропостачання, яке не відповідає сучасним вимогам надійності та енергоефективності. Це призводить до частих поломок, втрат електроенергії та ризику виникнення аварій.

2. Недостатнє інвестування: Недоліки в інвестуванні в модернізацію та оновлення систем електропостачання призводять до їх старіння та погіршення їх технічного стану.

3. Перебої в електропостачанні: Перебої в електропостачанні можуть призвести до значних збитків для промислових підприємств, зупинки виробництва та втрат продукції.

4. Вплив кібератак: Зростає ризик кібератак на системи електропостачання, що може призвести до масштабних збоїв та завдати шкоди економіці.

5. Недосконалість нормативно-правової бази: Існують недоліки в нормативно-правовій базі, що регулює питання електропостачання промислових підприємств, що може створювати бар'єри для модернізації та інновацій.

5. Недостатня кваліфікація персоналу: Недостатня кваліфікація персоналу, який експлуатує та обслуговує системи електропостачання, може призвести до помилок та аварійних ситуацій.

Наслідки проблем надійності електропостачання:

Зниження продуктивності та конкурентоспроможності промислових підприємств.

Зростання витрат на електроенергію.

Перебої в роботі та втрати продукції.

Ризик виникнення аварій та пожеж.

Негативний вплив на довкілля.

Шляхи вирішення проблем:

Модернізація та оновлення обладнання та інфраструктури електропостачання.

Збільшення інвестицій в енергоефективність та альтернативні джерела енергії.

Впровадження нових технологій та інновацій.

Перегляд та вдосконалення нормативно-правової бази.

Підвищення кваліфікації персоналу.

Розробка та впровадження систем кібербезпеки.

Серед основних методів підвищення надійності електропостачання промислового об'єкту, головну роль відіграє: використання резервних джерел живлення, проведення

модернізації системи електропостачання, оптимізація вибору електрообладнання цехової КТП, проведення розрахунку електричних навантажень, перевірка надійності роботи елементів системи, використання пристроїв релейного захисту та автоматики, компенсація реактивної потужності, що значно впливає на якість електроенергії.

Вирішення проблем надійності електропостачання промислових підприємств є важливим завданням для забезпечення сталої роботи та розвитку економіки України.

Проведення регулярного аналізу та оцінки ризиків, пов'язаних з електропостачанням.

Розробка та впровадження планів дій на випадок надзвичайних ситуацій.

Співпраця з органами влади та іншими зацікавленими сторонами для вирішення проблем надійності електропостачання на системному рівні.

Впровадження вищезазначених заходів дозволить покращити надійність електропостачання промислових підприємств, підвищити їх енергоефективність, знизити ризики виникнення аварій та зменшити збитки від перебоїв в електропостачанні.

Література

1. Бабюк, С. М., Пліс, В.Я. (2020). Шляхи підвищення енергоефективності систем електропостачання. Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 82-83.

2. Бабюк, С. М., Клебан, К. М., Танасійчук, В. В. (2021). Шляхи підвищення надійності електропостачання. Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 5-6.

УДК 628. 9:621.311.1.004.183

М.Г. Тарасенко, д.т.н., професор, К.М. Козак, к.т.н., доцентка.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИРОДНО ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ

М.Н. Tarasenko, Dr., Prof. K.M. Kozak, PhD., Assoc. Prof.

ENERGY EFFICIENCY OF NATURAL ARTIFICIAL LIGHTING OF PREMISES

Вступ. Розвиток людської цивілізації нерозривно пов'язаний зі споживанням світла не менше ніж нафти, вугілля та електроенергії. Освітлення – це найважливіша частина фізико-біологічного середовища існування людства. Саме воно визначає комфортність середовища довкілля, самопочуття, працездатність тощо. Вікно це невід'ємний елемент будь якої будівлі, Крім візуального естетичного комфорту, воно дає нам широкі можливості щодо організації природного освітлення, вентиляції, та пасивного використання теплоти сонячної радіації тощо. Однією з найважливіших функцій вікон є забезпечення не тільки гарного зв'язку з зовнішнім оточуючим середовищем, але й зменшення витрат енергії на: освітлення, опалення, кондиціонування за рахунок застосування раціональних сонцезахисних конструкцій таких як жалюзі, зовнішні тенти та маркізи над віконними прорізами тощо.

Мета. Оцінка енергоефективності природно- штучного освітлення приміщень. Не зважаючи на низку переваг природного освітлення у світовій практиці не так багато прикладів, в яких хоча б якимось вирішувалося питання ефективного використання світлопрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій для підвищення інтегральної енергоефективності будівель. Яскраві виключення – це будинок Commerzbank у Німеччині (рис. 1), «Скляний дім» у Данії (рис. 2) та Лондонська мерія (рис. 3). Хоча витрати електроенергії на освітлення окремо взятого приміщення не є великими, у масштабі суспільних витрат вони є досить суттєвими і складають близько 14 % від загального її виробництва. З них близько 30-45 % припадає на освітлення суспільних будівель. Як правило в типових офісних і житлових приміщеннях сумарна площа повер-хонь вікон займає від 20% до 35% загальної площі зовнішніх

огороджувальних конструкцій будівлі (поверхня даху не враховується). Такі розміри забезпечують нормований рівень природної освітленості в приміщенні тільки на відстані приблизно 6 м від вікна при асимптотичному спаданні природної освітленості в міру віддалення від нього [1]. Очевидно, що для підвищення її значень у глибину приміщення знадобиться значне збільшення розмірів віконного отвору. Це буде сприяти збільшенню частки природного освітлення, створенню комфортного світлового середовища та економії електроенергії на штучне освітлення. Однак будь-яке збільшення площі світлових отворів буде сприяти охолодженню та/або нагріванню приміщення, викликаних інфільтрацією та ексфільтрацією, що може звести до нуля досягнуту економію електроенергії [2]. Таким чином, з позицій оптимізації енергетичного балансу на конструктивне рішення приміщення накладаються певні обмеження у питанні улаштування світлових прорізів в огорожувальних конструкціях при будівництві та реконструкції споруд. З метою ефективного використання енергоресурсів параметри світлового отвору слід обирати з урахуванням економії електроенергії на штучне освітлення та скорочення тепловтрат через світлові отвори взимку та кондиціювання/вентиляцію для компенсації надлишкового тепло надходження через них влітку. Не треба забувати і про витік тепла через систему вентиляції. Цей вид тепловтрат виникає через проникнення холодного повітря по припливним вентиляційним каналам з викидом теплого повітря в атмосферу через витяжну систему. Установка рекуператора дозволяє частково усунути цей вид витоку тепла з будинку. Вона потрібна для того щоб у «герметичний» будинок надходило достатньо кисню і забезпечувався оптимальний рівень вуглекислого газу. Взимку і в демісезоння, відчиняючи вікна, щоб впустити кисень, ми також впускаємо в будинок холодне вуличне повітря. Система опалення починає працювати посилено, витрачаючи зайві енергоресурси. Вентиляція з рекуперацією дає змогу уникнути цих моментів. Завдяки тому що він забирає теплову енергію з витяжного повітря і передає в припливне. Таким чином в приміщення подається свіже повітря кімнатної температури. Крім того за рахунок роботи припливної витяжної вентиляції за приміщення видаляються насичені во



Рисунок. 1



Рисунок. 2



Рисунок. 3

логою і запахами повітряні маси з «брудних» зон: ванної, туалету, кухні, гардеробної та пральні. За допомогою рекуператорів вдається заощадити витрати на підтримання комфортних умов в приміщенні в зимовий період до 30%, а в літній - до 96%. У зв'язку з тим, що в спектрі сонячного випромінювання міститься інфрачервоне, видиме та ультрафіолетове випромінювання енергія різних видів розподілена по всьому сонячному діапазону приблизно рівномірно. В реальних умовах хотілося б щоб за допомогою світлопрозорих огорожувальних конструкцій можна було влітку затримувати інфрачервоне випромінювання, а взимку пропускати його. Інформаційний пошук показав що це цілком можливе. Компанія ТОНКОМФОРТ за допомогою спеціально розроблених нею плівок забезпечують відбивання теплового (інфрачервоного) та шкідливого ультрафіолетового випромінювань. Це так звані багатошарові плівки - альтернатива низько емісійному склу, яке має високий рівень пропускання сонячних променів, але при цьому високий опір теплопередачі, тобто низьку здатність випускати тепло з приміщення. Сучасна енергозберігаюча плівка є багатошаровим композитом. На кожен шар плівки завтовшки кілька мікрон наноситься надтонкий шар металу. Товщина металу кілька молекул. Структура енергозберігаючих плівок дозволяє регулювати

температуру в будівлі та економити енергію, відбиваючи великий відсоток тепла що надходить в приміщення влітку і прямує з приміщенні взимку. Крім того енергозберігаюча плівка перешкоджає витоку інформації з приміщення і в 15-20 раз скорочує напруженість електромагнітних полів, як створюються потужними зовнішніми радіо та тепловипромінювальними пристроями. При використанні енергозберігаючих плівок можна отримати подвійний ефект, по перше за рахунок зменшення втрат тепла на 30-80% в приміщенні в холодну пору року, по друге за рахунок відбивання теплового сонячного випромінювання влітку, оптимізуючи температуру всередині приміщення, знижуючи споживання електроенергії кондиціонерами. Підтвердженням доказом енергоефективності плівок є той факт, що при проведенні сертифікації згідно ДБН було відзначено, що коефіцієнт опору теплопередачі при їх застосуванні на однокамерному склопакеті зростає з 0,44 до 0,46 м²/Вт, що більше ніж опір двокамерного склопакету на 0,2м²/Вт.

Література

1. Tarasenko M., Burmaka V., Kozak K. (2018). Залежності відносної та абсолютної площі застосування від конфігурації та загальної площі віконного прорізу, Вісник ТНТУ, **89(1)**, 122-131. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu 2018.01.122
2. Burmaka V., Tarasenko M., Kozak K., Omeiza L.A., Sabat N. (2020). Effective use of daylight in office rooms, *Journal of Daylighting*, **7(2)**, 154-166. <https://dx.doi.org/10.15627/jd.2020.15>.
3. Тарасенко М. Г. Бурмака В., Козак К. (2018). Залежності відносної площі застосування від загальної площі віконного прорізу, *Materials 6th International Scientific Conference «Lighting and power engineering: history, problems and perspectives»*, 30 січня - 02 лютого 2018 року, 99-100.

УДК 621.314

Анатолій Лупенко, докт. техн. наук, Дмитро Чаплій

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ОДНОКАСКАДНИЙ СВІТЛОДІОДНИЙ ДРАЙВЕР З КОРЕКТОРОМ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ

Anatoliy Lupenko, Dr., Prof., Dmytro Chapliy

SINGLE-STAGE LED DRIVER WITH POWER FACTOR CORRECTOR

Невід'ємним вузлом сучасного освітлювального обладнання із світлодіодними джерелами світла (СДС) є драйвер – «силовий інтерфейс» мережі живлення та СДС, який виконує функцію вторинного джерела живлення для СДС.

У високоякісних освітлювальних пристроях підвищеної потужності на базі матричних СДС такі драйвери виконують за двокаскадною структурою, першим каскадом яких є коректор коефіцієнта потужності (ККП), а другим – перетворювач постійної напруги (ППН). ККП забезпечує близький до одиниці коефіцієнт 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.

При своїх перевагах двокаскадна структура драйвера має недоліки через збільшену кількість електронних компонентів (додаткові силовий транзисторний ключ та його блок керування), а саме, вищу його вартість та зменшений ККД та погіршені масогабаритні показники. Тому в останні роки приділяється увага дослідженню та створенню однокаскадних структур драйверів СДС шляхом об'єднання ККП і ППН у одному каскаді. Таке об'єднання ґрунтується на тому, що ККП і ППН можуть працювати не з різними частотами комутації, а синхронно - на одній частоті. Якщо при цьому транзисторні ключі обох каскадів мають спільну точку, то один із транзисторів ППН можна використати для одночасної комутації як ППН, так і ККП. Взаємовплив каскадів при цьому можна усунути за допомогою блокуючих діодів.

В однокаскадному драйвері [1] як ККП використовується височастотний підвищувальний ППН з вихідною напругою 400 В і більше. Проте він має ряд недоліків, які знижують ефективність його функціонування у випадку низьковольтних споживачів, якими є СДС. Як показано у роботі [2], при потужностях споживачів, менше 300 Вт, вищу ефективність демонструє знижувальний 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 запропоновано і виконано дослідження однокаскадної структури драйвера СДС, в якому роль ККП виконує ЗПН, а ППН реалізовано на базі резонансного LLC-перетворювача напруги. 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 запропонованого 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 $T2$, діод $D0$, дросель $L0$ та конденсатор $C0$; 3) резонансний LLC ППН, до складу якого входять інвертор на транзисторах $T1$ і $T2$, 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) блокуючі діоди D01, D02; 5) еквівалентний опір СДС $R=11,3$ Ом; 6) блок керування (на схемі не показано).

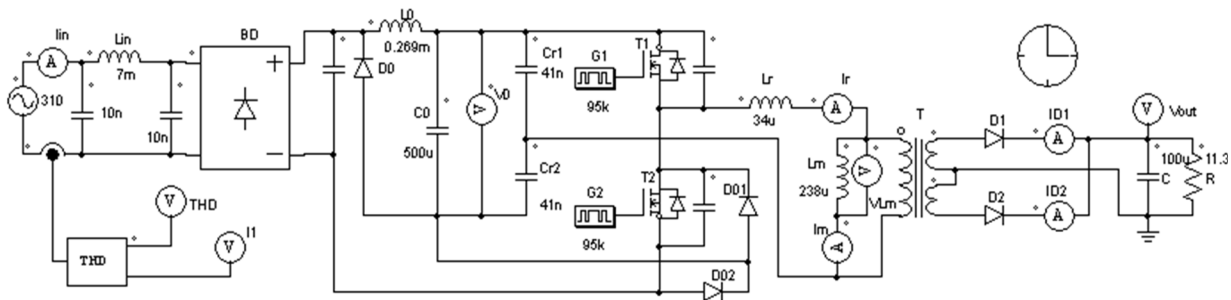


Рис. 1.

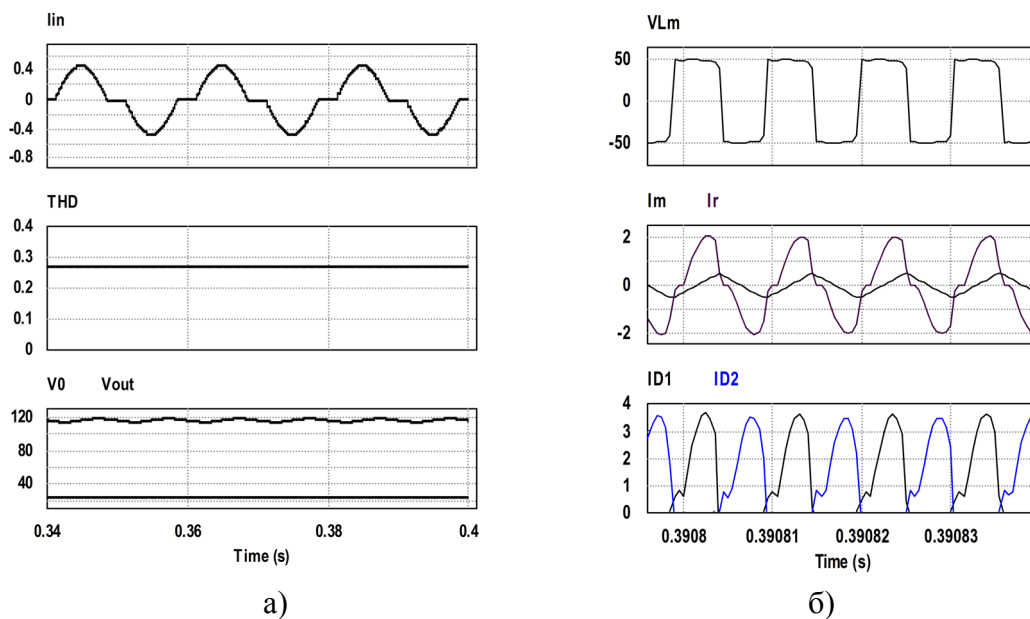


Рис. 2.

Результати моделювання драйвера показано на рис. 2 і рис. 3. На рис. 2 показано (зверху – вниз): 1) – миттєвий струм I_{in} мережі; 2) – коефіцієнт гармонік струму мережі $THD=27\%$; 3) – вихідна напруга ККП $V_0=123$ В та напруга на СДС $V_{out}=26,3$ В. Для LLC перетворювача на рис. 3 зображено (зверху – вниз): 1) напруга V_{Lm} первинної обмотки трансформатора 2) – миттєві струми I_r резонансної індуктивності та I_m індуктивності намагнічування; 3) - струми $ID1$ та $ID2$ випрямних діодів.

Результати моделювання добре узгоджуються з результатами проведеного аналізу. Вони дають підстави вважати, що запропонований однокаскадний драйвер з ККП на базі ЗПН при меншій кількості електронних компонентів, ніж двокаскадний драйвер, має суттєво нижчу напругу на виході ККП (120-130 В проти 400 В і більше в підвищувальному ККП), при цьому драйвер забезпечує вимоги стандарту EN61000-2-3 щодо гармонічних складових струму мережі живлення.

Література

1. J. Ma, X. Wei, L. Hu, J. Zhang. LED driver based on boost circuit and LLC converter. *IEEE Access*, 6 (2018), pp. 49588-49600.
2. 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.

УДК 628. 9:621.311.1.004.183

Л.А. Омеїза¹, кандидат технічних наук.

К.М. Козак², кандидатка технічних наук, доцентка.

М.Г. Тарасенко², доктор технічних наук, професор.

¹Universiti Brunei Darussalam Faculty of Integrated Technologies, Бруней.

²Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна.

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ СХОДОВИХ КЛІТОК У БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКАХ

Л.А. Omeiza, PhD.

К.М. Kozak, PhD., Assoc. Prof.

М.Н. Tarasenko, Dr., Prof.

ENHANCING ECONOMIC AND ENERGY EFFICIENCY OF STAIRWELL LIGHTING CONTROL SYSTEMS IN HIGH-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS

The growing focus on energy efficiency and sustainability in building design has led to increased interest in optimizing artificial lighting systems. This study, evaluates the economic and energy efficiency of artificial lighting control systems, specifically using astronomical relays and motion sensors in the stairwells of multistory residential buildings. The research aims to determine how different light sources and control systems can reduce electricity consumption and costs while maintaining safety and comfort for residents.

The primary objectives of this study are: To analyze the economic and energy efficiency of artificial lighting control systems using astronomical relays and motion sensors. To compare the performance of different light sources—halogen lamps (HL), compact fluorescent lamps (CFL), and light-emitting diodes (LED)—in terms of energy savings and cost-effectiveness. To assess the impact of resident movement patterns on the energy consumption of lighting systems.

The study utilizes a comprehensive approach, including **Data Collection**: Monthly movement intensity of residents in 9-story residential buildings in Ternopil, Ukraine, was recorded. **Energy Consumption Analysis**: The electricity consumption of lighting systems with and without control systems (continuous lighting, astronomical relays, and motion sensors) was calculated. **Cost Analysis**: The cost of ownership, including initial costs, replacement costs, and electricity costs, was evaluated for different lighting systems over ten years.

Key Findings:

1. Astronomical Relays:

- Implementation of astronomical relays reduced electricity consumption by 43.31% to 50.52% across all types of light sources [1].
- This control system is particularly effective in areas with significant variations in daylight hours throughout the year.

2. Motion Sensors:

- The use of motion sensors led to substantial reductions in electricity consumption: 97.73% for HL, 95.27% for CFL, and 93.98% for LED [2].
- Motion sensors are effective in reducing energy usage during periods of low occupancy, particularly at night.

3. Light Sources Comparison:

- **Halogen Lamps (HL)**: High energy consumption and shorter lifespan compared to CFL and LED.
- **Compact Fluorescent Lamps (CFL)**: Moderate energy consumption and longer lifespan than HL but shorter than LED.

- **Light-Emitting Diodes (LED):** Lowest energy consumption and longest lifespan, making them the most cost-effective option over time.

4. Economic Analysis:

- Over ten years, the cost of ownership for systems with HL is significantly higher than those with CFL and LED.
- Motion sensors, despite higher initial costs, offer substantial long-term savings, particularly with HL and CFL.

The study highlights the importance of selecting appropriate lighting control systems and light sources to achieve optimal energy and economic efficiency in multistory residential buildings. While astronomical relays provide significant savings by leveraging natural daylight, motion sensors offer the highest reduction in electricity consumption by activating lights only when needed. LEDs, despite higher upfront costs, prove to be the most economical and energy-efficient light source over time [3].

Recommendations:

1. For Building Designers and Managers:

- Consider integrating motion sensors and LED lighting in stairwells and common areas to maximize energy savings.
- Evaluate the feasibility of astronomical relays in regions with variable daylight hours to further reduce energy consumption.

2. For Policy Makers:

- Encourage the adoption of energy-efficient lighting systems through incentives and regulations.
- Promote research and development of advanced lighting control technologies to enhance their affordability and effectiveness.

3. For Future Research:

- Explore the long-term durability and maintenance requirements of advanced lighting control systems.
- Investigate the user acceptance and behaviour impacts of automated lighting systems to optimize their design and implementation.

By adopting these recommendations, stakeholders can significantly contribute to the global efforts in energy conservation and sustainable development.

Conclusion. The findings underscore the potential for significant energy and cost savings through the strategic implementation of lighting control systems in residential buildings. For the most effective results, combining LED lighting with motion sensors is recommended, especially in regions with substantial daylight variation. This approach not only reduces electricity consumption and costs but also enhances environmental sustainability by lowering greenhouse gas emissions.

Reference.

1. V. Burmaka, M. Tarasenko, K. Kozak, V. Khomyshyn, Definition of a composite index of glazing rooms, Eastern-European journal of enterprise technologies 4 (10) (2018) 22-28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141018>
2. V. Burmaka, M. Tarasenko, K. Kozak, V. Khomyshyn, Definition of a composite index of glazing rooms, Eastern-European journal of enterprise technologies 4 (10) (2018) 22-28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141018>
3. V. Burmaka, M. Tarasenko, K. Kozak, V. Khomyshyn, Definition of a composite index of glazing rooms, Eastern-European journal of enterprise technologies 4 (10) (2018) 22-28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141018>

УДК 621.31

В.П.Коваль, к.т.н. доц.; О.А.Буняк, к.т.н. доц.; І.В.Белякова, к.т.н. доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СИСТЕМА РЕЛЕЙНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ

V.P. Koval, Ph.D., Assoc. Prof.; O.A. Buniak, Ph.D., Assoc. Prof.;

I.V. Belyakova, Ph.D., Assoc. Prof.

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ukraine

LIGHTING INSTALLATION RELAY CONTROL SYSTEM

Сучасна система розумного освітлення – це інструмент, який зменшує енергоспоживання освітлювальної установки та покращує комфортні умови перебування людей у приміщенні. Існують централізовані та децентралізовані системи управління [1]. У централізованих системах управління здійснюється спеціальним контролером, який використовується для генерації команд управління на основі обробки інформації, отриманої від датчиків освітленості. У децентралізованих системах кожен освітлювальний прилад містить мікроконтролер з індивідуальною пам'яттю та алгоритмом роботи [2,3]. Найбільш поширеними є централізовані системи управління, оскільки вони враховують більшу кількість факторів, що впливають на необхідний рівень освітлення [4].

В якості органів керування, які здійснюють безпосереднє увімкнення та вимкнення освітлювальних приладів [5], використовують твердотільні та електромагнітні реле.

Для дослідження їх роботи та напівпровідникових джерел світла в освітлювальних установках з системою керування було виготовлено експериментальну освітлювальну установку, яка працювала на постійній нарузі 12 В (рис.1).

У першому варіанті була виготовлена аналогова система керування на електромагнітних реле SRD- 05VDC -SL - C. (рис. 2). Сигнал керування надходив від датчиків руху (рис.3) при появі людей в коридорі.

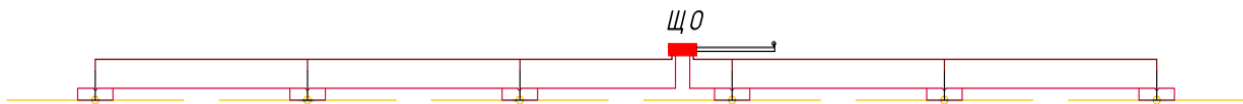


Рисунок 1 - Схема мережі освітлення 12 В



Рисунок 2 - Електромагнітне реле SRD- 05VDC -SL - C



Рисунок 3 - Інфрачервоний датчик Arduino HC-SR501

В результаті тривалої експлуатації встановлено, що система проста, надійна, але має суттєвий недолік: при вмиканні електромагнітним реле світлодіодного світильника люди відчували значний дискомфорт від яскравого світла. Тому надалі виконавчий елемент був замінений на твердотільне реле на основі польового транзистора (рис. 4). Підключивши RC ланку до входу керування вдалось реалізувати функцію плавного вмикання світлодіодних світильників.

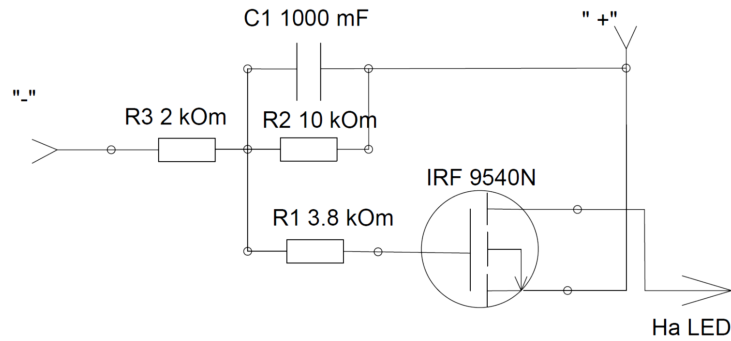


Рисунок 4 - Твердотільне реле на основі польового транзистора із функцією плавного вмикання

Час плавного ввімкнення залежить від наступних факторів. Коли людина рухається по коридору, час збільшення яскравості світильника повинен бути не більше, ніж час від моменту отримання сигналу від датчика руху до моменту наближення людини до зони освітлення. А також не менше часу реакції та адаптації людського ока. Оскільки ці дані індивідуальні для кожної людини, було проведено експеримент. Отже впродовж декількох днів змінювався час плавного вмикання і проводились опитування респондентів. Час змінювався від 0 до 5 секунд з кроком 1 секунда. Найбільше респондентів оцінили позитивно тривалість плавного вмикання в 3 секунди.

Отже можна зробити висновок, що використання твердотільних напівпровідникових реле дозволяє більш гнучко змінювати режими керування освітлювальними установками ніж електромагнітні реле.

Література

1. C. Kaiwen, et al. An Intelligent Home Appliance Control-based on WSN for Smart Buildings. in IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET). Hanoi, Vietnam, 14-16 November 2016/ (2016): 282-287.
2. Vadym Koval, Serhii Martsenko, Myroslav Zin (2023). Designing and Implementing Intelligent Lighting Control System. The 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). Ternopil, Ukraine, June 14-16, Vol. 3468, Pages 241-249.
3. Bohdan Orobchuk, Ivan Sysak, Oleh Buniak, Serhii Babiuk, Vadym Koval (2023) Development of the reactive power compensation laboratory bench and its integration into the training simulator of dispatch control system. The 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2023 (ITTAP 2023). Ternopil, Ukraine, November 22-24, 2023, Vol. 3628, Pages 574-585.
4. Енергоощадна інтелектуальна система керування механічною системою / Богдан Оробчук, Іван Сисак, Ярослав Осадца, Вадим Коваль, Сергій Бабюк // МММТЕС, 22-23 листопада 2022 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. — С. 128–130. — (Прикладні застосування механіки в задачах енергозбереження)
5. Andriichuk V.A., Nakonechnyi M.S., Osadtsa Ya.M., Filiuk Y.O. Study of LED light sources with pulse power supply. Tekhnichna elektrodynamika. 2021. Vol. 1. Pp. 68-72. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2021.01.068>.

УДК 621.311

І.І. Митражик, О.А. Буняк, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ПІДПРИЄМСТВА АПК**

I. Mytrazhyk, O. Buniak, Ph.D.,

**INCREASING THE RELIABILITY OF THE ELECTRICITY SUPPLY OF THE
AGRICULTURE ENTERPRISES**

В останні два десятиліття суттєво змінився характер сільськогосподарського виробництва підприємств АПК, особливо на сучасних тваринницьких та птахівницьких фермах. З точки зору електропостачання, великі тваринницькі комплекси та птахоферми відповідають промисловим підприємствам [1], тобто, зі зростанням електричних потужностей у сільськогосподарському виробництві підвищується значення надійності електропостачання як здатності електричної мережі у будь-який момент забезпечити електроенергією приєднаних до неї споживачів.

Навіть короточасні перерви електропостачання агропромислових підприємств є основною причиною порушень стійкості нормальних режимів роботи цехів переробки сільськогосподарської продукції, а також викликають неполадки в системах освітлення та вентиляції [2].

Аналіз побудови сільських розподільчих електричних мереж показав, що схема електропостачання більшості сільськогосподарських підприємств має одне джерело електропостачання, а фізичне зношення та недостатня пропускна спроможність викликає аварійні відключення та зрив технологічних процесів сільськогосподарських виробництв [1,2]. Тому, необхідно застосовувати ефективні та економічно доцільні заходи щодо забезпечення оптимальної надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів.

Для забезпечення надійності означених вище підприємств АПК, де будь-яке відключення – планове (ремонт) чи неочікуване, аварійне – завдає шкоди як споживачеві, так і самій енергетичній системі, найбільш прийнятними виявляються варіанти комбінованого або автономного електропостачання.

На даний момент собівартість енергії, виробленої на ВДЕ, практично зрівнялася з вартістю енергії традиційних установок, що говорить про високі перспективи розвитку електроенергетики в цілому в даному напрямку. Було досліджено вплив різних видів ВДЕ, що дозволило, ґрунтуючись на наявній інформації, підібрати найбільш оптимальний тип установки для енергозабезпечення підприємства на основі біогазу.

Аналіз різних типів відновлювальних джерел енергії дозволив визначити оптимальну модель установки за сукупністю експлуатаційно-технологічних параметрів. Інтеграція додаткового джерела живлення в діючу систему електропостачання дозволить суттєво підвищити надійність, зменшити річний час аварійних відключень та скоротити недовідпуску електроенергії більш ніж удвічі.

Література

1. Єгорова О.Ю. Комплексне забезпечення надійності і якості електропостачання у сільських розподільних мережах /О.Ю. Єгорова // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2016. – № 2. – С.41-43.

2. Козирський, В. В. Електропостачання агропромислового комплексу [Текст]: підруч. / В. В. Козирський, В. В. Каплун, С. М. Волошин. — К.: Аграрна освіта, – 2011. – 448 с.

УДК 621.82

Руслан ЗАВЕРУХА доктор філософії, Марія КОТИК, Максим БЕРНИК

Відокремлений структурний підрозділ Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Ruslan Zaveruha Doctor of Phillosophy, Maria KOTYK, Maksym BERNYK

RESEARCH CHANGE OF OPERATING PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF DC MACHINES IN SERVICE

Для впровадження електростартерного пуску, що є метою цього дослідження, необхідно вирішити такі задачі як запропонувати варіанти встановлення та узгодження елементів системи пуску, за умов мінімальної зміни конструкції базового двигуна; визначити параметри процесу пуску; визначити залежність показників пуску від регульовальних параметрів двигуна. Для визначення характеристик пуску досліджуваного двигуна був збудований випробувальний стенд, на якому проводились безпосередні дослідження з визначення часу пуску за різних регульовальних параметрів. Для визначення умов пуску двигуна обов'язковою є реєстрація частоти та нерівномірності обертання колінчастого вала (КВ). Для цього використовувалися індуктивний датчик та датчик Холла системи запалювання.

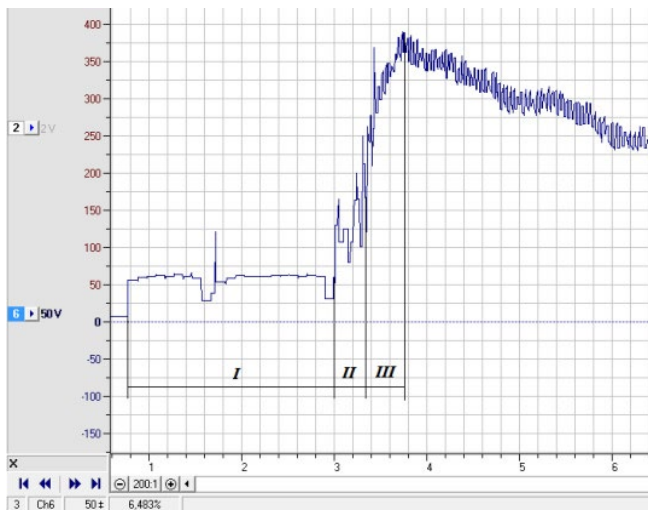


Рис.1. Зміна частоти обертів КВ двигуна 1Ч3,5/3,5 під час пуску

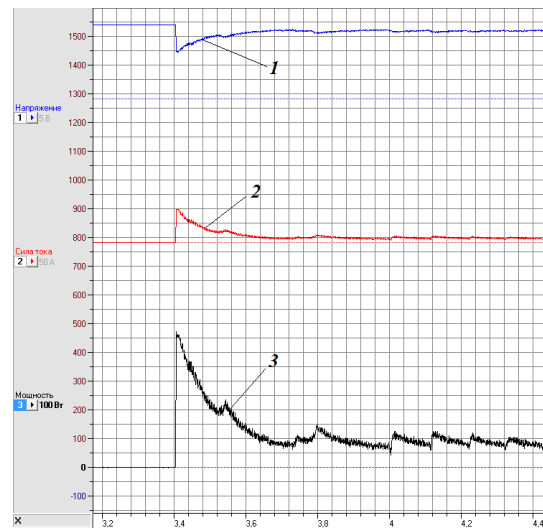
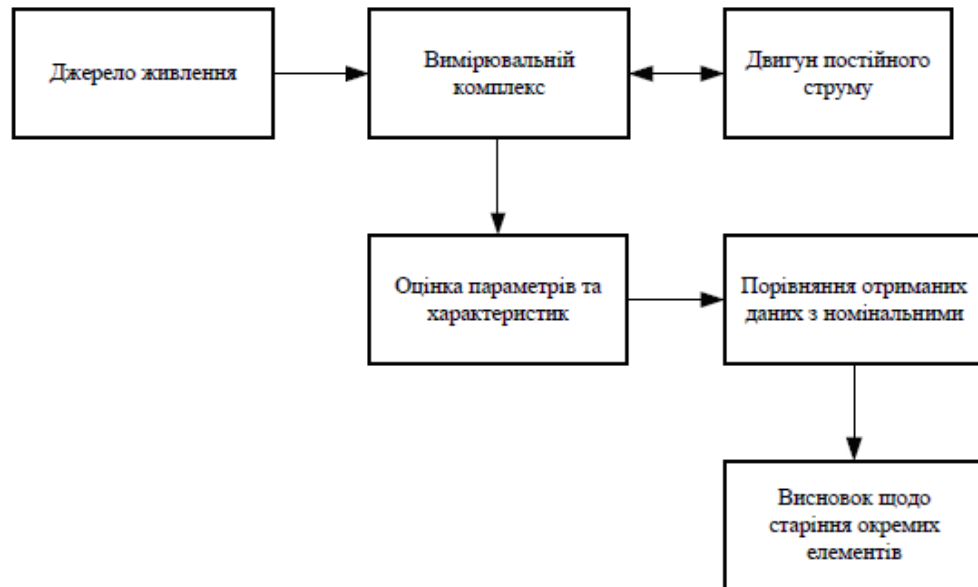


Рис.2. Осцилограми визначення електричних параметрів стартера під час пуску двигуна 1Ч3,5/3,5:

1 – зміна напруги на клеммах акумулятора; 2 – зміна струму в обмотці стартера; 3 – зміна електричної потужності стартера

Отримані дані за допомогою вимірювального комплексу, що включав АЦП L-CARD E 14-140, відповідне програмне забезпечення реєстрації сигналу, що надалі формуються вказаними датчиками в середовищі Power Graph аналізувались та перетворювались. Зразок результату визначення частоти обертів КВ за даним алгоритмом подано на рис. 1. Додатковою вимогою до системи пуску є забезпечення мінімальної пускової частоти обертання КВ двигуна $n > 300$ хв⁻¹ при розрядженій до 25 % акумуляторній батареї. Динамічний процес розгону двигуна можна розділити на три стадії (рис. 1), 1-а стадія триває до 2 с. За цей час відбувається

вихід на пускову частоту обертання колінчастого вала. Тривалість другої стадії при пускових обертах може становити 0,4–0,5 с. Далі, під час третьої стадії, відбувається запуск ДВЗ. Початковий технічний стан МПС на момент уведення в експлуатацію може бути описаний такими фізичними параметрами, як струм, напруга, температура, частота обертання, вібропараметри, характеристики магнітного поля. Дослідження процесів старіння електричних машин передбачає прогнозування зміни їх електромагнітних параметрів (властивостей), паспортних даних та робочих характеристик у процесі напрацювання на відмову.



При дослідженні роботи двигуна постійного струму (ДПС) під час першого запуску за допомогою вимірвального комплексу проводиться запис початкових його параметрів, а також час роботи до відключення. Запис в базу даних включає в себе показання датчиків струму, напруги (мережі живлення, якоря та збудження), температури (двигуна і навколишнього середовища), вібрації та потужності при якій проводиться випробування. Після зняття контрольних показань та їх запису в базу даних, система відключається, періодичність наступних контрольних вимірів залежить від інтенсивності роботи двигуна та умов навколишнього середовища. Так, наприклад, при довготривалій роботі знос підшипника відбувається швидше, що може викликати зміщення вала, і відповідно нерівномірність повітряного проміжку між обертовою і нерухомою машинами або "биття" при роботі. У ході зняття контрольних значень вони обробляються системою і порівнюються з базою даних початкових показань, знятих після надходження відремонтованого двигуна, що дає можливість визначити його працездатність. Також враховується вплив мережі живлення на можливе відхилення від норми параметрів і характеристик. Якщо зміна характеристик і параметрів ДПС відбувається в межах норми, то через деякий час будуть проводитися наступні вимірювання. У разі наявності значного відхилення на основі знятих даних визначається дефект. Надалі електродвигун оглядає обслуговуючий персонал і робить висновок про його працездатність.

Література

1. Бібліотека і доступність інформації у сучасному світі: електронні ресурси в науці, культурі та освіті: // Zoltán Dankó / Their Knowledge is the Fuel of The Future (Журнал National Geographic) / режим доступу до журн.: <http://www.greatenergychallengeblog.com/> 2012/05/ 08/ hungarys-megameter-theirknowledge- is-the-fuel-of-the-future/.

УДК 621.311

Р.В. Паськів, В.Я. Коненко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ АСКОЕ

R. Paskiv, V. Konenko

WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF MODERN ASCAPC

Як відомо [1], існуючі АСКОЕ відносяться до класу інформаційно-вимірювальних систем. Тому вони, в основному, виконують функції вимірювання даних про енергоспоживання з групи абонентських рахунків електроенергії та комерційного обліку електроенергії. Аналіз функціональної структури АСКОЕ [2], які впроваджуються на об'єктах розподільних компаній, показує, що в складі цієї системи не вирішуються такі важливі завдання, як діагностика функціональних елементів і оптимізація режимів роботи розподільних мереж, що значно знижує їх ефективність. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки нових функціональних підсистем, призначених для вирішення поставлених завдань. Розробка методів і технологій, спрямованих на вдосконалення існуючих АСКОЕ з підвищенням їх техніко-економічних показників зумовлює актуальність проблем.

Поточний стан АСКОЕ в Україні можна коротко охарактеризувати способом[3]:

1. В даний час для вимірювання витрат електроенергії, потрібними абонентами мережі, використовуються індукційні та сучасні електронні («розумні») лічильники.

Необхідно, щоб сучасні електронні рахунки відмітили по порівнянню з індукційними рахунками мають розширений склад вимірюваних величин. Зокрема, функціональна структура цих приладів включає наступні функції:

- вимірювання діючих значень струмів і напруг на навантаженнях розподільних мереж;
- вимірювання коефіцієнтів потужностей;
- вимірювання активних і реактивних потужностей.

Ці додаткові функціональні можливості електронних лічильників можна використовувати для розширення складу існуючих функцій АСКОЕ і підвищення їх ефективності.

2. Збір інформації про енергоспоживання абонентами мережі, які забезпечені індукційними лічильниками, здійснюється вручну за допомогою працівників енергопостачальних компаній – контролерів, шляхом ручного запису показів лічильників електричної енергії. Такий спосіб збору даних про енергоспоживання, що допускає безпосередній контакт контролерів із абонентами мережі, створює сприятливі умови для корупційних схем.

3. В даний час з метою комплексної автоматизації та інформатизації процесів енергоспоживання в РЕМ стали впроваджуватися автоматизовані системи контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ). Як відомо, структура таких автоматизованих систем складається з двох чи трьох ієрархічних рівнів. Загальна структура дворівневої системи показано на рис.1. Вона включає два рівні: верхній та нижній рівні управління. Основу верхнього рівня складає обчислювальний комплекс.

Основні переваги АСКОЕ полягають у наступному:

- 1) автоматизація процесу збору даних із лічильників електроенергії без участі контролерів енергопостачальних компаній;
- 2) виключення людського фактору при зборі даних про енергоспоживання, що дозволяє усунути корупційні схеми;
- 3) автоматичне відключення навантаження абонента під час несвоєчасної оплати за використану електроенергію;

4) автоматичне відключення навантаження абонента, де при перевищенні встановленого ліміту за споживаною потужністю відповідно до технічних умов;

5) оперативне складання енергобалансу у системі.

Головний недолік АСКОЕ полягає в тому, що вони є інформаційно-вимірювальними системами і тому, в основному, призначені для комерційного обліку електроенергії [3]. Отже, вони по суті не мають технічних і програмних засобів, для боротьби з джерелами втрат електроенергії. Тут слід зазначити, що так звані "розумні лічильники" не мають ні технічних, ні програмних засобів [3], для усунення зазначених джерел втрат електроенергії. Засоби, включені до складу сучасних електронних лічильників дають змогу лише дистанційно відключити навантаження абонента в разі несвоечасної оплати за використану електроенергію, а також при перевищенні встановленого ліміту за споживаною потужністю відповідно до технічних умов на підключення відповідно до технічних умов на підключення енергії.

5. Існуюча автоматизована система обліку та контролю електроенергії, що включає нині низку АСКОЕ, допускає високий рівень технічних і комерційних втрат електроенергії. Через істотний вплив низки чинників, до яких, зокрема, належать несиметрія зокрема, належать несиметрія струмів і напруг у мережі, несанкціоновані відбори (розкрадання) електроенергії, недостатня точність приладів обліку, а також зношеність технічного обладнання системи.

Тому необхідно розробити та впровадити концепцію системного підходу до вирішення розглянутої проблеми, що передбачає комплексну автоматизацію та інформатизацію розподільчих мереж напругою 0,4 кВ.

Отже, пропонується розширити склад функції АСКОЕ, доповнивши наступними функціями:

- безперервний контроль та управління за несиметрією фаз;
- діагностика обривів фазних проводів та нульового дроту, станів контактних з'єднань та опорів проводів

Для досягнення поставлених цілей необхідно;

- розробити метод ідентифікації та локалізації місць несанкціонованого відбору (розкрадання) електроенергії у трифазній розподільній мережі.
- розробити метод виявлення та локалізації місць обриву проводів розподільної мережі.
- розробити принцип побудови та структура комутатора фазних струмів у складі цифрової САК процесом симетрування розподільчої мережі.

Література

1. Бабюк С. М. Підвищення енергоефективності підприємств за рахунок контролю характеристик режимів електропостачання / С. М. Бабюк, М. Д. Приймак, Р.В. Паськів // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 3. — С. 90–91.

2. Коцар О.В. Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням [електронне видання] /О.В. Корцар // Навч. посібн. – К.: КПІ ім. Сікорського, – Дніпро: Середняк Т.К. – 2017. – 44 с.

3. WHITE PAPER «Концепція Smart Grid та її поточний стан впровадження в Україні» // ExPro Consulting [Веб-сайт]. - Київ, 2024. - URL: <https://expro.com.ua/statti/white-paper-koncersya-smart-grid-ta--potochniy-stand-vprovadjennya-v-ukran> (дата звернення: 08.05.2024).

УДК 621.311

Микуляк В. – ст. гр. ЕТ-31; Волос Р. – ст. гр. ЕТМ-62

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ

Науковий керівник: к.т.н., доцент, Оробчук Б.Я.

Mykuliak V.; Volos R.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

REDUCTION OF ELECTRICITY LOSSES IN DISTRIBUTION NETWORKS USING ENERGY STORES

Supervisor: B. Orobchuk - Ph.D., Assoc., Prof.

Ключові слова: система накопичення електроенергії; розподільча мережа; трансформаторна підстанція; втрати електроенергії.

Keywords: battery energy storage system; electric power distribution network; transformer substation; energy losses.

Сучасний розвиток енергосистем передбачає також використання систем розподіленої генерації (СРГ), включаючи поновлювані джерела енергії. А базовою основою таких систем, які дозволять вирішити значну кількість технічних проблем спільної роботи обладнання у складі СРГ, повинні стати системи накопичення електроенергії (СНЕ). Використання СНЕ в складі інвертора та акумуляторної батареї (АБ) дозволить збільшити ефективність роботи розподільної мережі за рахунок деяких функціональних можливостей: обмеження максимального навантаження, підвищення якості електроенергії, регулювання напруги і частоти та компенсацію реактивної потужності у її вузлах [1]. Найвідповідальнішим буде завдання застосування СНЕ з метою зниження втрат електроенергії в лініях електропередачі (ЛЕП) та трансформаторному обладнанні розподільчих електричних мереж за рахунок вирівнювання добового графіка електричних навантажень на шинах трансформаторної підстанції (ТП).

Було проведено статистичний аналіз параметрів обладнання Буцацького району електричних мереж, що має на балансі близько 460 ТП 10/0,4 кВ та виявлено, що найбільша кількість ТП мають трансформатори потужністю 250 кВА. Кабельні лінії (КЛ) зв'язку центрів живлення (ЦЖ) з ТП мають інтервал довжин від 50 м до 2 км та переріз провідників від 25 мм² до 120 мм². Отже, при розгляді усереднених вихідних даних було виконано оцінку ефективності застосування СНЕ для вирівнювання графіка навантажень для ТП з трансформатором потужністю 250 кВА, яка зв'язана з ЦП кабелем марки АСБ-3х120 довжиною 1 км.

На рис. 1 наведено добовий графік споживання активної потужності, який було використано для моделювання навантаження на шинах ТП 10/0,4 кВ. З рисунку бачимо, що графік має яскраво виражений нерівномірний характер. Дослідження виконано у

середовищі математичного пакету MathCAD. Номінальні параметри СНЕ вибрано з умови рівності потужності СНЕ різниці між піковою потужністю графіка навантаження та



Рисунок 1 – Добовий графік навантаження на шинах 0,4 кВ ТП

номінальним навантаженням на шинах ТП у відносних одиницях. Час роботи від АБ становить 3 год, що відповідає тривалості добового максимуму графіка навантаження, а інший час протягом доби АБ перебуває в стані заряджання шляхом двоступінчастого заряджання при постійній напрузі.

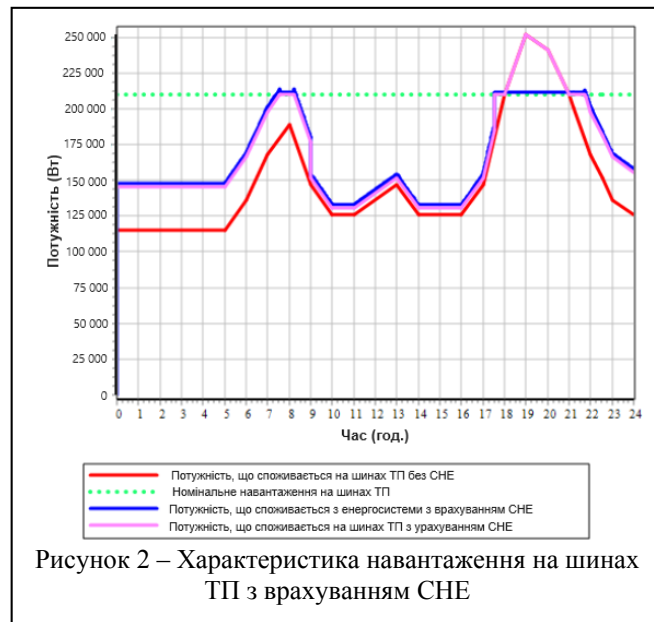
Параметр	Без СНЕ	Потужність СНЕ 100% максим. потужності
Добова енергія, що споживається з енергосистеми, кВт·год	3660	3977
Добова енергія, що споживається навантаженням ТП, кВт·год	3615	
Сума добових втрат енергії і енергії заряджання СНЕ, кВт·год	45	360

урядованні енергії від СНЕ. Вклад СНЕ до добового споживання електроенергії з енергосистеми збільшується, до втрат у ЛЕП та трансформаторі додаються втрати енергії в АБ та напівпровідниковому перетворювачі. З рис. 2 видно, що накопиченої в СНЕ енергії (210 кВт·год) достатньо для вирівнювання піку графіка навантаження.

Отже бачимо, що для усередненого графіка навантаження, застосування СНЕ, сума потужності якого з потужністю трансформатора забезпечить покриття пікової потужності навантаження, дозволяє отримати додатково 210 кВт·год енергії протягом доби, що майже в 5 раз перевищує добові втрати енергії в ЛЕП та у трансформаторному обладнанні. Але, враховуючи отриману енергетичну ефективність АБ [2], запропоноване технічне рішення не є рентабельним з точки зору зниження втрат електроенергії в ЛЕП та трансформаторному обладнанні. Однак, СНЕ можуть сприяти збільшенню пропускної здатності існуючих кабельних ліній та трансформаторів.

Встановлення СНЕ на ТП дозволить збільшити рівень споживаної потужності на шинах 0,4 кВ без реконструкції існуючої мережі живлення 10 кВ.

Результати розрахунків значень електроенергії, що споживається з енергосистеми та навантаженням ТП, без СНЕ та з урахуванням його встановлення, наведено у табл. 1. Зміну добового графіка навантаження виконаних розрахунків наведено на рис. 2. З табл. 1 видно, що у режимі без СНЕ сумарні добові втрати енергії в ЛЕП та у трансформаторному устаткуванні становлять 45 кВт·год. У режимі з



чує

Література

1. Yulong P., Cavagnino A., Vaschetto S., Feng C., Tenconi A. Flywheel energy storage systems for power systems application. International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), Santa Margherita Ligure, Italy, 27–29 June 2017. P. 492–501
2. Оробчук Б.Я., Кіт Н.Я. Дослідження режимів роботи моделі сонячної електростанції в пакеті MatLab / XI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» - м. Тернопіль, 2022, С.84-85

УДК 623.17.38

Б.Я. Орбчук¹, канд. техн. наук, доц.; П.П. Продан¹, А.Я. Лещук²

¹Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя, Україна

²АТ «ТЕРНОПІЛЬОБЛЕНЕРГО», Україна

ПІДВИЩЕННЯ СЕЛЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АВТОМАТИКИ ПРИ ТРИВАЛИХ КОРОТКИХ ЗАМИКАННЯХ

B. Orobchuk, Ph.D., Assoc.; P. Prodan, A.Ya. Leshchuk

INCREASING THE SELECTIVITY OF THE AUTOMATION OPERATION WITH LONG-TERM SHORT CIRCUITS

Тривалі короткі замикання (КЗ) є одними з найважчих випадків з погляду забезпечення динамічної стійкості генеруючого обладнання. Для запобігання зміни динамічної стійкості при в таких випадках застосовується автоматика розвантаження при тривалих коротких замиканнях (АРТКЗ). Цей тип протиаварійної автоматики (ПА) розрахований на реалізацію керуючих впливів (КВ) тільки тривалих КЗ у випадку відмови вимикача. Основні принципи побудови алгоритму та вибору уставок даної автоматики описані в [1]. У роботі розглядається можливість неселективної роботи АРТКЗ та пропонуються технічні рішення для забезпечення селективності роботи автоматики. Нижче розглянуто приклади налаштувань АРЗКЗ, за яких можлива неселективна робота.

1. При виборі уставок при зниженні напруги для пускового органу АРТКЗ необхідно враховувати тип вимикачів та їх приводів (трифазні або однофазні), встановлених на енергооб'єкті. При застосуванні однофазних вимикачів з однофазним приводом у розрахунках динамічної стійкості при моделюванні багатозфазних КЗ розглядається можливість відмови лише однієї фази вимикача [2]. Тому моделюється перехід багатозфазного КЗ в однофазне в момент відключення КЗ основними захистами, при цьому величина зниження напруги в даний час зміниться (збільшиться). Оскільки АРТКЗ відбудовано від часу відключення КЗ основними захистами, уставка спрацьовування пускового органу визначається за величиною зниження напруги після робіт основних захистів. Таким чином, можлива неселективна робота АРЗКЗ при однофазних КЗ з відмовою вимикача, при яких КВ не потрібні.

2. При КЗ на електромережевому елементі результати розрахунку динамічної стійкості можуть відрізнитися залежно від того, з якої сторони є відмова вимикача. Наприклад, при КЗ на ЛЕП1 з відмовою вимикача на розподільчому пристрої електричної станції ЕС1 відбувається зміна динамічної стійкості генераторів, але при тому КЗ з відмовою вимикача на підстанції ПС1 стійкість може зберігатися (рис. 1). Найчастіше при виборі уставок АРТКЗ на даний момент не враховується, що призводить до зайвої роботи ПА.

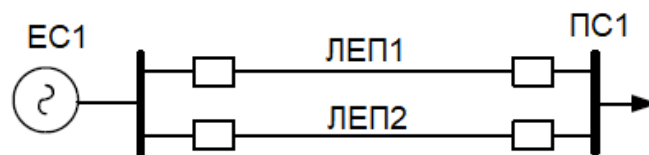


Рисунок 1. Схема заміщення електричної системи

Для забезпечення селективної роботи АРТКЗ у вищевказаних випадках можна запропонувати наступні технічні рішення:

1. Для випадку застосування на енергооб'єкті однофазних вимикачів з однофазним приводом, необхідно для пускового органу АРТКЗ визначення уставок на спрацьовування та повернення за величиною зниження напруги. Уставки на спрацьовування пускового органу задаються без витримок часу і повинні фіксувати важкість КЗ у момент впливу. Уставки

повернення пускового органу відбудовуються від часу відключення КЗ основними захистами і характеризують величину зниження напруги при однофазному КЗ. Отже, при спрацьовуванні одного з ступенів АРТКЗ автоматика реалізує КВ тільки за умови, що значення напруги знаходиться нижче за значення уставки повернення після закінчення витримки часу на відбудову від роботи основних захистів.

2. Для відбудови АРТКЗ від впливів з відмовою вимикача на протилежному від шин електричної станції кінці ЛЕП також необхідно завдання уставок на спрацьовування та повернення. При цьому для пристрою АРТКЗ, встановленого на електричній станції, значення зниження напруги менше після відмови вимикача на даній станції, ніж при тому ж впливі з відмовою вимикача на протилежній підстанції. На рис. 2 а, б представлені графіки зміни напруги на шинах 330 кВ електричної станції при КЗ на ЛЕП1 (рис. 1) з відмовою вимикача на розподільчому пристрої станції та протилежній підстанції відповідно. З даних графіків видно, що у пристрої АРТКЗ можливо виконати відбудову уставки повернення за напругою від величини напруги після відмови вимикача на протилежній підстанції.

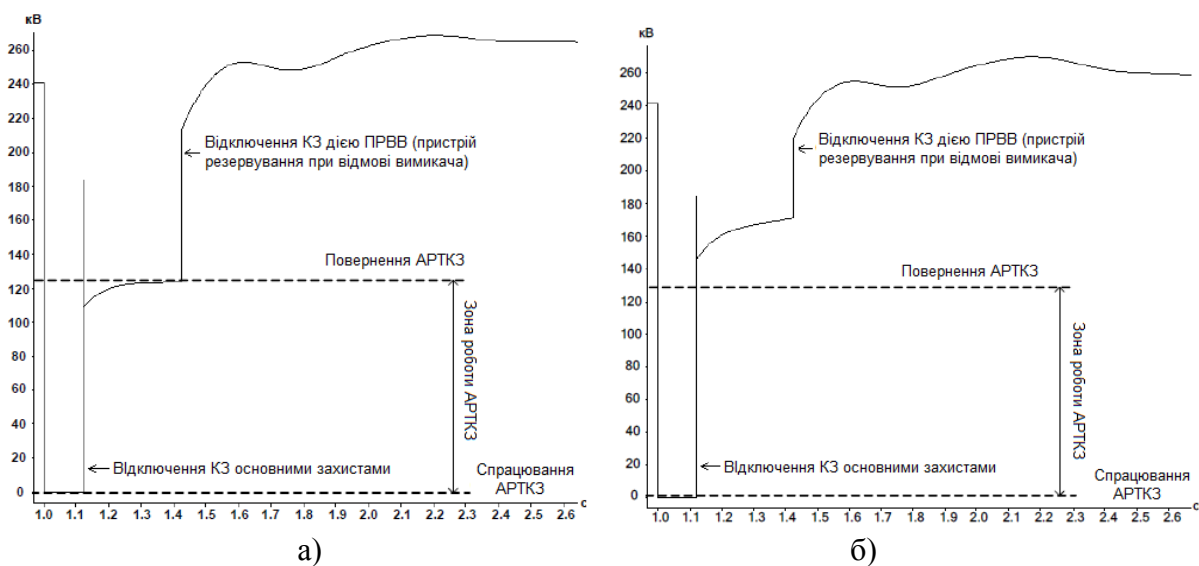


Рисунок 2. Графік зміни напруги на шинах електричної станції при трифазному КЗ на ЛЕП1 з відмовою одного вимикача у розподільчому пристрої електричної станції ЕС1 (а) і підстанції (б)

Запропоновані технічні рішення дозволяють підвищити селективність роботи пристроїв АРТКЗ та можуть бути використані при виборі уставок та конфігурації АРТКЗ у складі мікропроцесорних комплексів ПА електричних станцій та підстанцій.

Література

1. Протиаварійна автоматика і розрахунки стійкості енергосистем: комп'ютерний практикум: навчальний посібник для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою "Електричні станції" /уклад.: М.П. Болотний, Р.В. Вожаков, О.Л. Бондаренко / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2023. – 203 с.
2. Оробчук Б., Бартошевський Р. Інтелектуальна система управління та контролю параметрів електричної мережі. Актуальні задачі сучасних технологій // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]: ТНТУ, 2022. – С. 82-83.

УДК 621.311

Б. Орбчук - канд. техн. наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

О. Хоміцький

Директор ПП «Променергія» (Тернопільська обл., м. Бучач), Україна

О. Зайченко - канд. техн. наук,

Старший науковий співробітник Інституту електродинаміки НАН України, Україна

А.Я. Лещук

АТ «ТЕРНОПІЛЬОБЛЕНЕРГО», Україна

СТАБІЛІЗАЦІЯ ЧАСТОТИ НАПРУГИ ГЕНЕРАТОРА В АВТОНОМНІЙ СИСТЕМІ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ НА БАЗІ МАЛИХ ГЕС

B. Orobchuk - Ph.D., Assoc. Prof., O. Khomitsky, O. Zaichenko - Ph.D, A.Ya. Leshchuk

STABILIZATION OF GENERATOR VOLTAGE FREQUENCY IN AUTONOMOUS STANDBY POWER SUPPLY SYSTEM BASED ON SMALL HYDRO POWER STATION

Ключові слова: автономна робота гідроелектростанції, стабілізація частоти генератора, баластне навантаження, маховик, ПІД-регулятор.

Keywords: autonomous operation of the hydroelectric plant, stabilization of the generator frequency, ballast load, flywheel, PID regulator.

Для забезпечення повноцінного функціонування електрообладнання критичної інфраструктури якісною електроенергією згідно вимог державних стандартів було спроектовано та впроваджено в роботу гідроелектростанції «Топольки» (м. Бучач, Тернопільська область) пристрій динамічної стабілізації частоти напруги (рис. 1). До пристрою стабілізації частоти напруги генератора автономної гідротурбінної системи електроживлення, в якому до обмоток генератора, крім основного споживача, під'єднано також змінне баластне навантаження. Пристрій регулювання частоти струму генератора має в своєму складі контур регулювання баластним навантаженням, який складається з системи керування, тиристорного перетворювача та баластного навантаження. Поставленою задачею є створення пристрою стабілізації частоти генератора автономної мережі живлення, в якому, за рахунок застосування двоконтурного регулювання та комбінованого керування на основі класичних пропорційно-інтегрально-диференціальних законів регулювання досягається технічний результат, а саме: спрощення схеми тиристорного перетворювача; спрощення системи керування; відсутність опорів під'єднаних послідовно з навантаженням; підвищення точності регулювання частоти напруги генератора та зменшення рівня нелінійних спотворень напруги та струму [1]. Задача вирішується завдяки тому, що пристрій стабілізації частоти напруги генератора автономної мережі живлення містить систему керування, контур регулювання баластним навантаженням, який складається з тиристорного перетворювача і баластних резисторів, контур регулювання швидкості маховика на валу ротора, який складається з гідроприводу регулювання кута положення лопаток гідротурбіни та маховика, причому система керування є комбінованою, яка складається з класичних пропорційно-інтегрально-диференціальних регуляторів, які керуються контролером [2].

Контролер дозволяє побудувати двоконтурне регулювання частоти напруги генератора автономної мережі живлення. В обох контурах здійснюється регулювання за пропорційно-інтегрально-диференціальним законом: у першому здійснюється грубе регулювання з великим значенням часу інтегрування, а у другому контурі - більш точне динамічне регулювання з малим часом інтегрування [3].

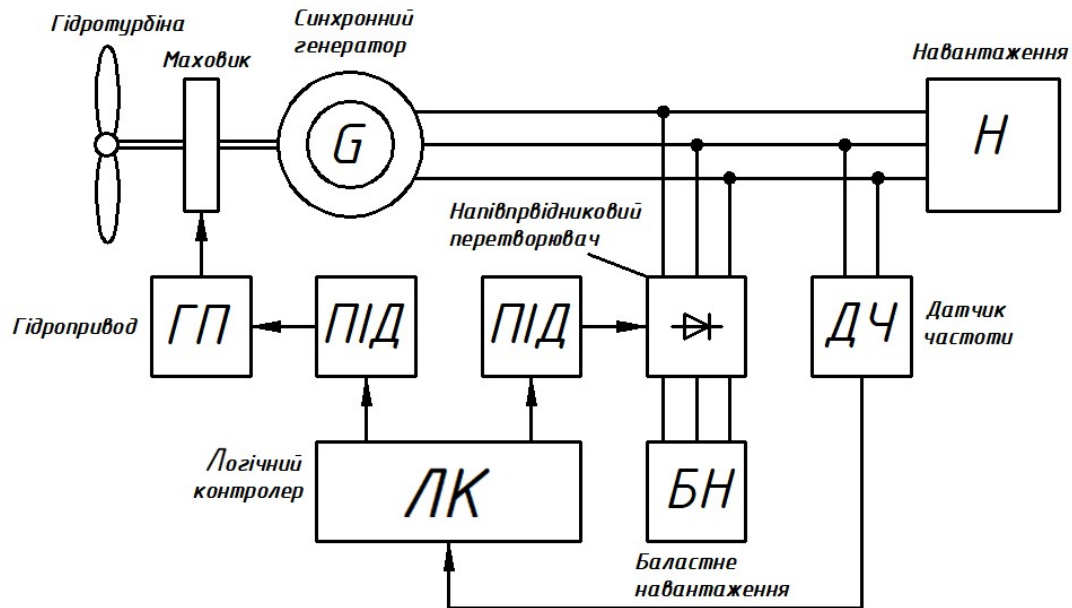


Рисунок 1. Пристрій динамічної стабілізації частоти напруги

Застосування комбінованого двоконтурного керування на основі класичних законів регулювання дозволяє налаштувати систему на необхідний оптимальний режим роботи незалежно від навантаження і зовнішніх збурень, забезпечує високу стабільність заданої величини частоти напруги генератора, що не перевищує 0,1 Гц, мінімальний час перехідного процесу та мінімальне значення амплітуди коливань при зміні навантаження та зовнішніх збуреннях. Крім того, досягається значне зменшення рівня нелінійних спотворень напруги і струму, завдяки роботі тиристорного перетворювача на максимально можливих кутах відкриття. Значення загального коефіцієнта гармонік при цьому суттєво менше в порівнянні з використанням способу стабілізації частоти за допомогою тиристорних перетворювачів для регулювання величини баластного навантаження [4].

Промислові дослідження проведені ПП «ПРОМЕНЕРГІЯ» на базі гідроелектростанції «Топольки» (м. Бучач) показали, що застосування запропонованого пристрою стабілізації частоти генератора автономної мережі живлення дозволяє забезпечити наступні характеристики: високу стабільність та точність заданої величини; мінімальний час перехідного процесу; мінімальне значення амплітуди коливань при зміні навантаження і зовнішніх збуреннях; зменшення рівня нелінійних спотворень напруги і струму; спростити схематехніку тиристорного перетворювача та відсутність опорів під'єднаних послідовно з навантаженням. Застосування логічного контролера управління дозволяє спростити структуру побудови системи керування та процес налаштування її параметрів.

Література

1. Вовчак, В., Тесленко, О., Самченко, О. Мала гідроенергетика України. Аналітичний огляд. Том I. <https://energyukraine.org/wp-content/uploads/2018/05/Otchet-MGES1.pdf>
2. Мазуренко Л.І., Василів К.М., Джура О.В., Коцюруба А.В. Імітаційна модель та алгоритм керування автономною гідровітровою системою електроживлення. Технічна електродинаміка. 2020. № 1. С17-26. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2020.01>
3. European Small Hydropower Association (2004). Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant. Part 2. https://energypedia.info/images/4/4a/Part_2_guide_on_how_to_develop_a_small_hydropower_plant- final-21.pdf
4. Електричні машини. Навчальний посібник. Укладачі: Буняк О.А., Сисак І.М., Бабюк С.М., Оробчук Б.Я., Осадца Я.М, Коваль В.П., – Тернопіль : видавництво ФОП Паляниця В.А., 2023. – 324 с. Текст: укр. - ISBN 978-617-7875-57-3

УДК 621.311

Б. Орбчук – канд. техн. наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

С. Дудін – інженер-програміст

ТОВ «Тернопільське конструкторське бюро радіозв’язк «Стріла», Україна

АДАПТАЦІЯ БЛОКУ ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕМЕТРІЇ ДО НАВЧАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО КЕРУВАННЯ

B. Orobchuk - Ph.D., Assoc., Prof., S. Dudin

ADAPTATION OF THE DIGITAL TELEMETRY UNIT TO THE DISPATCH CONTROL SYSTEM TRAINING TRAINER

Сучасний розвиток енергосистем передбачає використання великої кількості приладів для вимірювання показників роботи елементів системи. У розподільчих високовольтних системах присутні цифрові пристрої захисту, лічильники електроенергії, пристрої контролю якості та інше. Дані пристрої обладнуються цифровими інтерфейсами для опитування та подальшого аналізу у системі SCADA. З метою збільшення оперативності надходження даних виконується опитування та накопичення інформації у концентраторах для подальшої передачі на верхній рівень за допомогою протоколів телемеханіки (IEC 60870-5-101, IEC 60870-5-104) [1].

На даний час більшість пристроїв мають послідовний інтерфейс з протоколом Modbus. Відповідно, концентратор повинен опитувати велику кількість пристроїв за допомогою протоколу Modbus [2].

В роботі розглянуто налаштування розробленого на ТОВ «ТКБР «Стріла» і адаптованого в навчальний процес кафедри електричної інженерії ТНТУ ім. І. Пулюя концентратора «Блок цифрової телеметрії» (БЦТ), який виконує одночасне опитування приладів цифрових пристроїв за допомогою інтерфейсу RS-485. Даний прилад вбудовується у існуючі системи автоматизованої системи диспетчерського керування «Стріла», зокрема у діючий на кафедрі лабораторний тренажер диспетчерської системи керування електричними мережами [3]. В якості файлу конфігурації, що описує порядок опитування пристроїв, параметри послідовних портів та сигнали, що надходять у систему використовується JSON-файл. Даний файл надає достатню гнучкість у описі об’єктів даних та дозволяє виконати редагування без використання додаткового програмного забезпечення [4].

Для практичного забезпечення навчального процесу з дисципліни «Системи диспетчеризації в електроенергетиці» було розроблено програма для виконання швидкого формування файлу налаштувань (рис. 1). У даній програмі для налаштування взаємозв’язків використовується представлення об’єктів у вигляді дерева, у якому наявні наступні вузли: порти, пристрої, сигнали. Сигнали поділені на три види: телесигналізація (бітова інформація), телевимірювання (вимірювальні величини), телекерування. Основний принцип налаштування — формування зв’язків між вузлами конфігурації: сигнали належать до певного пристрою, а пристрій — до порту, по якому проводиться опитування.

Впровадження розробленого концентратора БЦТ (рис. 2) та програмного забезпечення і його адаптація в навчальний лабораторний тренажер диспетчерської системи керування електричними мережами дозволяє організувати під час проведення лабораторних робіт гнучкий процес створення нової конфігурації для блоку цифрової телеметрії та достатню наочність при оцінці опитуваних сигналів. Це, в свою чергу, сприяє підвищенню практичної кваліфікації майбутніх спеціалістів диспетчерських служб.

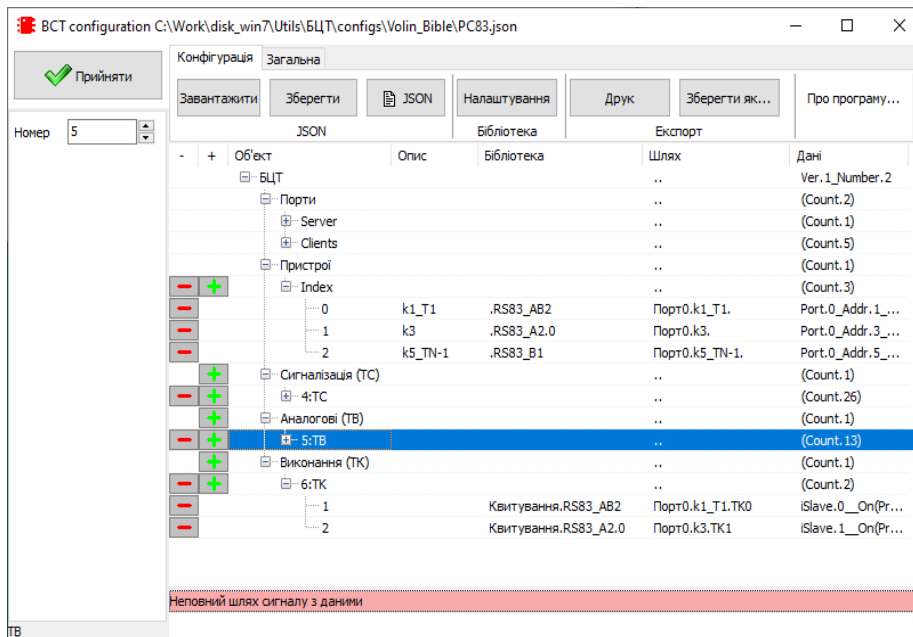


Рисунок 1. Вікно програми налаштування БЦТ



Рисунок 2. Лицьова панель блоку цифрової телеметрії

Література

1. Orobchuk B. Design of an intelligent system to control educational laboratory equipment based on a hybrid mini-power plant / Bogdan Orobchuk, Ivan Sysak, Serhii Babiuk, Oleh Buniak // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2023, 2(9-122), pp. 59–72. ISSN 1729-3774
2. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, А.В. Праховник, С.П. Денисюк // Технічна електродинаміка. – 2012. – № 5. – С. 52–67. <http://dSPACE.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/62229/08-Stogny.pdf?sequence=1>
3. Б. Оробчук, С. Піскун, О. Рафалюк. Впровадження систем телемеханіки керування енергооб'єктами в навчальному процесі / III Всеукраїнська наукова-технічна конференція “Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування”. - м. Тернопіль, 2017, С.224-226
4. Комплекс дистанційного керування технологічними процесами «Стріла-М» на основі ПК. Технічний опис та інструкція з експлуатації.– Тернопіль, 2010 р.

УДК 621.311

Б. Орбчук – канд. техн. наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

О. Розмірчук – керівник проектно-конструкторського відділу

ТОВ «Тернопільське конструкторське бюро радіозв’язку «Стріла», Україна

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА БАЗІ НАВЧАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА

B. Orobchuk - Ph.D., Assoc., Prof., O. Rozmirchuk

POWER QUALITY MONITORING SYSTEM ON THE BASE OF A TRAINING TRAINER

Технологічні процеси сучасного технологічного виробництва суттєво залежать від якості електричної енергії. У більшості випадків низька якість електричної енергії призводить до відхилень від збалансованого виробничого процесу або виходу з ладу обладнання, трансформаторів, електричних двигунів і ін. Згідно проведених досліджень втрати європейських країн від неякісної електроенергії становлять десятки млрд. євро. Щодо України, то такі дані поки що відсутні, так як цією проблемою на системному рівні займаються тільки наукові заклади, хоча збитки від неякісної електроенергії демонструють тенденцію постійного зростання [1]. Крім того, на даний час спостерігається значне впровадження розосереджених джерел енергії на всіх рівнях, а це вимагає підтримувати динамічний баланс між споживанням та генерацією електричної енергії на мікро- і макрорівнях.

Надійне постачання електричною енергією є однією із найважливіших складових життєзабезпечення сучасної інфраструктури та ефективного функціонування громадського виробництва. Часті та значні перебої в електропостачанні за масштабами нанесених збитків можуть бути віднесеними до катастрофічних видів небезпек, що спричиняють удари для національної економіки та благополуччя суспільства. Відповідно, створення умов надійного електропостачання споживачів висуває підвищену увагу при різних формах економічних відносин в суспільстві.

Дослідження показали, що імплементація відновлювальних джерел до діючих електромереж викликає проблеми з якістю електроенергії, оскільки стандартна розподільча мережа має стохастичний характер, а споживання енергії по кожній шині і миттєві значення потужності відновлювальних джерел електричної енергії є випадковими та майже непрогнозованими. Ця невизначеність може значно знижувати показники якості електроенергії можуть значно знижуватися [2]. Отже, питання якості електроенергії та дослідження можливих шляхів їх вирішення є доволі актуальними завданням.

На кафедрі електричної інженерії Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя у співпраці з ТОВ «ТКБР «Стріла» було розроблено систему моніторингу якості електричної енергії та інтегровано її в навчальний тренажер автоматизованої системи диспетчерського керування [3]. До навчального тренажера підключена промислова мережа і гібридна вітро-сонячна енергоустановка, що дає змогу змоделювати режим роботи енергосистеми та визначати характеристики якості електричної енергії (рис. 1).

Для організації опитування комірки приєднань додатково обладнуються мультиметрами (аналізаторами параметрів мережі) Diris A30 з додатковими модулями зв’язку RS485 та модулями Вводу/Виводу. Підключення первинних кіл Diris A30 виконується до існуючих трансформаторів струму та трансформаторів напруги. Опитування Diris A30 відбувається по інтерфейсу RS-485 за допомогою протоколу Modbus RTU. Пристрої підключаються до Блоку цифрової телеметрії, який входить до складу обладнання АСДК «Стріла» [4].

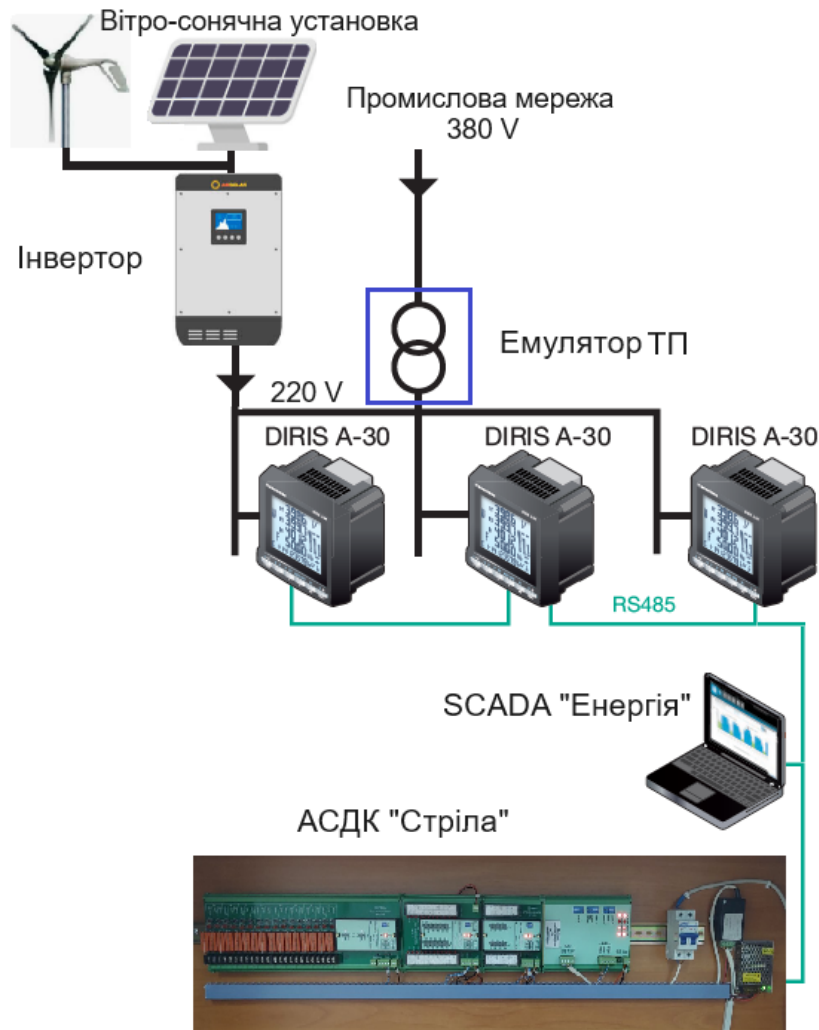


Рисунок 1. Система моніторингу якості електроенергії

Запропонована система моніторингу якості електроенергії має практичне значення при розробці систем моніторингу якості електроенергії, а це однією з обов'язкових складових реформування електроенергетичної системи України. Варто зазначити, що інтеграція та автоматизація режимів вироблення, передачі та споживання електроенергії вимагає побудови інформаційної моделі потоків електроенергетичної системи, в якій основною складовою повинна бути ідентифікація параметрів спотворень якості електричної енергії.

Література

1. О. Буняк, С. Бабюк, Б. Оробчук, Л. Мовчан. Ринок електричної енергії: проблеми та перспективи. Вісник Хмельницького національного університету // Том 2, №5, Технічні науки. 2017, С.25-29
2. Володарський Є.Т. Система моніторингу якості електричної енергії в децентралізованих системах електропостачання / Є.Т. Володарський, А.В. Волошко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – №. 318 (69). – С. 10–18.
3. Б. Оробчук, С. Піскун, О. Рафалюк. Впровадження систем телемеханіки керування енергооб'єктами в навчальному процесі / III Всеукраїнська наукова-технічна конференція "Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування". - м. Тернопіль, 2017, С.224-226
4. Комплекс дистанційного керування технологічними процесами «Стріла-М» на основі ПК. Технічний опис та інструкція з експлуатації.– Тернопіль, 2010 р.

УДК 621.32:681.5

О.В. Соломчак, канд. техн. наук, доцент, Р.Р. Семеняк, М.В. Халус
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

НАВЧАЛЬНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД З ВИВЧЕННЯ ПРИСТРОЇВ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИМИ УСТАНОВКАМИ

O.V. Solomchak, Ph.D., Assoc. Prof., R.R. Semeniak, M.V. Halus
DEVELOPMENT OF A TRAINING BENCH FOR STUDYING LIGHTING
CONTROL DEVICES

Правильне керування електроосвітлювальними установками, вміння застосування електричних апаратів та електронних пристроїв є необхідними компетентностями та навиками, які має здобути майбутній спеціаліст в процесі вивчення дисципліни «Електроосвітлювальні установки» освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Електричні апарати та електронні пристрої відіграють ключову роль в освітленні, забезпечуючи ефективне, безпечне та економічне освітлення. Ось основні функції цих пристроїв у системах освітлення.

Контроль і керування освітленням

Вимикачі та регулятори яскравості: Вимикачі використовуються для ввімкнення та вимкнення освітлювальних приладів, а регулятори яскравості дозволяють змінювати інтенсивність освітлення відповідно до потреб користувача.

Датчики руху та освітленості: Ці пристрої автоматично вмикають або вимикають освітлення залежно від присутності людей в приміщенні або рівня природного освітлення, що сприяє економії електроенергії.

Енергоефективність.

Споживання менше електроенергії за рахунок впровадження датчиків руху та присутності, що дозволяє уникнути марного використання електроенергії.

Автоматичне регулювання рівня штучного освітлення в залежності від рівня природного освітлення, що надходить у приміщення.

Керування за часом дозволяє налаштовувати графіки ввімкнення та вимкнення освітлення в залежності від робочого розкладу підприємства.

Системи диммування (регулювання яскравості) дозволяє знижувати інтенсивність освітлення в залежності від потреб, що може значно знизити споживання енергії.

Інтеграція освітлювальних приладів у SMART систему дозволяє здійснювати детальний моніторинг та управління освітленням з урахуванням різноманітних параметрів.

Безпека

Автоматичні вимикачі та реле захищають електричні мережі від перевантажень і коротких замикань, що може запобігти пожежам та іншим небезпечним ситуаціям.

Системи аварійного освітлення забезпечують освітлення в разі відключення електропостачання, що важливо для безпеки в громадських та комерційних приміщеннях.

Автоматизація і комфорт

Розумні освітлювальні системи (smart lighting) включають елементи Інтернету речей (IoT) і дозволяють користувачам дистанційно керувати освітленням через мобільні додатки, створювати графіки роботи освітлювальних приладів та інтегрувати освітлення з іншими системами розумного дому.

Використання електричних апаратів і електронних пристроїв в освітленні робить його більш адаптивним, енергоефективним та безпечним, що в кінцевому рахунку покращує якість життя користувачів.

Для практичного засвоєння теоретичних знань автором тез разом зі студентами було створено навчальний лабораторний стенд, який дозволяє на практиці вивчити пристрої та апарати керування освітленням.

Стенд включає:

Реле напруги призначене для захисту обладнання від надмірних відхилень напруги в мережі. При настанні аварійної ситуації реле вимикає навантаження.

Таймер тижневий електронний THC15-TS, призначений для відліку інтервалів часу протягом тижня для автоматичного керування електрообладнанням.

Wi-Fi дистанційне реле керування пристроями для розумного будинку, яке дозволяє керувати навантаженнями до 25А зі свого смартфона через додаток eWeLink. Є частиною проекту "Розумний будинок".

Двоканальне радіокероване реле з пультом дистанційного керування.

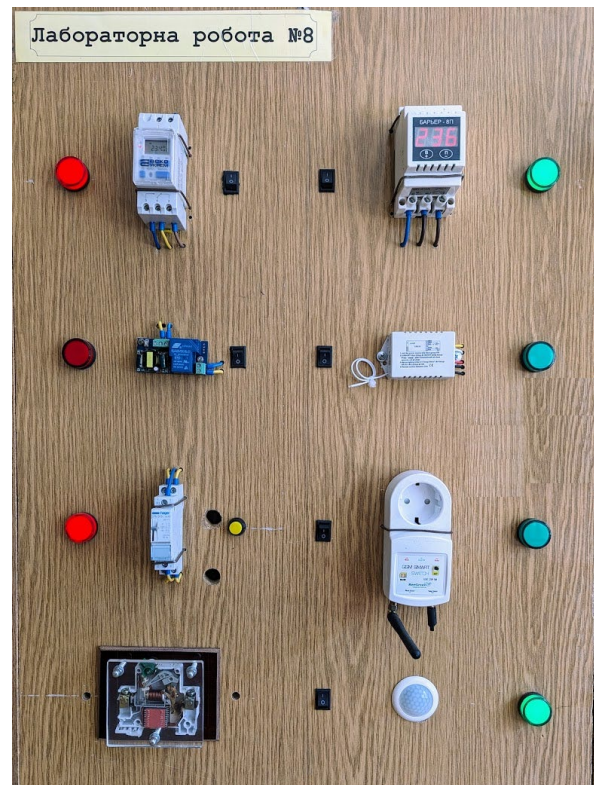
Імпульсне реле HAGER EPN515 використовується в схемах керування освітленням. Працює з одноклаповими вимикачами, можна включати до схеми необмежену кількість вимикачів.

Розумна GSM розетка для дистанційного керування пристроями за допомогою телефону. Керується по дзвінку чи СМС повідомленню.

Реле з датчиком руху та освітленості для автоматичного вмикання освітлення.

Автоматичний вимикач у розібраному стані для кращого розуміння будови.

Також завдяки співпраці з корпорацією АСКО-УКРЕМ студенти мають можливість вивчити сучасне комутаційне модульне обладнання.



УДК 621.321

О.В. Соломчак, канд. техн. наук, доцент, А.О. Соломчак, аспірант
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТУЖНОСТІ СПОТВОРЕННЯ СВІТИЛЬНИКІВ З ГАЗОРОЗРЯДНИМИ ЛАМПАМИ

O.V. Solomchak, Ph.D., Assoc. Prof., A.O. Solomchak
EXPERIMENTAL RESEARCHS OF THE DISTORTION POWER OF DISCHARGE
LAMPS

Сучасні електроосвітлювальні прилади, які обладнані електронними схемами керування (імпульсними запалювальними пристроями, імпульсними блоками живлення, випрямлячами і т.д.) крім активної потужності також споживають реактивну потужність та потужність спотворення [1]. Метою даної роботи є експериментальні дослідження цих потужностей для різних світильників.

Для дослідження електротехнічних характеристик світильників з ГРЛ використовувалась теорія нелінійних електричних кіл та інформаційно-вимірювальний комплекс для вимірювання і запису миттєвих величин струмів і напруг у електронній формі.

Для дослідження було взято 6 світильників з різними типами ламп різних виробників. Технічні характеристик світильників подано в табл.1. З точки зору етики і уникнення претензій виробників, світильники подані номерами без подання марки і заводу виробника.

Табл.1 Технічні характеристики світильників

Світильник	Країна виробник	Лампа і потужність	Схема вмикання	Наявність дроселя	Наявність компенсуючого конденсатора
1	Італія	ДНаТ-100	електронна	є	так
2	Україна	ДРИ-700	дросельна	є	немає
3	Німеччина	ДРЛ-125	дросельна	є	немає
4	Україна	ДРЛ-400	дросельна	є	немає
5	Україна	ЛЛ-36	дросельна	є	немає
6	Китай	ЛЛ-65	електронна	немає	немає

На рис.1 та 2 подані криві струмів і напруг досліджуваних світильників 1 та 4.

В [2] доведено, що використовувати вираз (1) для розрахунку реактивної потужності в колі з нелінійними елементами неприпустимо.

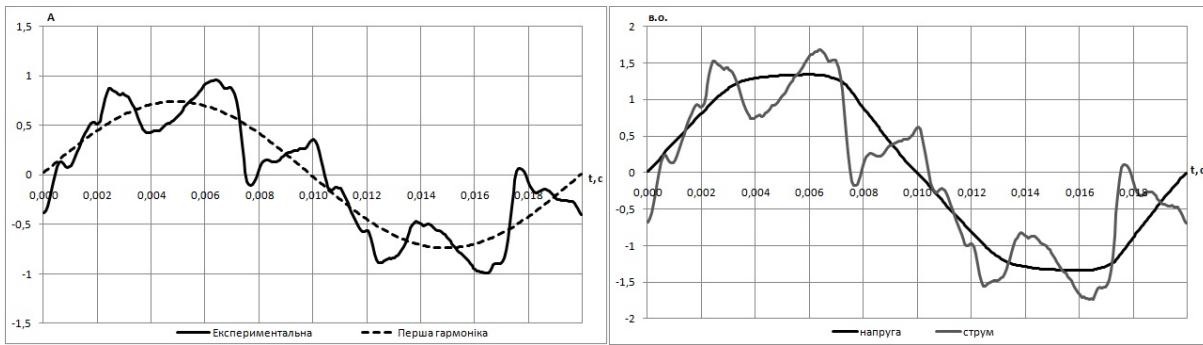
$$Q = \sqrt{(S)^2 - P^2} = \sqrt{(UI)^2 - P^2}, \quad (1)$$

де U, I - діючі (середньоквадратичні) значення струму і напруги, P - активна(середня) потужність.

У колах з активними, індуктивними та нелінійними електроприймачами правильним є наступний вираз [1,2]:

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2, \quad (2)$$

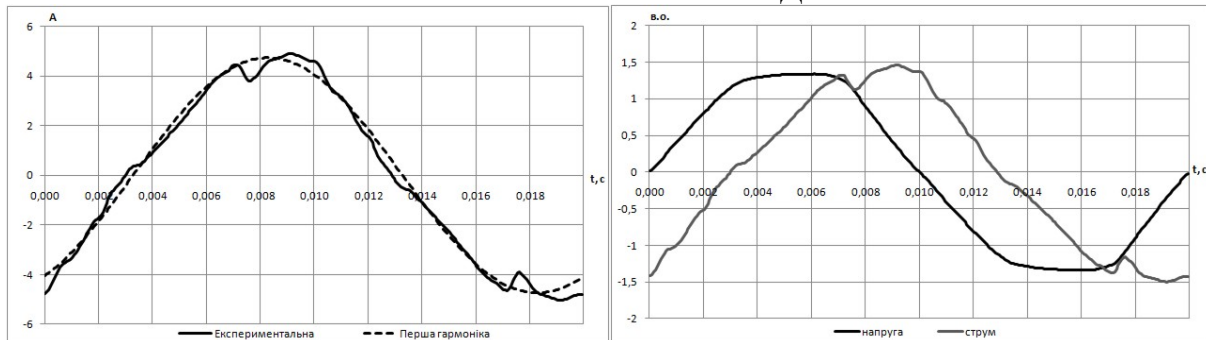
де $Q = U_1 I_1 \sin \phi_1$ - реактивна потужність; U_1, I_1 - діюче значення струму і напруги першої (основної) гармоніки; $D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$ - реактивна потужність спотворення.



а) крива струму і перша гармоніка

б) криві струму і напруги

Рис.1 - Світильник №1 з лампою ДНаТ-100



а) крива струму і перша гармоніка

б) криві струму і напруги

Рис.2 Світильник №4 з лампою ДРЛ-400

Табл.2 Електричні параметри світильників

Світильник	Кнес, %	cos φ	P, Вт	S, ВА	Q, ВАр	D, ВА
1	41,96	0,9989	120,50	131,90	-5,44	51,76
2	9,18	0,5593	832,23	1497,10	1233,84	136,98
3	9,69	0,5130	157,87	309,72	264,14	37,52
4	9,34	0,5378	413,75	775,60	649,59	93,10
5	11,38	0,4619	39,02	85,14	74,91	9,72
6	25,04	0,9921	55,85	58,80	-7,07	14,17

Визначення чистої реактивної потужності та потужності спотворення необхідне для правильного вибору засобів компенсації, адже фізично їх природа різна. Потужність зсуву спричинена наявністю індуктивних елементів, а спотворення – нелінійних. Відповідно і засоби їх компенсування різні. Для першої - це конденсатори, а для другої - фільтри вищих гармонік і електронні коректори коефіцієнта потужності. Неправильний вибір типу компенсуючого пристрою призведе до ще більшого зростання повної потужності і струмів в колі згідно з виразом (2).

Література

1. Fryze S. Active, Reactive and Apparent Power in Non-Sinusoidal Systems, Przegląd Elektrotek. Polska-1931.- №7.- P.193-203.
2. Соломчак О.В., Гладь І.В. Проблеми розрахунку та компенсації реактивної потужності в мережах з несинусоїдним (нелінійним) навантаженням. // Енергетика і електрифікація.- 2008.-№6.-С.27-32.
3. IEC 61000-3-2:2005. Electromagnetic compatibility (EMC). Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤16 A per phase).-2005.

УДК 628.92/.97

Я.М. Осадца, канд. техн. наук, доц; І.В. Белякова, канд. техн. наук, доц;

Я.О. Марцинюк; М.М. Турдай

Тернопільський національний технічний університет, Україна

СВІТЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМ СВІТЛОВОЇ РЕКЛАМИ

Ya.M. Osadtsa, Ph.D., Assoc. Prof.; I.V. Beliakova, Ph.D., Assoc. Prof.; Ya.O. Martsyniuk;
M.M. Turday

LIGHT ENGINEERING CALCULATION OF LIGHT ADVERTISING SYSTEMS

На сьогоднішній день основними видами світлової реклами є: світлові об’ємні літери, котрі можуть підсвічуватись як з середини, так і ззовні; світлові вивіски (з неоновими або напівпровідниковими джерелами світла); світлові банери; світлові панелі; вивіски із контурним підсвічуванням, лайтбокси та ін. Використання будь-якого прийому рекламного освітлення передбачає забезпечення виконання вимог, наведених в нормативній документації. Нормованими світлотехнічними параметрами систем рекламного освітлення є середня, максимальна та габаритна яскравості, значення яких визначаються в залежності від розміщення рекламного об’єкта, висоти його встановлення та категорії вулиці чи дороги, де об’єкт має бути встановленим. Тому, виникає задача щодо розрахунку світлотехнічних характеристик, на основі результатів якого можна було б здійснити вибір джерел світла та способів їх розміщення, при яких забезпечувались би виконання нормативних вимог щодо світлотехнічних параметрів.

Потік випромінювання, котрий визначає яскравість рекламного об’єкту, є результатом відбивання чи пропускання світлового потоку, що надходить від джерел світла (світлових приладів) на світлорозсіювальний екран, котрий має властивості дифузного відбивання чи пропускання світла. Таким екраном вважатимемо поверхні об’ємних літер, освітлені ззовні чи з середини, поверхні світлових банерів, поверхні лайтбоксів. Розглянемо випадок, коли дифуздорозсіювальний екран освітлений N джерелами світла, котрі на його поверхні створюють освітленість із розподілом $E(x, y)$. Тоді яскравість $L(x, y)$ елемента екрану з координатами x, y визначимо за формулою

$$L(x, y) = \frac{M(x, y)}{\pi} = \frac{(\rho \vee \tau) \cdot E(x, y)}{\pi}, \quad (1)$$

де $M(x, y)$ – світимість елемента поверхні екрану з координатами x, y ; $(\rho \vee \tau)$ – коефіцієнт відбивання або пропускання екрану.

Розподіл освітленості $E(x, y)$ отримано наступними способами:

- 1) за допомогою пакету «DIALux» при використанні світлових приладів прожекторного типу для зовнішнього підсвічування об’ємних літер чи рекламних банерів;
- 2) при внутрішньому підсвічуванні об’ємних літер, екрану лайтбокса – за допомогою точкового методу, згідно якого

$$E(x, y) = \sum_{i=1}^{i=N} \frac{I_{ai} \cdot \cos \alpha_i}{l_i^2}, \quad (2)$$

де I_{ai} – сила світла від i -го джерела світла в напрямку елемента світної поверхні екрану з координатами x, y ; α_i – кут між напрямком I_{ai} та нормаллю до поверхні екрану; l_i – відстань від елемента світної поверхні екрану з координатами x, y до i -го джерела світла.

Для надпису «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ», розмішеного на фасаді корпусу № 7 ТНТУ ім. І. Пулюя виконано світлотехнічний розрахунок різних прийомів рекламного освітлення на підставі якого визначено потужність та кількість джерел світла.

УДК 004.7

Коваль М.О.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АРХІТЕКТУРА ТА ПРОТОКОЛИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ В РОЗУМНОМУ МІСТІ

М. Koval

IOT ARCHITECTURE AND PROTOCOLS IN A SMART CITY

Нові методології безперешкодно поєднують реальний і віртуальний світ, використовуючи деякі фізичні об'єкти та інтелектуальні давачі. Інтернет речей (IoT) - одна з таких методологій. Речі стають розумнішими, IoT дає користувачам можливість спілкуватися і контролювати фізичні пристрої, щоб надавати життєво важливу інформацію. Пристрої генерують та обмінюються великими обсягами даних, які, в свою чергу, допоможуть у прийнятті рішень.

Гаджети стали невід'ємною частиною нашого повсякденного життя, в тому числі вдома та на роботі. З появою передових технологій, таких як IoT, ми перебуваємо в режимі «підключеного» зв'язку з речами навколо нас. Такі досягнення дуже міцно увійшли в наше повсякденне життя. Завдяки IoT реальні речі стають частиною Інтернету, плавно поєднуючи фізичний та цифровий світ. Враховуючи все це, без жодних сумнівів можна сказати, що IoT - це "Майбутнє Інтернету". Переваги IoT незаперечні в кожній сфері життя. Розвиток Інтернету речей передбачає багато досягнень в «розумних містах», «розумних» будинках, цифровій охороні здоров'я та інших сферах [1]. IoT розширює можливості зв'язку та підвищує популярність мобільного зв'язку. IoT - це система, яка підтримує широкий спектр додатків з суперечливими вимогами та інтегрованими компонентами. Додатки IoT включають «розумну інфраструктуру», «розумну охорону здоров'я», «розумне управління», «розумну мобільність», «розумні технології» тощо. Попри всі ці переваги, послуги Інтернету речей повинні бути безпечними та надійними для повсякденного використання. Такі технології, як Bluetooth, ZigBee і технологія радіочастотної ідентифікації (RFID) забезпечують безпеку в IoT. Подолання технічних проблем вимагає ретельної оцінки рішень IoT.

З усіма технологічними досягненнями, IoT, безсумнівно, є кроком вперед у порівнянні з попередніми технологіями в кожній сфері життя, де задіяні технології.

Архітектура Інтернету речей враховує такі важливі фактори, як якість обслуговування (QoS), конфіденційність, надійність, цілісність тощо. У цьому розділі ми коротко розглянемо базову та сервіс-орієнтовану архітектуру IoT. Базова багаторівнева архітектура IoT запропонована в [2], [3]. Кожен архітектурний рівень коротко описується наступним чином: Рівень сприйняття складається з сенсорних пристроїв, а саме, RFID, ZigBee, коду швидкого реагування (QR) тощо, для загального управління пристроєм і збору конкретної інформації за допомогою кожного типу сенсорних пристроїв. Мережевий рівень пересилає інформацію з рівня сприйняття на верхні рівні і зберігає конфіденційність конфіденційної інформації від сенсорних пристроїв. Функції проміжного програмного забезпечення полягають в управлінні сервісами та зберіганні інформації нижнього рівня в базі даних. Прикладний рівень управляє додатками Інтернету речей, такими як "розумне здоров'я", "розумний транспорт" тощо. Бізнес-рівень охоплює управління всіма додатками та сервісами Інтернету речей

Література

1. Laghari, A. A., Wu, K., Laghari, R. A., Ali, M., & Khan, A. A. (2021). A review and state of art of Internet of Things (IoT). Archives of Computational Methods in Engineering, 1-19.
2. Yugha, R., & Chithra, S. (2020). A survey on technologies and security protocols: Reference for future generation IoT. Journal of Network and Computer Applications, 169, 102763.
3. Kaur, B., Dadkhah, S., Shoeleh, F., Neto, E. C. P., Xiong, P., Iqbal, S., ... & Ghorbani, A. A. (2023). Internet of things (IoT) security dataset evolution: Challenges and future directions. Internet of Things, 100780.
4. Ghushe, H. Cross-layer design in the Internet of Things (IoT): issues and possible solutions.

УДК 621.31

О.В. Смолій, Р.І. Королюк, А.А. Микитишин

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВРАХУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ СПОЖИВАЧІВ ПОТУЖНОСТІ ПРИ РОЗРОБЦІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РЕЗЕРВНИМ ЖИВЛЕННЯМ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ

O.V. Smoliy, R. I. Koroliuk, A.A. Mykytyshyn

TAKING INTO ACCOUNT THE PECULIARITIES OF POWER CONSUMERS IN THE DEVELOPMENT OF BACKUP POWER MANAGEMENT SYSTEMS FOR SMALL ENTERPRISES

З розвитком альтернативних джерел електроенергії розвиваються і системи контролю за енергопостачанням з багатьох джерел. В мирний час головною задачею таких систем є розподіл постачання електроенергії з альтернативних джерел з метою оптимізації енергопостачання. Інтеграція розподілених енергетичних ресурсів в енергосистему загалом є метою та мотивацією для електричних компаній та інвесторів з метою дотримання тенденції екологічно чистих та безкоштовних систем виробництва електроенергії.[1]

В умовах військового стану підприємства в Україні зіштовхнулись з проблемою систематичних планових та частих аварійних відключень електроенергії. В цьому випадку, зазвичай, використовуються системи резервного живлення, джерелом енергії в яких є генератори та акумуляторні батареї.

Але резервне електропостачання має суттєві обмеження, пов'язані з:

- вартістю самого обладнання, що обмежує, як наслідок, потужність резервного живлення
- вартістю електроенергії, що виробляється альтернативними джерелом живлення, наприклад генератором.

Системи контролю, що виробляються серійно, дозволяють автоматично вибирати джерело електроенергії (або декілька з них) з метою забезпечення необхідної вихідної потужності в межах допустимої. Але не менш важливу роль відіграє і оптимізація системи споживання потужності, яка і формує первинну задачу по забезпеченню резервного живлення.

Для розуміння проблеми розглянемо систему резервного живлення, що об'єднує три джерела електроенергії: електричні мережі, акумуляторна батарея та генератор.

Акумуляторна батарея як резервне живлення має обмежену ємність при великій вартості. Її можна використати для плавної зупинки основного обладнання, яке не допускає раптової зупинки, живлення аварійного обладнання (наприклад аварійне освітлення) протягом тривалого часу. Також ємність батареї дозволить забезпечити живлення певної частини обладнання до моменту пуску генератора.

Генератор дозволяє отримати електроенергію протягом більш тривалого ніж акумуляторна батарея періоду часу. Ця електроенергія, в загальному випадку дорожча ніж з мережі, але в багатьох випадках може бути економічно виправданою.

Проблема полягає в тому, що при роботі від резервного джерела живлення ми маємо строго регламентовану максимальну споживану потужність та струм. Тому, потрібно звернути особливу увагу на наступне:

- вибрати, які технологічні процеси працюватимуть в резервному режимі від акумуляторів та в резервному режимі від генератора.
- прослідкувати, щоб споживачі, які працюють в повторно переривчастому режимі роботи, не включались одночасно.
- обладнання яке не є критичним було виключеним.

Отримавши відповідь на ці питання, частина з яких є не тільки технічними але й організаційними, можна приступати до більш точних розрахунків.

Для побудови резервної системи живлення варто створити модель споживання електроенергії, зробити аналіз споживачів та їх поведінки при перехідних процесах включення/виключення, розділити споживачів на групи які будуть включені або виключені в залежності від режиму роботи підприємства при аварійних та планових відключеннях. На основі отриманих результатів створити централізовану систему керування споживачами, яка буде перемикає певні вітки в автоматичному режимі і подавати сигнали включення/виключення чи переходу в спеціальний режим роботи системам керування окремих виробничих ліній.

Система керування по різному повинна реагувати на різні типи відключень. Пропонується поділити відключення на аварійні та планові. Також по тривалості відключень їх можна розділити на такі групи: менше 15 секунд, від 15 секунд до хвилини, від 1 до 10 хвилин, від 10 хвилин до 4 годин, більше 4 годин. Відповідно, залежно від типів і тривалості відключень алгоритм подачі резервного живлення може бути різним, в залежності від технологічного процесу і організаційної структури підприємства. Тому оптимізація резервного енергопостачання передбачає модернізацію енергопостачання підприємства в цілому, а саме: встановлення додаткових контролерів на конкретно визначених лініях, встановлення додаткового обладнання для отримання можливості відключення окремих споживачів, внесення змін в алгоритм роботи вже встановлених систем керування технологічним процесом, встановлення додаткового обладнання з метою зменшення пускових та реактивних струмів.

В результаті, на основі моделі, ми отримаємо комплексну систему керування, яка, насамперед, забезпечує оптимальне споживання при обмеженому або нестабільному енергопостачанні та дозволить забезпечити безперебійну роботу критично важливого для підприємства обладнання.

Зручним інструментом для створення та аналізу в віртуальному середовищі таких моделей є Matlab та Simulink.

Література

1. Seyed Iman Taheri, Mohammadreza Davoodi, Mohd. Hasan Ali, A modified modeling approach of virtual power plant via improved federated learning, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Volume 158, 2024, 109905, ISSN 0142-0615, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2024.109905>.
2. Serap Ulusam Seçkiner, Ali Koç. Agent-based simulation and simulation optimization approaches to energy planning under different scenarios: A hospital application case, Computers & Industrial Engineering, Volume 169, 2022, 108163, ISSN 0360-8352, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108163>.
3. Andoni Urtasun, Pablo Sanchis, David Barricarte, Luis Marroyo. Energy management strategy for a battery-diesel stand-alone system with distributed PV generation based on grid frequency modulation, Renewable Energy, Volume 66, 2014, Pages 325-336, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.12.020>.

**СЕКЦІЯ В – ВПРОВАДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА.
ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ СВІТЛОТЕХНІКИ І
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ. НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ**

УДК 621.3

І.В. Белякова к.т.н., доц., д.т.н., П.О. Марущак проф., В.Р. Медвідь к.т.н., доц., О.П. Шовкун ст.викл., В.П. Пісціо ст.викл.

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ СЕРЕДОВИЩА НА ЕЛЕКТРИЧНІ
ТА СВІТЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВІТЛОДІОДІВ**

Iryna Belyakova Ph.D., Assoc. Prof., Pavlo Maruschak Dr., Prof., Volodymyr Medvid
Ph.D., Assoc. Prof., Oleksandr Shovkun, Vadim Piscio

Ternopil Ivan Pulya National Technical University, Ukraine

**STUDY OF THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL TEMPERATURE ON THE
ELECTRICAL AND LIGHT CHARACTERISTICS OF LIGHT-LEDS**

Світлодіодні джерела світла в більшості випадків використовуються в умовах зміни температурного режиму їх роботи. Тому метою досліджень був аналіз впливу температури на світлові параметри світлодіодів.

Для цього була створена установка, зображена на рис. 1. Термостабільна камера «TERMOSTAT» використовувалася для зміни температури та вимірювання освітленості світлодіоду, розташованого в середині камери на тримачі.

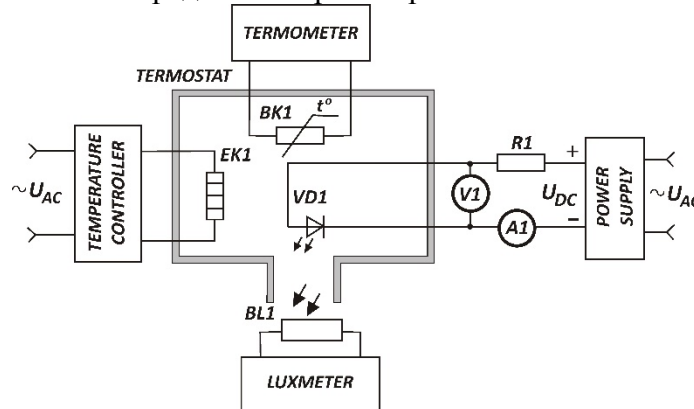


Рисунок 1. Блок-схема експериментальної установки

Температура змінювалася в діапазоні $+20...+60^{\circ}\text{C}$ нагрівачем *EK1*, охолоджувалася припливом повітря зовні за допомогою вентилятора. *BK1*- електронний термометр, *BL1*- люксметр. Для зменшення інструментальної похибки вимірювань використовувалися відносні одиниці отриманих результатів по відношенню до їх значень при температурі $+25^{\circ}\text{C}$.

Досліджувалися характеристики світлодіодів *smd2835* та *smd5050* при їх живленні від джерела постійної напруги. Світлодіод розміщувався в термостаті (рис. 1), напругою U_{DC} на виході *POWER SUPPLY* змінювалися струм та напруга на світлодіоді. Вимірювалися значення температури середовища T_c , напруги на світлодіодах U_d , струму через світлодіоди I_d , освітленості E при температурі від $+20$ до $+60^{\circ}\text{C}$ з кроком $+5^{\circ}\text{C}$. Відносні значення освітленості $E/E_{25^{\circ}}$ ($E_{25^{\circ}}$ –освітленість при температурі $+25^{\circ}\text{C}$) порівнювалися до відносних значень відповідних їм світлових потоків $\Phi/\Phi_{25^{\circ}}$ ($E=\Phi/A$,

Φ - світловий потік при заданій температурі, Φ_{25}° – світловий потік при температурі $+25^{\circ}\text{C}$, A – площа освітлюваної поверхні).

Вимірювалися параметри світлодіодів при незмінному значенні струму. Отримані температурні залежності для світлодіоду smd2835 представлені на рис. 2, де I_{d0} –струм, U_{d0} –напруга, Φ_0 –світловий потік, а $I_{d025^{\circ}\text{C}}$, $U_{d025^{\circ}\text{C}}$ та $\Phi_{025^{\circ}\text{C}}$ – відповідно, номінальний струм, номінальна напруга та номінальний світловий потік при температурі середовища $T_c=+25^{\circ}\text{C}$. З графіків видно, що напруга зменшується при $+60^{\circ}\text{C}$ до 3%, світловий потік спадає до 12%, а світлова віддача зменшується на 10% відносно значення при $+25^{\circ}\text{C}$.

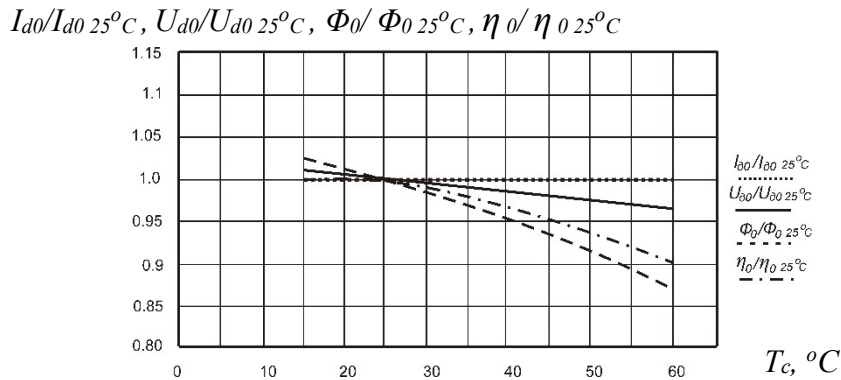


Рисунок 2. Залежності $I_{d0}/I_{d0\ 25^{\circ}\text{C}}, U_{d0}/U_{d0\ 25^{\circ}\text{C}}, \Phi_0/\Phi_{0\ 25^{\circ}\text{C}}$ та $\eta_0/\eta_{0\ 25^{\circ}\text{C}}$ від температури T_c для світлодіоду smd 2835. $I_{d025^{\circ}\text{C}}=50\text{mA}=\text{const}$

Вимірювалися також параметри світлодіодів при незмінному значенні напруги на світлодіоді smd2835 (рис. 3). Струм із збільшенням температури при $+60^{\circ}\text{C}$ зростає до 25%, а світловий потік в діапазоні температур $+20\dots+60^{\circ}\text{C}$ майже не змінюється. Його падіння при $+60^{\circ}\text{C}$ є не більшим за 1,5%.

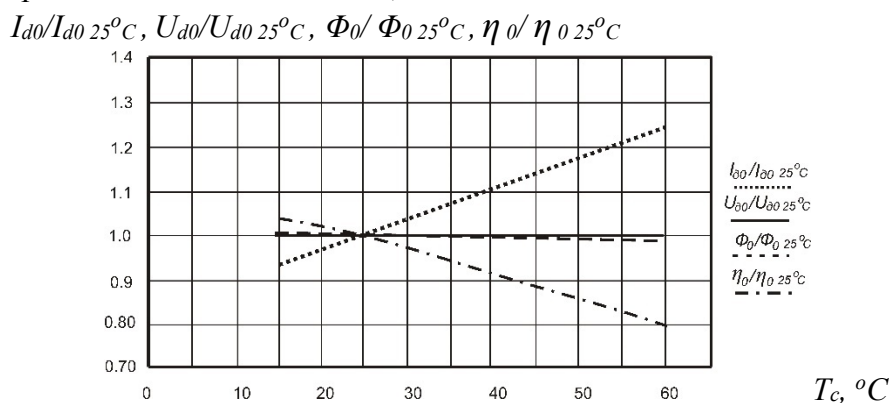


Рисунок 3. Залежності $I_{d0}/I_{d0\ 25^{\circ}\text{C}}, U_{d0}/U_{d0\ 25^{\circ}\text{C}}, \Phi_0/\Phi_{0\ 25^{\circ}\text{C}}$ та $\eta_0/\eta_{0\ 25^{\circ}\text{C}}$ від температури T_c для світлодіоду SMD2835. $U_{d025^{\circ}\text{C}}=18,5\text{V}=\text{const}$

Схожі з електричними та світловими характеристиками для світлодіоду smd2835 отримано залежності і для світлодіоду smd5050.

Дослідження світлодіодів smd2835 та smd5050 показали, що при незмінному значенні струму напруга на них з ростом температури до $+60^{\circ}\text{C}$ відносно значення при $+25^{\circ}\text{C}$ зменшується на 1,5%, світловий потік спадає на 10%, а світлова віддача зменшується на 8%. При незмінному значенні прямої напруги світлодіодів струм при $+60^{\circ}\text{C}$ зростає на 20%, світловий потік падає на 1,5%, а світлова віддача - на 26 %.

Література

1. Belyakova, I.; Piscio, V.; Maruschak, P.; Shovkun, O.; Medvid, V.; Markovych, M. Operation of Electronic Devices for Controlling Led Light Sources when the Environment Temperature Changes. *Appl. Syst. Innov.* 2023, 6, 57. <https://doi.org/10.3390/asi6030057>.

УДК 621.365

О. С. Кондратюк

ВИКЛИКИ ТА ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ В ЕНЕРГОСИСТЕМУ УКРАЇНИ

О. Kondratiuk

CHALLENGES AND ISSUES OF IMPLEMENTING SMART GRID INTO THE ENERGY SYSTEM OF UKRAINE

Україна, як і багато інших країн, стикається з викликами модернізації своєї енергетичної системи для забезпечення сталого, ефективного та безпечного енергопостачання в умовах швидкого технологічного прогресу та зростаючих вимог споживачів. У цьому контексті концепція Smart Grid (інтелектуальна електрична мережа) стає важливим напрямком розвитку, спрямованим на оптимізацію управління, підвищення енергоефективності та інтеграцію відновлюваних джерел енергії.

Сучасна розумна мережа повинна інтегрувати передові технології зондування, методи контролю та інтегровані комунікації в діючу електромережу рівні передачі та розподілу енергії. Метою роботи є висвітлення прогалин, що перешкоджають впровадженню та вдосконаленню енергозберігаючих Smart Grid технологій в Україні. Обмежуючі фактори для технологічної трансформації є переважно технічними, однак свою роль відіграють також частини соціального, економічного, політичного та культурного середовищ, в яких технології розробляються, поширюються та використовуються.

У світі ж цю проблему досліджували Light Zaglago, Frank-K. Dzokoto and Lynda Ankrah у статті Challenges to Smart Grid Technology, де оцінено основні виклики розумних мереж. Деякі з проблем перетинаються з поточним розвитком цієї технології в Україні. Щодо українських науковців, то Черемісін М. М., Мелконова І. В. зосередили свій погляд на напрямках розвитку Smart Grid технологій, та аналізу стану й перспектив Smart Grid технологій в Україні відповідно.

Отже, Smart Grid - це концепція мережі, що складається з інформаційно-керуючих систем і має на меті забезпечити ряд завдань:

- інтеграцію існуючих видів генерації та споживання в єдину систему, для подальшого керування попитом електроенергії відповідно до роботи енергосистеми;
- зміну режимів роботи мережі, в залежності до поточних умов, для попередження виникнення аварій у системі;
- зменшення втрат у системі;
- запровадження самодіагностики і самовідновлення мережі для покращення надійності та якості енергосистеми.

Загальнонаціональна стратегія розвитку Smart Grid в Україні передбачає поетапне впровадження та поширення інтелектуальних технологій у всіх галузях енергетики з метою підвищення ефективності та стабільності енергопостачання, що є важливим кроком у розвитку сучасної енергетичної системи.

Однак, варто врахувати, що нова технологія має ряд проблем та викликів, які чекають на вирішення:

1. Наявність застарілої інфраструктури: впровадження інтелектуальних електричних мереж стикається з викликом модернізації застарілих мереж, що потребує значних інвестицій та часу.

2. Бюрократичні перешкоди: впровадження нових технологій у сферу енергетики супроводжується складнощами у зв'язку із законодавчою базою та недостатньою гнучкістю регулятивної політики.
3. Недостатня кваліфікація персоналу: робота інтелектуальних електричних мереж потребує висококваліфікованого персоналу, але в Україні є недостатньою кількістю фахівців, які володіють необхідними навичками та знаннями. Основою для цієї проблеми є недофінансування освітніх процесів, що призводить до навчання на застарілому обладнанні.
4. Забезпечення кібербезпеки: інтелектуальні електричні мережі базуються на оброці та передачі інформації. Це підвищує загрозу кібератак та порушень інформаційної безпеки, що вимагає розробки та впровадження ефективних заходів захисту.
5. Фінансові аспекти: перехід до інтелектуальних електричних мереж потребує значних інвестицій як у впровадження нових технологій, так і в модернізацію існуючих мереж, що може бути складно здійснити без фінансування та інвестиційної підтримки.
6. Проблеми сумісності: в процесі реалізації інтелектуальних електричних мереж можуть виникати проблеми зі сумісністю різних технологій та пристроїв, що може стати перешкодою для їх ефективного функціонування.
7. Соціальні аспекти: впровадження нових технологій може вплинути на робочі місця та соціально-економічну ситуацію населення, що вимагає уважного соціального планування та впровадження компенсаційних заходів.

Незважаючи на наявні проблеми та виклики, дослідження в цьому напрямку допоможуть збалансувати потреби енергії для споживачів, збільшити енергоефективність мережі, забезпечуючи стабільну роботу енергетичного сектору України. Щоб подолати труднощі важливо проводити освітні кампанії для користувачів та професіоналів щодо переваг використання розумних мереж, створити інноваційні стимули, такі як гранти та конкурси, для стимулювання досліджень та розробок у цій галузі. Необхідно розробити стратегію, яка визначатиме пріоритети та напрями розвитку технологій в Україні. Ці кроки можуть допомогти Україні успішно інтегрувати розумні мережі та відкрити нові можливості для розвитку міст та суспільства в цілому

Література.

1. Light Zaglago. Frank-K. Dzokoto and Lynda Ankrah., Member, IAENG. Challenges to Smart Grid Technology // WCE 2021, July 7-9, 2021, London, U.K.
2. Черемісін М. М. Основні напрями розвитку та впровадження інформаційних технологій на базі платформи Smart Grid / М. М. Черемісін, В. В. Черкашина, О. В. Омеляненко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. – Харків : [ХНТУСГ], 2019. – Вип. 203 : Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – С. 8–11.
3. Мелконова І. В. Аналіз стану та перспективи впровадження Smart Grid в енергетиці України [Текст] / І. В. Мелконова, Ю. А. Романченко // Сучасні електромеханічні та інформаційні системи : монографія / за заг. ред. І. В. Панасюка. - Київ : КНУТД, 2021. - С. 39-43.
4. Каргалапов, К., & Чижевський, В. (2020). РОЗПОДІЛЕНА ГЕНЕРАЦІЯ ТА SMART GRID. ЛОГОС. ОНЛАЙН. <https://doi.org/10.36074/2663-4139.16.08>

УДК 620.9

Боднарчук А.П., асистент кафедри ЕЕМ,

Гоцуляк М.М., магістр кафедри ЕЕМ

Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу
м. Івано-Франківськ, Україна

ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА І МАЙБУТНЄ УКРАЇНИ

«Труднощі не в тому, щоб знайти нові ідеї,
а в тому, щоб звільнитися від старих».

Джон Мейнард Кейнс

Сьогодення нашої держави пов'язане з тим, що необхідно шукати заміну російським енергоресурсам і українська влада нібито демонструє позитивний «зворотний зв'язок». Ще у 1921 році Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, спільно з міжнародними партнерами, розробило проєкт «Дорожньої карти виробництва та використання водню в Україні». На думку Міжнародного енергетичного агентства Україна має великий потенціал розвитку відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), в тому числі і у сфері видобутку водню.

Проводячи аналіз минулого і спостерігаючи за розвитком багатьох держав можна зробити висновок, що деякі досягнення з розвитку водневої енергетики відбулися б і в нашій країні. І якщо б не воєнні дії, то Україна значно б випередила інші країни. Оскільки, водень - це енергоносіє (як, наприклад, електрика), а не основне джерело енергії (як, наприклад, вугілля). Використання водню як палива позитивно вплине на енергетичну безпеку, екологію та економічне зростання. Водень може стати повноцінною альтернативою нафті. Наприклад, Ісландія зобов'язалась стати першою у світі країною, що повністю забезпечить свої енергетичні потреби за допомогою водневої енергетики до 2050 року. Підтвердженням теорії про наявність реального водню в землі є те, що в Малі у Західній Африці уже працюють 22 свердловини. Вони шукали воду, а виявили, що пішов водень чистотою десь 98% [1].

Воднева енергетика лише зароджується в світі, причому – в найбільш розвинених країнах. Сьогодні їхні уряди активно інвестують у розробки технологічних моделей водневої енергетики. Багато й українських вчених висувають різноманітні теорії про те, що структура землі в західній Україні дуже схожа по структурі та за хімічним складом гірських порід й по віку, як в Малі. Але це все треба перевірити методом буріння. Якщо теорія підтвердиться – це буде переворот в українській енергетиці. Але, там є ще і інша складніша сторона: цей водень треба зберігати, транспортувати. Ми переконані, що це питання буде вирішене тільки зупиняється воєнні дії і держава зможе виділяти кошти на розробку сучасних проєктів. Отже, труднощі не тільки в тому, щоб знайти нові ідеї, а ще й в тому, щоб мати можливість їх реалізувати. Тобто, для досліджень необхідно відповідні кошти, а також уже виникає потреба готувати майбутніх спеціалістів. Викладачі нашої кафедри наголошують студентам про майбутнє України і ознайомлюють їх з «паливом майбутнього». Студенти готують реферати на теми «зеленої енергетики», що надає їм можливість більш глибоко ознайомлюватися із майбутньою енергетикою України.

В деяких розвинутих країнах, наприклад, в Німеччині, ще в 2018 р. потяги на водні розпочали регулярні перевезення. Зараз у цій країні розглядається можливість використання водневого палива для повітряного й водного транспорту. Німеччина – одна з перших держав у світі, яка затвердила національну Водневу стратегію, що передбачає державне фінансування в 9 млрд євро на реалізацію низки пілотних проєктів.

У контексті розвитку водневої енергетики, Європейський Союз – покладає вагомий сподівання й на Україну. Єврокомісія визначила нашу державу як пріоритетного партнера в «Ініціативі зеленого водню для європейського зеленого курсу 2 x 40 ГВт». ЄС розраховує, що в Україні може бути створено 10 ГВт потужностей з виробництва екологічно-чистого водню. Планується, що 75% палива Україна експортуватиме до Європейського Союзу, решту ж використовуватиме для власних потреб [2].

Видобуток природного - геологічного, або "золотого" - водню буде екологічнішим і дешевшим, ніж виробництво "блакитного" або "зеленого". Тобто, настає період «золотого віку» [3]. І відкриті родовища «чистого водню» у світі перетворюють теорію у реальність.

Оскільки, світове споживання електроенергії до 2030 року може зрости на 77%, а разом з тим і зростатимуть викиди CO₂, в більшості випадків через будівництво нових вугільних теплових електростанцій і тому, період «золотого віку», тобто час природного - геологічного водню надає можливість зменшити викиди вуглецю і не допустити до катастрофи зміни клімату у світі.

Але, щоб в Україні перетворити мрії в реальність необхідно:

1. Прийняти відповідні нормативні документи та розробити – 5-и річну програму, як мінімум;
2. Необхідно створити науково-дослідні структурні підрозділи під керівництвом Міністерства освіти на енергетичних кафедрах з видобування, зберігання, транспортування «золотого водню»;
3. Підготувати відповідні кадри, використовуючи бази енергетичних кафедр;
4. Скоригувати «Енергетичну стратегію України на період до 2030 р.» – з урахуванням загальносвітового запиту на водневу енергетику і кліматичну нейтральність;
5. Створити науковий центр для вивчення можливості використання національної ГТС для транспортування водню до Європи, оскільки, переобладнання газотранспортної мережі та сховищ для зберігання водню дозволить Україні зберегти своє значення, як країни-транзитера енергоресурсів у ХХІ столітті, а також надасть можливість підвищити економічний потенціал держави.

ЛІТЕРАТУРА

1. <https://suspilne.media/rivne/11130-cistij-voden-na-rivnensini-so-mav-na-uvazi-naukovec-ozvucuuci-sensaciu/>.
2. <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3315760-vodneva-energetika-v-ukraini-lise-na-rivni-rozmov-a-ci-realno.html>
3. <https://interfax.com.ua/news/greendeal/968208.html>
4. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/78cbeab9-9d13-4f0c-b8fb-a87c26ddc239/content>

УДК 621.31

В.П.Коваль¹, к.т.н. доц.; Д.Ф.Паловці¹, Abul Kalam Azad², к.т.н. проф.

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

²Universiti Brunei Darussalam Faculty of Integrated Technologies, Brunei.

ФОТОЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ

V.P. Koval¹, Ph.D., Assoc. Prof.; D.F.Palovci¹, Abul Kalam Azad², Assoc Prof Dr

¹Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ukraine

²Universiti Brunei Darussalam Faculty of Integrated Technologies, Brunei.

A PHOTOVOLTAIC POWER PLANT TO COVER OWN NEEDS

Енергосистема України піддається постійним обстрілам, що є причиною аварійного та планового відключення електропостачання для споживачів. Тому спорудження індивідуальних фотоелектричних електростанцій є не просто актуальним але і необхідним.

Вважається, що електростанція потужністю 2-4 кВт може перекрити власні потреби типового домогосподарства. Тому нами було спроектовано та змонтовано фотоелектричну електростанцію потужністю 2,2 кВт у с. Петриків Тернопільського р-ну. Вона складається із 8 монокристалічних панелей (рис.1) по 280 Вт змонтованих на даху будинку під кутом 30 ° до горизонту і спрямованих у південному напрямку [1].



Рисунок 1 – Фотоелектричні панелі на даху будинку



Рисунок 2 - Інвертор MUST PV18-5248 PRO

Фотоелектрична станція працює на основі гібридного інвертора MUST PV18-5248 PRO (рис. 2), номінальною потужністю 5200 Вт по навантаженню і піковій 10400 Вт. Він функціонально працює із трьома джерелами енергії: фотоелектрика, акумулятор і мережа. Значною перевагою є функція підмішування енергії. 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 у фотоелектричній станції.

Номінальна напруга акумулятора для інвертора 48 В, а діапазон роботи від 40,8 до 58,4 В і програмно передбачено робота із різними типами акумуляторів включаючи

Li-ion. Технічно є можливість підключити до 5 кВт фотоелектричних панелей через один стрінг. На рис.2 зображено сам інвертор та ввід від фотоелектричних модулів. Для захисту від імпульсних перенапруг з боку фотоелектричних панелей встановлено ПЗП, запобіжники та автоматичний вимикач на постійну напругу.

Інвертор MUST PV18-5248 PRO має зручне інформаційне табло та даталогер, який через Wi-fi модуль передає статистичні дані про роботу енергосистеми до програмного застосунку на планшеті із системою Android.

В результаті тестування даної системи отримано графіки навантаження будинку, залежність поступлення сонячної енергії від пори року. В результаті систематизації графіків навантаження встановлено декілька «фаз життя» для побутового будинку: нічний, ранковий, денний і вечірній періоди (рис. 3).

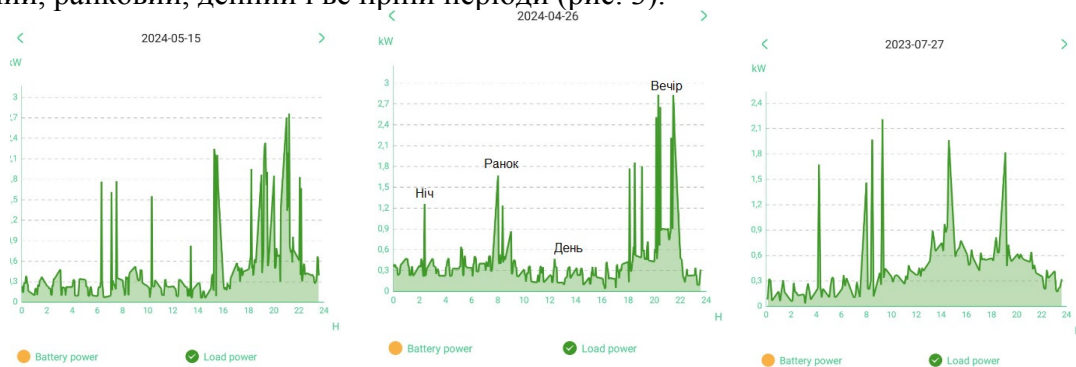


Рисунок 3 – Експериментальні рафіки навантаження



Рисунок 4 – Експериментальні рафіки генерації

В результаті проведених експериментів можна зробити наступні висновки. Щодо ефективності генерування енергії від сонячного випромінювання то найбільш сприятливими виявилися місяці квітень та травень. В цей час система генерувала у піку більше ніж встановлена потужність (рис. 4). Це пояснюється тим, що температура панелей в цей час була нижчою ніж це визначено нормами випробувань і тому фотоелектричні панелі мали дещо більшу ефективність [2]. На противагу цього в жаркі місяці ефективність падала. Генерація також залежить значно від хмарності. Так в хмарний день зимою система генерувала біля 7 % від встановленої потужності.

Література

1. Коваль В. П. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей / В. П. Коваль, Р. Р. Івасечко, К. М. Козак // Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2015. – № 3. – С. 2-10
2. Коваль В.П. Автоматизована вимірювальна установка для дослідження електричних характеристик фотоелектричних модулів / В.П. Коваль, Б.Я. Оробчук, Я.М. Осадца, Л.М. Костик // Вісник Хмельницького національного університету – 2022. - №5. – С.168–173.

УДК 621.311

Б. Оробчук¹ – канд. техн. наук, доцент, Б. Радахевич², Й. Хейкенс³

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

²Інженер, керівник відділу МТП ТОВ «НВП «Теплобак» (м. Тернопіль), Україна

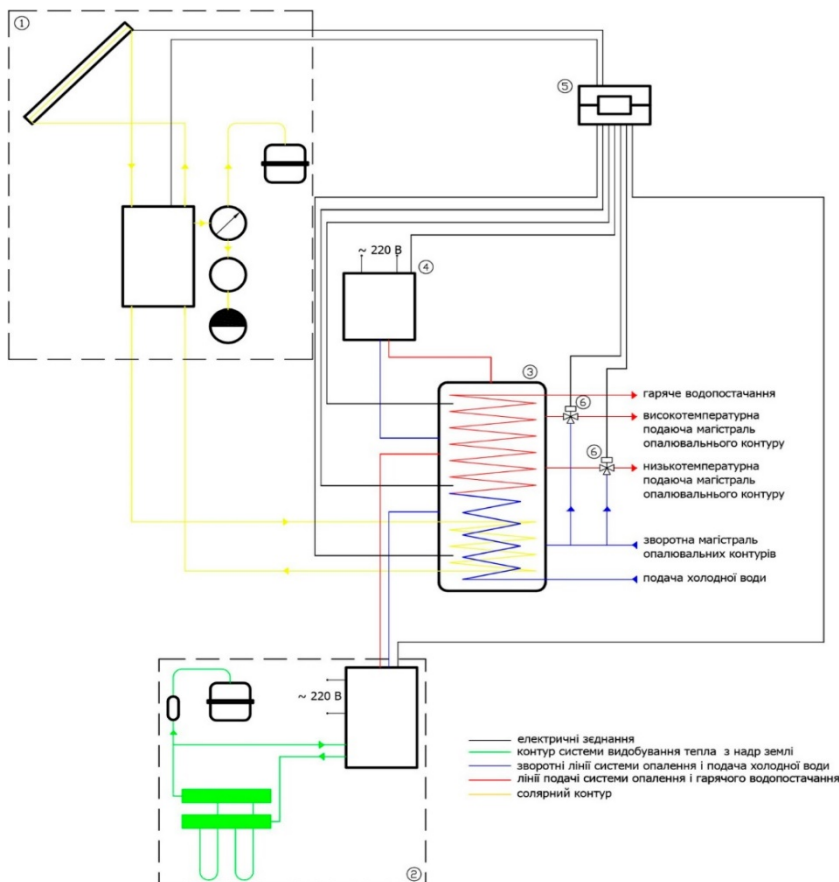
³Директор, інженер Компанії «ЕнерджиБай» (Гронінген, м. Стадсканал), Нідерланди

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГІБРИДНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ.

B. Orobchuk - Ph.D., Assoc., Prof., B. Radakhevych, J. Heikens

INCREASING THE EFFICIENCY OF HYBRID ENERGY SYSTEMS FOR THE HEAT SUPPLY OF AN INDIVIDUAL RESIDENTIAL BUILDING. CONSTRUCTIVE SOLUTIONS

Використання нетрадиційних поновлюваних джерел енергії, зокрема енергії сонця, надр землі, низькопотенційного тепла повітря стало дієвою альтернативою в галузі теплоенергетики, в тому числі і побутової. Однак, застосування сонячних колекторів та теплових насосів в гібридних системах теплопостачання поставило задачі правильного поєднання таких енергетичних установок в єдиній системі із забезпеченням максимально ефективного використання альтернативних джерел [1]. Як відомо, для узгодження в часі генерацію та споживання енергії використовуються теплові акумулятори та водонагрівачі, що забезпечують процеси накопичення, зберігання та передачі теплової енергії



споживачу (опалювання та гаряче водопостачання (ГВП)) [2].

На базі МТП ТОВ «НВП «Теплобак» у співпраці з кафедрою електричної інженерії ТНТУ ім. І. Пулюя було розроблено проєкт використання комбінованого трирівневого водонагрівача 3, у якому зведено воедино всі вище вказані процеси (рис.1). Таке приєднання енергетичних установок забезпечує оптимальну температурну стратифікацію (розширення) теплоносія та узгодження почерговості запуску всіх теплогенераторів. Як бачимо, передбачено три температурні рівні.

Нижній температурний рівень призначений для нагріву теплоносія від геліосистеми 1. Якщо тепла, зібраного сонячними колекторами, не достатньо, то блок керування системою (БКС) 5 запускає в роботу тепловий насос 2, який догріває другу (середню) зону до температури біля 50-55°C. Якщо система потребує вищої температури теплоносія (зазвичай це необхідно для ГВП), то БКС запускає в роботу електричний нагрівач 4 для нагріву теплоносія в третій (верхній зоні) до заданої.

З іншого боку, приєднання різних за температурою споживачів дозволяє максимально ефективно використовувати тепло різного температурного потенціалу. Застосування термозмішувальних клапанів 6 виключає надлишкове перемішування теплоносія в баку комбінованого водонагрівача. Нагрівання гарячої води (ГВП) відбувається у теплообміннику змієвикового типу, що проходить знизу вгору по усьому об'єму бака водонагрівача; при цьому, холодна вода, проходячи через теплообмінник, поступово нагрівається, і так само поступово рівномірно охолоджує всі температурні рівні в баку.

Окремо було виконано дослідження теплопередачі від геліосистеми до комбінованого водонагрівача. Кількість, яку можна передати від геліосистеми через теплообмінник, прямопропорційно залежить від середнього температурного напору $\Delta t_{ср}$ в зоні теплообмінника (рис. 2) [3]. А з графіку на рис. 3 бачимо, що високого значення середнього температурного напору можна досягти, забезпечивши максимально низьку температуру в нижній частині комбінованого водонагрівача. В нашій системі цього досягаємо за рахунок приєднання трубопроводу холодної води.

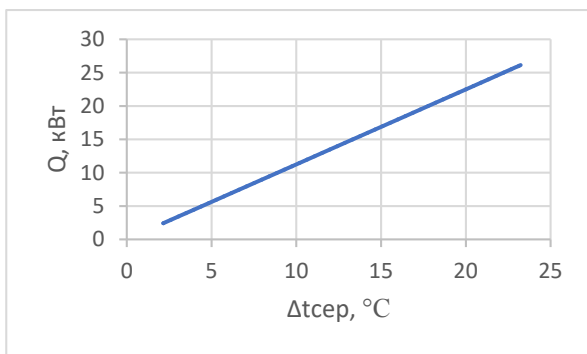


Рисунок 2. Залежність кількості теплової енергії Q_d , переданої геліосистемою від значення середнього температурного напору $\Delta t_{ср}$.

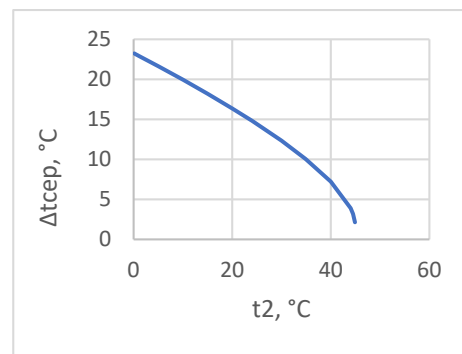


Рисунок 3. Залежність середнього температурного напору $\Delta t_{ср}$ від температури в нижній зоні водопідігрівача t_2 .

Отже, ефективність використання енергетичних установок на альтернативних відновлюваних джерелах прямо залежить від конструктивної реалізації гібридної системи теплопостачання, узгодження роботи таких установок між собою, а також від правильно організованого процесу споживання теплової енергії. За рахунок запропонованого конструктиву водопідігрівача досягаємо максимально можливої передачі теплової енергії від геліосистеми.

Література

1. Радакевич Б.І. Розробка гібридної енергетичної системи теплозабезпечення індивідуального житлового будинку. <http://pinchukfund.org/zavtra/uk/scholars/2009>
2. Оробчук Б. Козбур І. Використання низькопотенціальної енергії в енергоощадних системах теплопостачання / IV Міжнародна науково-технічна конференція «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми перспективи». – ТНТУ ім. І. Пулюя, 2012
3. Бекман Г., Гіллі П. Теплове акумулювання енергії: Пер. з англ. – М.: Мір, 2017, 272 с.

УДК 620.91

Дзюбановська Лілія, Подоляк Тетяна

Тернопільський Національний Технічний Університет імені Івана Пулюя.

НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ: ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА

Dziubanovska Liliia, Podoliak Tetiana

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

NON-TRADITIONAL ENERGY SOURCES: GEOTHERMAL ENERGY

Зміни клімату та виснаження традиційних джерел енергії ставлять перед людством нагальні питання про пошук нових, екологічно чистих та надійних джерел енергії. Геотермальна енергія виступає однією з можливих відповідей на ці виклики. Вона є відновлюваною, постійно доступною та екологічно безпечною. Крім того, геотермальна енергетика має потенціал для зменшення залежності від викопних палив і зниження викидів парникових газів, що робить її важливою складовою у глобальному переході до стійкої енергетичної системи.

Геотермальна енергія є електроенергією, виробленою з геотермальних ресурсів. Для її отримання використовуються електростанції з сухим паром, флеш-паром і бінарним циклом. Станом на 2010 рік, геотермальна електроенергія вироблялася в 26 країнах. Станом на 2019 рік, загальна встановлена потужність геотермальної енергії в усьому світі становила 15,4 гігават (ГВт), з яких 23,86%, або 3,68 ГВт, припадало на Сполучені Штати [1].

Геотермальна енергія забезпечує значну частку електроенергії в таких країнах, як Ісландія, Сальвадор, Кенія, Філіппіни та Нова Зеландія. Геотермальна енергія вважається відновлюваною, оскільки рівень вилучення тепла є незначним у порівнянні з теплоємністю Землі. Викиди парникових газів геотермальних електростанцій складають у середньому 45 грамів вуглекислого газу на кіловат-годину електроенергії, що становить менше 5% від викидів вугільних [2].

Геотермальна енергія є однією з найбільш перспективних нетрадиційних джерел енергії. Геотермальні ресурси являють собою резервуари гарячої води, які існують природно або створені штучно на різних глибинах під землею поверхнею. За допомогою свердловин, глибиною від кількох футів до кількох миль, можна отримати доступ до цих резервуарів, добуваючи пару та дуже гарячу воду. Ця енергія може використовуватися для різних цілей, таких як опалення будівель, виробництво електроенергії, а також у промислових процесах.

Виробництво електроенергії. Глибоко під землею наявність гарячих порід, рідини та проникності (здатність цієї рідини рухатися між скельними породами) створюють умови для виробництва електроенергії. Використовуючи природну або створену людиною проникність і тріщини, геотермальна рідина тече крізь гарячі породи, поглинаючи тепло від каміння. Цю нагріту рідину можна підняти на поверхню Землі через свердловини. Після цього теплова енергія перетворюється на пару, яка приводить у дію турбіни, що генерують електроенергію.

Процес геотермального виробництва електроенергії включає декілька ключових етапів: буріння свердловин до геотермальних резервуарів, транспортування гарячої рідини на поверхню, перетворення теплової енергії на механічну за допомогою турбін та генераторів, і, нарешті, конверсію механічної енергії в електричну. Цей метод має значний потенціал для забезпечення стабільного та екологічно чистого джерела енергії,

що особливо важливо в контексті глобального переходу до відновлюваних джерел енергії.

Опалення та охолодження. Геотермальні ресурси, такі як природні підземні резервуари гарячої води або стабільна температура під поверхнею, можна використовувати для обігріву та охолодження будівель [3]. Геотермальні теплові насоси (GHPs) забезпечують опалення та охолодження, використовуючи землю як тепловий резервуар, поглинаючи надлишкове тепло, коли температура над землею висока, і як джерело тепла, коли температура над землею низька.

Пряме використання. У програмах прямого використання геотермальної енергії використовуються глибокі свердловини, значно глибші, ніж для теплових насосів, для забору гарячої води з надр землі з метою безпосереднього забезпечення гарячою водою будівель, опалення приміщень або надання тепла для промислових процесів. Ці процеси включають вирощування риби, підтримку теплиць, сушіння целюлози, паперу, пиломатеріалів та інших матеріалів.

Переваги геотермальної енергії. Геотермальна енергія є відновлюваною, оскільки тепло, що витікає з надр Землі, постійно поповнюється розпадом природних радіоактивних елементів і залишатиметься доступним протягом мільярдів років. Вона забезпечує надійність і гнучкість, оскільки геотермальні електростанції постійно виробляють електроенергію та можуть працювати практично 24 години на добу, 7 днів на тиждень, незалежно від погодних умов.

Використання внутрішніх геотермальних ресурсів США дозволяє виробляти електроенергію, опалення та охолодження без необхідності імпорту палива. Геотермальні електростанції та геотермальні теплові насоси є компактними: геотермальні електростанції використовують менше землі на гігават-годину (404 м²), ніж вугільні (3642 м²), вітрові (1335 м²) і сонячні фотоелектричні (PV) електростанції (3237 м²). Геотермальні теплові насоси можна модернізувати або інтегрувати в нові будівлі [4].

Висновок. Зміни клімату та виснаження традиційних джерел енергії ставлять перед людством нагальні питання про пошук нових, екологічно чистих та надійних джерел енергії. Геотермальна енергія виступає однією з можливих відповідей на ці виклики. Вона є відновлюваною, постійно доступною та екологічно безпечною. Крім того, геотермальна енергетика має потенціал для зменшення залежності від викопних палив і зниження викидів парникових газів, що робить її важливою складовою у глобальному переході до стійкої енергетичної системи.

Література

1. H. Kristmannsdóttir and H. Ármannsson, “Environmental aspects of geothermal energy utilization,” *Geothermics*, vol. 32, no. 4–6, pp. 451–461, Aug. 2003, doi: 10.1016/S0375-6505(03)00052-X.
2. M. Soltani *et al.*, “Environmental, economic, and social impacts of geothermal energy systems,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 140, p. 110750, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.110750.
3. R. Archer, “Geothermal Energy,” in *Future Energy*, Elsevier, 2020, pp. 431–445. doi: 10.1016/B978-0-08-102886-5.00020-7.
4. F. Dalla Longa, L. P. Nogueira, J. Limberger, J.-D. van Wees, and B. van der Zwaan, “Scenarios for geothermal energy deployment in Europe,” *Energy*, vol. 206, p. 118060, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.energy.2020.118060.

УДК 662.769.2

І.М. Сарняк, В.І. Гетманюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ ЕЛЕКТРОЛІЗІ ВОДНЮ ЗА РАХУНОК ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ОСАДЖУВАННЯ ПОВЕРХНІ ЕЛЕКТРОДІВ

I.M. Sarniak, V.I. Hetmaniuk

REDUCTION OF ELECTRICITY LOSSES DURING HYDROGEN ELECTROLYSIS DUE TO ELECTROCHEMICAL DEPOSITION OF THE ELECTRODE SURFACE

Зростання кількості енергетичних установок, що використовують джерела відновлюваної енергії, які входять до складу систем енергопостачання на регіональному, національному та міжнародному рівнях України потребує все більшої уваги технологій перетворення і зберігання енергії, щоб компенсувати її коливання та збалансувати надлишок і дефіцит згідно з потребами енергетичного ринку.

Генерація водню і кисню – це одна з технологій, яка може забезпечити зберігання великої кількості енергії у вигляді водню під високим тиском і використання його як екологічного палива для автотранспорту. Порівняно з іншими методами отримання водню, електроліз відрізняється простотою технологічної схеми, можливістю ефективного використання відновлювальних джерел енергії, доступністю сировини і відносною легкістю обслуговування енергетичних установок. Істотним недоліком електрохімічного методу отримання водню є велика енергоємність процесу розкладання води [1].

Одним з шляхів зменшення затрат електричної енергії при електролізі водню є зменшення перенапруг катодного та анодного процесів. Перенапруга анодного виділення кисню при електролізі водних розчинів складає значну частину загальної напруги на електролізі і суттєво впливає на затрати електроенергії.

Для зниження катодної та анодної перенапруг при одержанні водню електролізом лужного розчину використовують різні методи модифікації поверхні електродів. В цій роботі для поверхневого модифікування сталевих (12X18H10T) та нікелевих електродів запропоновано електрохімічно осаджувати на них тонкі нікелеві покриття з сульфатно-хлоридного електроліту, в якому створена суспензія подрібнених оксидів ванадію, ніобію або танталу.

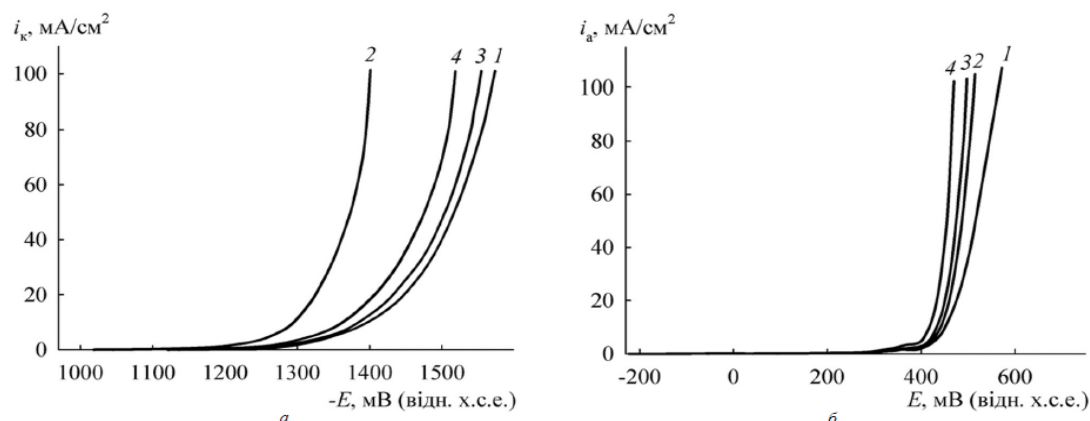
В якості базового нікелевого електроліту був використаний сульфатно-хлоридний електроліт наступного складу (г/л): $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -310, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -50, H_3BO_3 -40, рН 3,5. Нікель осаджували з такого електроліту при густині катодного струму 30 mA/cm^2 і температурі 60°C . Катодами були пластини зі сталі 12X18H10T або нікелю.

Для осадження композиційних нікелевих покриттів в нікелевий електроліт добавили подрібнені порошки оксидів в кількості 5 г/л. Під час електролізу електроліт перемішували за допомогою магнітної мішалки. Випробували густини струму $20\text{-}200 \text{ mA/cm}^2$ при тривалості електролізу 1-30 хв. і температурі електроліту $50\text{-}60^\circ\text{C}$.

Порівняльні дослідження катодного виділення водню та анодного виділення кисню з 30% розчину КОН ($25\text{-}75^\circ\text{C}$) на електродах, поверхнево модифікованих композиційними нікелевими покриттями та нікелевим покриттям без включень, виконали за допомогою методу повільних поляризаційних кривих із застосуванням потенціостата-гальваностата IPC-Pro M.

На рис. 1 показано катодні та анодні поляризаційні криві, одержані на сталевих електродах, електрохімічно покритих нікелем з електроліту, що містив оксиди V, Nb або Ta. Видно, що виділення водню на електродах, покритих нікелем з включеннями оксидів,

відбувалось при менш негативних, а виділення кисню при менш позитивних потенціалах, ніж на електродах, покритих нікелем із електроліту без добавок оксидів.



**Рис.1. Потенціодинамічні катодні(а) та анодні (б) поляризаційні криві, одержані в 30% розчині КОН (25С) на сталевих електродах поверхнево модифікованих:
1 – Ni, 2 – Ni + V₂O₅, 3 – Ni + Nb₂O₅, 4 – Ni + Ta₂O₅.**

Також на властивості електролітичних покриттів може впливати матеріал основи електрода. Тому були співставлені поляризаційні криві виділення водню з лужного розчину на сталевому та нікелевому електродах, покритих електролітичним нікелем з електроліту і встановлено, що на нікелевому катоді, поверхню якого модифіковано даним покриттям, виділення водню відбувалось при менш негативних потенціалах, ніж на сталевому електроді з таким же покриттям, однак різниця в потенціалах виділення водню була невелика і, наприклад, при густині струму 80 мА/см² складала лише 30 мВ.

Для в'яснення впливу матеріалу електродної основи на закономірності анодного виділення кисню на модифікованих електродах, були співставлені анодні поляризаційні криві, одержані на сталевому та нікелевому електродах, покритих нікелем з включеннями пентаоксиду ніобію. Виявилось, що виділення кисню на нікелевих поверхнево модифікованих електродах відбувається при більш позитивних потенціалах, ніж на сталевих електродах. Різниця в потенціалах виділення кисню на таких електродах складає 119 мВ при густині струму 70 мА/см² і температурі електроліту 55°С.

Таким чином, модифікування поверхні сталевих електродів тонкими електролітичними покриттями нікелю з включеннями оксидів V, Nb або Ta дає можливість значно підвищити каталітичну активність цих електродів при одержанні водню та кисню з води електролізом лужного розчину. Заміна сталевий електродної основи на нікелеву не приводить до суттєвої зміни потенціалів виділення водню [2].

Література

1. Сучасний стан і перспективи розвитку водневої енергетики у світі https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2021/5_2021/32.pdf

2. Куций А.В., Машкова Н.В., Манілевич Ф.Д., Козін Л.Х. Закономірності виділення водню на сталевих катодах, поверхнево модифікованих пентаоксидом ніобію, при електролізі лужного розчину // Український хімічний журнал. - 2013.-Т. 79, № 3.-С. 45-50.

УДК 338.45 : 664.6

О. О. Вакуленко, головний енергетик, О. С. Журавель, головний менеджер
ТОВ «Тернопільхлібпром», м. Тернопіль, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

О. О. Vakulenko, chief energy engineer, O. S. Zhuravel, chief manager
ENERGY EFFICIENCY INCREASE OF THE BAKERY PRODUCTS
PRODUCTION

Хлібопекарська промисловість є важливою складовою продовольчого комплексу України, яка виробляє майже 10% продукції харчової промисловості. На даний час спостерігається уповільнення темпів зростання обсягів реалізованої продукції у порівнянні з відповідними показниками підприємств харчової промисловості, від’ємний фінансовий результат діяльності хлібопекарських підприємств [1].

Розвиток ринку хлібобулочних виробів відбувається в основному за рахунок зростання попиту на нетрадиційні та нові сорти хліба з більш складною рецептурою, в той час як частка споживання так званого «соціального» хліба досить стабільна протягом кількох років і становить близько 50%.

Характеризуючи вітчизняний ринок хлібобулочних виробів, можна стверджувати, що на ньому працюють як великі промислові підприємства (стаціонарні хлібокомбінати та хлібозаводи), підприємства середньої потужності, так і малі підприємства, міні-пекарні та цехи. Порівняння фактичних обсягів виробництва і обсягів споживання свідчить, що близько 40% спожитої продукції виробляється офіційно промисловими хлібозаводами, а понад 60% обсягів споживання залишаються поза статистичною звітністю і ця частка щороку збільшується [2].

Енергоефективність виробництва хлібобулочних виробів таких порівняно потужних підприємств як ТОВ «Тернопільхлібпром» опинилась в заручниках ринкових коливань цін на основні енергоносії та складники хлібопродукції. Так, крім зростання витрат на газ і електроенергію, зросли ціни на допоміжну сировину (зокрема, дріжджі та сіль), транспортні витрати (зростання цін на бензин), а головне - зросли ціни на основну сировину - борошно (до (20 ... 30)%).

Найбільш гострою проблемою галузі є технічне переоснащення основного виробництва. До прикладу, хлібопекарські печі старої конструкції витрачають на випікання хлібобулочних виробів у (2 ... 3) рази більше газу, ніж печі сучасних конструкцій. У цих умовах, зважаючи на стратегічну важливість для держави даного виду харчового продукту, стала б актуальною державна підтримка промислових хлібопекарських підприємств.

На підприємстві для вироблення і подачі водяної пари у розстоювальні шафи та печі для випікання хлібобулочних виробів використовуються парогенератори електродні типу АПЕ 200/07-АГ потужністю 200 кВт й максимальною продуктивністю пари 250 кг/год. Середньодобові витрати електроенергії при роботі двох парогенераторів на печі складають (500 ... 700) кВт·год, що в підсумку на місяць становить до третини витрати електроенергії підприємством.

Зважаючи на дефіцит електроенергії та її зростаючу вартість, для підвищення енергоефективності й зменшення енергозалежності підприємства при виробництві даного виду продукту можливе таке технічне рішення: встановлення двох твердопаливних парогенераторів, до прикладу, типу «WICHLACZ Wp» потужністю 120 кВт та продуктивністю пари 200 кг/год. з тиском 3 атм. За умови стабільного газопостачання й нинішнього паритету цін між електроенергією та газом технічним

рішенням з позитивним ефектом було б встановлення, до прикладу, одного газового парогенератора типу CERTUSS-350 потужністю 200 кВт та продуктивністю пари 350 кг/год. з тиском до 5 атм. Розрахунки показують економічний ефект на рівні (1000 ... 1500) тис. грн./рік з терміном окупності цих варіантів - (1,5 ... 2,5) роки.

Іншим, не менш важливим в енергетичному відношенні заходом створення комфортного середовища на робочих місцях і підвищення продуктивності праці є їх освітлення. Згідно нормативу ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Ч.1. Внутрішні робочі місця» для подібних виробництв із загальним спостереженням за ходом виробничого процесу освітленість повинна бути на рівні 200 лк. Ефективність від економії електроенергії від заміни малоефективних світлових приладів з люмінесцентними лампами, а подекуди з лампами розжарення, на високоефективні світлодіодні сягає величини (120 ... 130) тис. грн. з терміном окупності (1,5 ... 2,0) роки. Це без урахування витрат на утилізацію цих ламп.

Слід зазначити, що підвищення енергоефективності та рентабельності хлібопекарських підприємств методом зниження витрат на виробництво хліба в багатьох випадках є проблематичним, т. я. коливання цін на хліб та хлібобулочні вироби точно повторюють коливання цін на борошно і зернові культури. Так, у собівартості хлібів з борошна першого гатунку та з суміші пшеничного й житнього борошна 60% становлять витрати на його придбання, витрати на паливо - 6%, заробітну плату - 4%, електроенергію - 2%, інші витрати в сукупності - 28% [2].

Хлібопекарське виробництво відноситься до групи крупних споживачів паливно-енергетичних ресурсів із значним потенціалом теплової енергії, що знаходиться у готовій та проміжній продукції, відходах тощо. У середньому для випічки 1 т хліба необхідно (50 ... 65) кг умовного палива. З цієї кількості палива корисно використовується тільки (30 ... 32)%. З продуктами згоряння в атмосферу виноситься від 30% до 60% всієї теплоти.

Теплову енергію, що підлягає переробці у ході виробництва хлібобулочних виробів, поділяють на чотири групи: тепло відхідних газів та рідин (димових газів, тепло води та технологічних рідин і готових продуктів); тепло відпрацьованої пари парогенераторних установок та вторинна пара теплових технологічних установок (випарні установки, ректифікаційні апарати, сушарки, пара випаровування); тепло горючих відходів; тепло, що знаходиться в кінцевих продуктах та відходах виробництва (тепло готового хліба, гаряче повітря з вентиляції гарячих цехів тощо). Ця теплова енергія може бути використана в якості вторинних теплових енергоресурсів на таких трьох рівнях: внутрішні (всередині цеху, всередині технології), зовнішні (опалення, теплопостачання), комбіновані. Вітчизняний та зарубіжний досвід свідчить про те, що вартість зекономленої енергії при реконструкції теплових установок в (3 ... 5) разів менша, ніж енергії нових установок аналогічної продуктивності [3].

При виробництві хлібобулочних виробів ефективними є такі заходи: рециркуляція вихідних газів хлібопекарних печей економить до 15% палива; парогенератори на вихідних газах та теплоутилізатори - до 20% палива та ін.

Література

1. Жамойда А. А. Ринковий потенціал хлібопекарської промисловості // Економічний вісник Донбасу. – 2009. - №1 (15). – С. 123–128.
2. Корнійчук А. А. Аналіз стану та перспектив розвитку підприємств хлібопекарської галузі Житомирської області // Соціально-економічні проблеми і держава. - 2013. - Вип. 2 (9). - С. 67–74.
3. Майстренко Н. Ю. Резерви використання вторинних теплових енергетичних ресурсів у харчовій промисловості України // Проблеми загальної енергетики. - 2013. - Вип. 2 (33). - С. 43–48.

УДК 620.91

В.І. Гетманюк, І.М. Сарняк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЛОКАЛЬНИХ СПОЖИВАЧІВ

Volodymyr Hetmaniuk, Ihor Sarnyak

ANALYSIS OF THE ENERGY EFFICIENCY OF USING RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR ELECTRICITY SUPPLY TO LOCAL CONSUMERS

Енергія з відновлювальних джерел стає все більш важливим джерелом для електро-постачання локальних споживачів, оскільки вона дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел енергії та сприяє екологічній стабільності. Ефективність використання таких джерел, як сонячна, вітрова, гідроелектрична та біоенергетика, безпосередньо впливає на зниження викидів вуглекислого газу, що сприяє боротьбі з глобальним потеплінням [1].

Технологічні досягнення в області відновлювальної енергетики призводять до підвищення ефективності виробництва енергії та зниження витрат на її генерацію. Локальні споживачі, включаючи приватні домогосподарства та малі підприємства, отримують можливість використовувати мікрогенерацію для задоволення власних енергетичних потреб, що сприяє незалежності та стабільності енергопостачання. Крім того, впровадження систем зберігання енергії, таких як акумулятори, дозволяє зберігати надлишкову енергію, забезпечуючи безперервність електропостачання навіть у разі відсутності сонця або вітру.

В Україні реалізуються успішні проекти з використанням відновлювальних джерел енергії для локального електропостачання. Сонячна електростанція «Старокостянтинів» (Хмельницька область) – один з найбільших проектів в Україні, що використовує сонячну енергію. Станція забезпечує електроенергією тисячі домогосподарств, зменшуючи залежність від традиційних джерел енергії [2].



Рисунок 1 – Сонячна електростанція Старокозаче

Сонячна електростанція «Старокозаче» в Одеській області забезпечує успішне використання місцевих ресурсів та сприяє розвитку інфраструктури в регіоні (рис.1) [3].

Ботієвська вітрова електростанція – це найбільша вітрова електростанція України.

Будівництво відбувалось у дві черги: в грудні 2012 року було запущено 30 агрегатів, в квітні 2014 року – ще 35. Потужність станції дозволяє забезпечити електроенергією південь Запорізької області, а раніше – частину Криму до анексії. Станція дозволяє знизити шкідливі викиди в атмосфері на 730

тис т вуглекислого газу, що прирівнюється до викидів 365 тисяч машин щороку. За 20 років експлуатації електростанції можна буде заощадити 34,8 млн т вугілля, які б знадобилися для роботи теплових електростанцій (рис.2).



Рисунок 2 – Ботієвська вітрова електростанція потужністю 200 МВт

На Приморській ВЕС вперше в Україні застосована інноваційна технологія цифрової підстанції. Станція дозволить збільшити виробництво зеленої електроенергії в Україні на 650-700 мільйонів кВт·годин щорічно [4]. Біогазова установка розташована на території ПАТ «Теофіпольський цукровий завод» (сmt. Теофіполь, Хмельницька область). Вихідною сировиною для виробництва біогазу є побічні продукти цукрових заводів та тваринницьких підприємств: целюлоза цукрового буряку та гній відповідно, а також силос. Біогазова установка повністю забезпечена сировиною та працює безперебійно, використовуючи унікальну технологію реакторів із великим навантаженням. Близько 90% виробленої електроенергії продається в електромережу за «зеленим» тарифом; решта використовується для власних потреб підприємства. Вироблене тепло використовується для опалення теплиць, адміністративних будівель та гуртожитків.

Успішні проекти з використання відновлювальної енергії для локального електропостачання демонструють різноманітність підходів та технологій, що можуть бути адаптовані до конкретних умов кожного регіону. Вони не лише забезпечують енергетичну незалежність та сталість, але й сприяють економічному та соціальному розвитку місцевих громад.

Важливим аспектом є також державна підтримка у вигляді субсидій та пільгових тарифів, що стимулює розвиток відновлювальної енергетики та робить її більш доступною для широкого кола споживачів. Тому відновлювальна енергія не лише сприяє економічній вигоді, але й покращує екологічну ситуацію, роблячи її стратегічно важливим елементом сучасної енергетичної політики.

Література

1. В.А. Маляренко, Л.В. Лисак Енергетика, довідник, енергозбереження. /Під заг. ред. проф. В. А. Маляренка, Х.: Рубікон, 2004. – 368 с.
2. https://ye.ua/syspilstvo/38057_Na_Starokostyantynivschini_zapracuyivali_dvi_sonyachni_elektrostanciyi.html
3. https://panorama.if.ua/2023/06/na-prykarpatti-pratsiuie-ponad-100-promyslovykh-soniachnykh-elektrostantsii/#google_vignette
4. <https://shotam.info/vitrova-enerhetyka-v-ukraini-7-naypotuzhnishykh-stantsiy/>

УДК 621.3

Руслан ЗАВЕРУХА доктор філософії, Марія КОТИК, Владислав ДОЛЬНИЙ
Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

КЕРУВАННЯ СВІТЛОДІОДНИМ ОСВІТЛЕННЯМ ФАР АВТОМОБІЛІВ

Ruslan Zaveruha doctor of Phillosophy, Maria KOTYK, Vladyslav DOLNYI

CONTROL OF LED HEADLIGHTS OF VEHICLES

Автовиробники розширюють безпеку, зручність і зовнішній вигляд нових моделей, розширюючи внутрішнє освітлення. Дизайнери мають більше можливостей диференціювати свою продукцію, скориставшись свободою дизайну, яку забезпечують світлодіоди. Подібно до зовнішніх, внутрішні ліхтарі схильні до різних перехідних процесів, присутніх на лініях постійного струму автомобіля. Крім того, вони повинні мати низьке споживання електроенергії в стані спокою, щоб не розряджати акумулятор під час тривалої стоянки [1].

Автомобільні зовнішні освітлювальні пристрої є важливими підсистемами транспортного засобу.

Стоп-сигнали, світлові індикатори та ліхтарі заднього ходу можуть мати один світлодіодний модуль або ж окремі. Вони є критично важливі для безпеки і повинні бути надійними, однак можуть мати нижчу ефективність, оскільки не працюють протягом тривалого часу [2].

Передні фари (ближнє, дальнє світло та протитуманні фари) і задні ліхтарі є критично важливими для безпеки, вони повинні працювати надійно та ефективно, оскільки фари можуть горіти протягом кількох годин. Автомобільна система розподілу постійного струму зазнає великих коливань, від старої батареї в холодну погоду до пуску від нової батареї з більш високою номінальною напругою та перехідними процесами від різних переривчастих навантажень [35]. Якщо використовується інтегрована світлодіодна система, то світлодіоди можуть плавати відносно потенціалу шасі автомобіля. З іншого боку, зовнішнє розташування вимагає двох або більше провідників між світлодіодним драйвером і світлодіодним модулем. Потрібно, щоб зворотний провід залишався на напрузі шасі. Це виключає несправність при короткому замиканні на кузов автомобіля.

Денні ходові вогні використовують той самий світлодіодний модуль, що й передні фари, які приводяться в рух меншим струмом. Вони також повинні бути ефективними, однак вимоги до надійності можуть бути менш жорсткими в порівнянні з передніми фарами.

Освітлювальні прилади на основі світлодіодів набирають популярності у автомобілебудуванні. Одним із таких застосувань світлодіодів як джерела світла є функція автомобільних задніх ліхтарів і стоп-сигналів. Світлодіодне світло стає яскравим, коли водій натискає на гальма, а в протилежному випадку приглушується для функції задніх ліхтарів. Цього можна досягти за допомогою функцій затемнення.

На рисунку 1 представлена структурна схема для керування світлодіодними фарами в автомобілі.

На рисунку 1 представлено світлодіодний драйвер з ШІМ. Даний світлодіодний драйвер представляє собою електронну схему, що подає струм на світлодіод, отримує широтно-імпульсний модульований (ШІМ) сигнал від схеми таймера. Шпаруватість цього ШІМ-сигналу контролює середній струм, керований світлодіодним драйвером у світлодіоді, який, у свою чергу, контролює яскравість світла, що випромінює

світлодіодне джерело світла. Тому випромінювання від світлодіода стає яскравим, коли водій натискає на гальма. Інженери-конструктори електроніки зазвичай генерують ШІМ сигнал за допомогою таймера 555 Integrated Circuit (IC) ТІ, який є популярною мікросхемою в багатьох галузях промисловості.

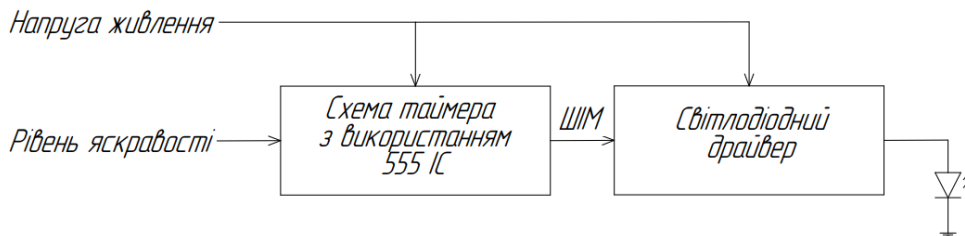


Рисунок 1. Структурна схема для керування світлодіодними фарами в автомобілі

Недоліком ШІМ-сигналів на основі таймера 555 є точність робочого циклу. Параметри мікросхем таймера 555, що впливають на робочий цикл, варіюються від деталі до частини, а це означає, що шпаруватість, яка генерується одним таймером 555 IC може не збігатися з робочим циклом, створюваним іншим 555 IC, навіть якщо значення кожного компонента в конструкції ідентичні. В автомобілі це означає, що яскравість лівого заднього ліхтаря може відрізнитися від правого. Проте завдяки проведеним дослідженням є вирішення даної проблеми. Одним із підходів до створення точного ШІМ-сигналу робочого циклу є заміна мікроконтролера 555 на мікроконтролер, який використовує кристал як джерело тактової частоти. Однак це рішення передбачає використання більш дорогих комплектуючих та програмного забезпечення. Також існує ще один спосіб вирішення даної проблеми. Він полягає в калібруванні яскравості задніх ліхтарів під час виготовлення, що вимагає додаткового часу виробництва та збільшення загальної вартості продукту.

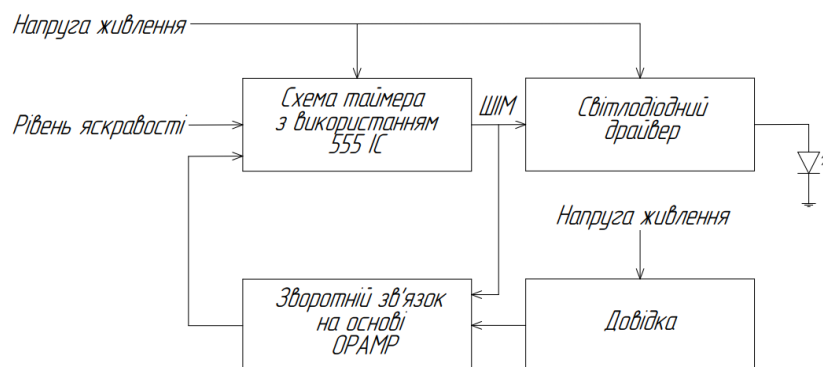


Рисунок 2. Структурна схема з зворотнім зв'язком для керування світлодіодними фарами в автомобілі

Проаналізовано та представлено використання зворотного зв'язку (рисунок 2). Ідея полягає в порівнянні робочого циклу ШІМ і точного еталону та відрегулюванні виходу схеми таймера. Дане рішення є економічно вигідним та перспективним напрямком для подальших досліджень.

Література

1. С. Мукерджі, В. Юсефзаде, А. Сепакханд, М. Доші та Д. Максимович, «Двоступеневий автомобільний світлодіодний драйвер із кількома виходами», *IEEE Trans. Power Electron.*, том 36, No 12, с. 14175-14186, грудень 2021 р.
2. К. Макаланда, «Основи автомобільних світлодіодних схем драйверів», 2019

УДК 621.3

В.В. Іванунь¹, Я.О. Філюк¹, к.т.н., Veena Raj², проф.

¹Тернопільський Національний Технічний Університет імені І. Пулюя

²Universiti Brunei Darussalam Faculty of Integrated Technologies, Brunei.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНОЇ СВІТЛОТЕХНІКИ

V. V. Ivanun¹, Y.O. Filiuk¹, Ph.D., Veena Raj², Dr

¹Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

²Universiti Brunei Darussalam Faculty of Integrated Technologies, Brunei.

WAYS OF INCREASING ENERGY EFFICIENCY AND RELIABILITY OF AUTOMOTIVE LIGHTING

Важливим елементом автомобільного транспорту є його світлотехнічна система, яка включає світлові прилади ближнього і дальнього світла ходові вогні переднього та заднього ходу протитуманні світлотехнічні засоби. Для забезпечення необхідного рівня освітлення проїжджої частини в системі зовнішнього освітлення використовувалися лампи розжарення та ксенонові газорозрядні лампи. Більшість автомобілів укомплектовані ксеноновими лампами. Перевагою ксенонових газорозрядних ламп є їх висока яскравість, що гарантує безпеку для водіїв в нічну годину та при поганих метеорологічних умовах. Також спектральний склад світлового потоку близький сонячного випромінювання, що забезпечує кращі умови для людського зору. Також слід віднести до недоліків, вигорання ксенонових ламп після кількох років використання, що проявляється у втраті їх яскравості.

На заміну галогенним та ксеноновим лампам в автомобільній світлотехніці інтенсивно впроваджуються світлодіодні джерела світла. Основною їхньою перевагою є їх енергоощадність з високим коефіцієнтом корисної дії і тривалим терміном експлуатації, який близький до терміну експлуатації самого автомобіля. На відміну від газорозрядних ламп, для живлення світлодіодів використовується низьковольтне імпульсне живлення з широтою модуляцією імпульсів. В автомобільній оптиці світлодіодні лампи впроваджуються для ближнього та дальнього світла, стопів та поворотів, підсвічування салону, приладової панелі та інших частин автомобіля.

Суттєвою перевагою світлодіодних ламп є їх енергоощадність, що проявляється в тому, що вони не вимагають перерозподілу палива і не перевантажують бортову мережу. Їх коефіцієнт корисної дії досягає 80%, що переважає всі інші джерела світла. Світлодіодна оптика генерує яскравий білий світловий потік до 3500 люмен, не спостерігається вигорання протягом всього терміну служби, який складає близько 50 000 годин.

Світлодіодні лампи володіють високою надійністю, завдяки їх вібростійкості, що є важливо при їзді по нерівній дорозі. Також вони не містять для навколишнього середовища шкідливих речовин, таких як ртуть, а їх спектр не має ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання.

Таким чином основним напрямком удосконалення та подальшого розвитку автомобільної світлотехніки є впровадження світлодіодних джерел світла.

Література

1. Andriychuk, V.A., Kostyk, L.M., Filiuk, Y.O., Ю Nakonechnyi, M.S.. Research of transient processes in an electric circuit with a led. Tekhnichna Elektrodynamika. 2024. No. 2, Pp. 87-93.

УДК 621.224-225.12; 621.311.2.21

М.М. Зінь, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

Ю.Б. Підгайний

Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне),
Україна

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ У ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ

M.M. Zin, Ph.D., Assoc. Prof., Y.B. Pidhainyi

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF ENERGY IN THE TERNOPIL REGION

На сьогоднішній день електроенергетика України переживає найважчі у своїй історії часи. Це пов'язано з військовим станом і безперервними цілеспрямованими ракетно-дроновими атаками, яких зазнають вітчизняні ТЕС, ГЕС, електричні підстанції та інша енергетична інфраструктура. Теплоенергетика нашої держави станом на травень 2024 року зруйнована на понад 90 %. Каховська ГЕС ще у минулому 2023 році знищена на 100 % з неможливістю відновлення. Не працює ДніпроГЕС – ракетні удари повністю зруйнували його машинну залу. Наша країна у навіть у теплий період 2024 року відчуває гострий дефіцит електроенергії, діють вимушені віялові відключення електрики у всіх областях. З настанням осінньо-зимового періоду, коли попит на енергію зростає, ситуація з електропостачанням суттєво погіршиться.

Важкі часи породжують нові ідеї. Це стосується, зокрема, також і енергетики. Один з перспективних напрямків її розвитку – децентралізація генерування електроенергії. Мова йде про спорудження великої кількості електростанцій малої потужності – переважно таких, які працюють з використанням відновлюваних джерел енергії. Такі енергетичні об'єкти будуть менш вразливими до терористичних атак країною-агресором, тому що їх буде багато і ворог буде сумніватися у доцільності нанесення ракетного удару по кожному окремому з них.

Другий напрямок розвитку енергетики на сучасному етапі – створення регіональних енергетичних хабів. Наприклад, Тернопільський енергетичний хаб міг би забезпечувати електричною енергією Тернопільську область. На сьогоднішній день Тернопільщина забезпечує себе електроенергією на 80 % від загальних потреб. В області діють переважно сонячні (СЕС), вітрові (ВЕС) та гідравлічні (ГЕС) електростанції. Всі вони приєднані до енергетичної системи України. Але у Тернопільській області практично відсутні регульовальні енергетичні потужності, які б забезпечували покриття графіків споживання електричної енергії – як добових, так і сезонних. З цього випливають основні завдання розвитку регіональної електроенергетики України на сучасному етапі:

1. Спорудження нових ВЕС, СЕС, малих ГЕС, малих ТЕЦ, які працюють на відходах сільського, лісового та житлово-комунального господарства, а також електрогенерувальних об'єктів, що використовують інші відновлювані джерела енергії.

2. Спорудження енергоакумулювальних об'єктів, які б погоджували між собою графіки виробництва і споживання електроенергії. В умовах переважно рівнинної Тернопільської області традиційне гідравлічне акумулювання енергії реалізувати складно, однак варто звернути увагу на сучасні електрохімічні накопичувачі електроенергії відносно великої ємності і потужності, що використовують іонно-літійові акумулятори і штучний інтелект.

Втілення у життя окреслених шляхів розвитку енергетики дозволить забезпечити необхідною кількістю енергії всіх споживачів у наш непростий час.

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

В.А. Андрійчук, Л.М. Костик, М.С. Наконечний, Я.О. Філюк, к.т.н КІНЕТИКА СПАДАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ ПРИ ІМПУЛЬСНОМУ ЖИВЛЕННІ СВІТЛОДІОДІВ	5
Л. А. НАЗАРЕНКО, А. І. КОЛЕСНИК. ПРО КОЛІРНЕ ОСВІТЛЕННЯ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА	7
Г.М. Кожушко, Т. В. Сахно, В. І. Назаренко ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ З ВРАХУВАННЯМ НЕВІЗУАЛЬНИХ ВПЛИВІВ СВІТЛА	9
В.І. Корнага, Д.В. Пекур, В.М. Сорокін ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА БАЛАНСУВАННЯ LiFePO ₄ АКУМУЛЯТОРІВ	10
А. Kizlova ВКЛЮЧЕННЯ ВОСКРЕСЕНСЬКОЇ ЦЕРКВИ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖУ КИЄВО- ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ НА ПОЧАТКУ ХХ СТ	12
С.М. Герц, І.І. Войтюк МАЙСТЕР-ПЛАН ОСВІТЛЕННЯ МІСТА ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ УРБАНІСТИКИ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В МУНІЦИПАЛЬНІЙ СФЕРІ	14
О.В. Кумчик ВПЛИВ РОЗВИТКУ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА НА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА ПРОСУВАННЯ СВІЛОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ. ОСНОВНІ ТРЕНДИ РИНКУ LED-ОСВІТЛЕННЯ.	16
Я.М. Осадца, Р.Б. Кріль, І.Р. Козак АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМАМИ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ м. ТЕРНОПОЛЯ	18
О.В. Понтус, Р.А. Карпишин, В.П.Коваль ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВВЕДЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ ПРОМИСЛОВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	19

СЕКЦІЙНІ ЗАСІДАННЯ

**ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ СВІЛОТЕХНІКИ І ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ.
КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ У СВІЛОТЕХНІЦІ Й ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ.
ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ГЕНЕРУВАННЯ СВІТЛА ТА ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ДЖЕРЕЛА
ВИПРОМІНЮВАННЯ. ОПРОМІНЮВАЛЬНІ УСТАНОВКИ В ПРОМИСЛОВОСТІ,
СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ, МЕДИЦИНІ.**

В. Лазарюк, Н.Куземко ІДЕЇ ПУЛЮЮ В ІНЖЕНЕРІЇ ПЕРШИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ В ЄВРОПІ	22
Д. А. Баб'як METHODS FOR IMPROVING THE PROPERTIES OF TITANIUM CARBIDE-BASED YFRD ALLOYS USING NANOCOMPONENTS IN ELECTRICAL ENGINEERING	24
В. С. Закордонць, О. Я. Копча СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРИ СВІТЛОДІОДНИХ МАТРИЦЬ АКУМУЛЯТОРАМИ ТЕПЛА	26

В. С. Закордонець, О. Я. Копча ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНИХ МАТРИЦЬ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИМИ МОДУЛЯМИ	27
В.Р. Kovalyuk; V.S. Mocharskyi; R. Ya. Kushnir; O.A. Sitkar PURULENT SKIN DAMAGE TREATMENT WITH HELP OF LASER RADIATION	28
Я.О. Філюк, Р.І. Михайлишин, М.І. Котик, М.С. Наконечний МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ УСТАНОВКАМИ ЗМІННОГО ОПРОМІНЕННЯ	29
В.І. Крочак ВИКОРИСТАННЯ ТРИГОНОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ ДРОСЕЛЯ НАСИЧЕННЯ У КОМП'ЮТЕРНІЙ СИМУЛЯЦІЇ СХЕМИ ЄНСЕНА	31
М.О.Коваль ОГЛЯД ТА ВАЖЛИВІСТЬ СИСТЕМ НА ОСНОВІ LI-FI	33
А.А. Микитишин, Д.І. Яцишин, Р.З. Золотий РОЗВИТОК АВТОМАТИЗАЦІЇ КІБЕРБЕЗПЕКИ В ПРОТИДІЇ КІБЕРАТАКАМ В ЕНЕРГЕТИЦІ	34
Р.І. Королюк, І.В. Булич, М.В. Гаврилюк, І.С. Дідич СТЕНД УПРАВЛІННЯ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ З ДОПОМОГОЮ ОДНОПЛАТНОГО КОМП'ЮТЕРА RASPBERRY PI	37
Р.І. Королюк, І.В. Булич, А.М. Литвин, А.Г. Микитишин СТЕНД УПРАВЛІННЯ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ З ДОПОМОГОЮ ОДНОПЛАТНОГО КОМП'ЮТЕРА RASPBERRY PI	39
Р.І. Королюк, І.В. Булич, О.В. Смолій, А.А. Станько СТЕНД ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ СИСТЕМ КОНТРОЛЬОВАНИХ RASPBERRY PI ТА RASPBERRY PICO	40
СЕКЦІЯ Б – ВТОРИННІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ І НОРМАЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ. ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ І СИЛОВІ ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ. СИСТЕМИ ЗОВНІШНЬОГО І ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ.	
Т.Л. Киянчук; Л.М. Костик НАЛАШТУВАННЯ КОНТРОЛЮ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ	41
І.В. Мартиновський, С.І. Романюк, І.Р. Козак, І.М. Сисак, А.Я. Лещук ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО РЕМ	43
В.Б. Антимис, О.А. Буняк, к.т.н., І.Р. Козака КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СПОЖИВАЧІВ З НЕЛІНІЙНИМ НАВАНТАЖЕНН	45
С.М. Бабюк, к.т.н., М.Б. Гнилиця, І.Р. Козака АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	46

М.Г. Тарасенко, К.М. Козак ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИРОДНО ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ	47
А.М. Лупенко, Д. Чаплій ОДНОКАСКАДНИЙ СВІТЛОДІОДНИЙ ДРАЙВЕР З КОРЕКТОРОМ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ	50
Л.А. Омеіза, К.М. Козак, М.Г. Тарасенко ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ СХОДОВИХ КЛІТОК У БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКАХ	52
В.П.Коваль, О.А.Буняк, І.В.Белякова СИСТЕМА РЕЛЕЙНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ	54
І.І. Митражик, О.А. Буняк ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА АПК	56
Р. Заверуха, М. Котик, М. Берник ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	57
Р.В. Паськів, В.Я. Коненко ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ АСКОВ	59
В. Микуляк, Р.Волос ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ	61
Б.Я. Оробчук, П.П. Продан, А.Я. Лещук ПІДВИЩЕННЯ СЕЛЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АВТОМАТИКИ ПРИ ТРИВАЛИХ КОРОТКИХ ЗАМИКАННЯХ	63
Б.Я. Оробчук, О. Хоміцький, О. Зайченко, А.Я. Лещук СТАБІЛІЗАЦІЯ ЧАСТОТИ НАПРУГИ ГЕНЕРАТОРА В АВТОНОМНІЙ СИСТЕМІ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ НА БАЗІ МАЛИХ ГЕС	65
Б.Я. Оробчук, С. Дудін АДАПТАЦІЯ БЛОКУ ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕМЕТРІЇ ДО НАВЧАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО КЕРУВАННЯ	67
Б.Я. Оробчук, О. Розмірчук СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА БАЗІ НАВЧАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА	69
О.В. Соломчак, Р.Р. Семеняк, М.В. Халус НАВЧАЛЬНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД З ВИВЧЕННЯ ПРИБОРІВ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИМИ УСТАНОВКАМИ	71
О.В. Соломчак, А.О. Соломчак ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТУЖНОСТІ СПОТВОРЕННЯ СВІТИЛЬНИКІВ З ГАЗОРОЗРЯДНИМИ ЛАМПАМИ	73
Я.М. Осадца, І.В. Белякова, Я.О. Марцинюк, М.М. Турдай СВІТЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМ СВІТЛОВОЇ РЕКЛАМИ	75

М.О. Коваль АРХІТЕКТУРА ТА ПРОТОКОЛИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ В РОЗУМНОМУ МІСТІ	76
О.В. Смолій, Р.І. Королюк, А.А. Микитишин ВРАХУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ СПОЖИВАЧІВ ПОТУЖНОСТІ ПРИ РОЗРОБЦІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РЕЗЕРВНИМ ЖИВЛЕННЯМ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ	77
СЕКЦІЯ В – ВПРОВАДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ СВІЛОТЕХНІКИ І ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ. НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ	
І.В. Белякова, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, О.П. Шовкун, В.П. Пісціо ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ СЕРЕДОВИЩА НА ЕЛЕКТРИЧНІ ТА СВІТЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВІТЛОДІОДІВ	79
О.С. Кондратюк ВИКЛИКИ ТА ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ В ЕНЕРГОСИСТЕМУ УКРАЇНИ	81
А.П. Боднарчук, М.М. Гоцуляк, ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА І МАЙБУТНЄ УКРАЇНИ	83
В.П. Коваль, Д.Ф. Паловці, Abul Kalam Azad ФОТОЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ	85
Б.Я. Оробчук, Б. Радахевич, Й. Хейкенс ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГІБРИДНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ.	87
Л. Дзюбановська, Т. Подоляк НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ: ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА	89
І.М. Сарняк, В.І. Гетманюк ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ ЕЛЕКТРОЛІЗІ ВОДНЮ ЗА РАХУНОК ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ОСАДЖУВАННЯ ПОВЕРХНІ ЕЛЕКТРОДІВ	91
О. О. Вакуленко, О. С. Журавель ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ХЛІББУЛОЧНИХ ВИРОБІВ	93
В.І. Гетманюк, І.М. Сарняк АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЛОКАЛЬНИХ СПОЖИВАЧІВ	95
Р. Заверуха, М. Котик, В. Дольний КЕРУВАННЯ СВІТЛОДІОДНИМ ОСВІТЛЕННЯМ ФАР АВТОМОБІЛІВ	94
В.В. Іванунь, Я.О. Філюк, Veena Raj ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНОЇ СВІЛОТЕХНІКИ	99
М.М. Зінь, Ю.Б. Підгайний ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ У ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ	100

ISBN 978-617-7875-81-8

Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи», 29-31 травня 2024 року – Тернопіль. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2024. – 104 с.

Даний збірник містить тези пленарних і секційних матеріалів спеціалістів і наукових співробітників, представлених на VII Міжнародній науково-технічній конференції «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи», яка проводиться 29-31 травня 2024 р. в м. Тернопіль.

Робочими мовами конференції є українська та англійська

У збірник включені тези за такими напрямками:

1. Історичні аспекти світлотехніки і електроенергетики.
2. Комп'ютерні методи у світлотехніці й електроенергетиці.
3. Впровадження світлодіодних джерел світла.
4. Фізичні аспекти генерування світла та високоефективні джерела випромінювання.
5. Вторинні перетворювачі і нормалізація параметрів електроенергії.
6. Інформаційно-керуючі і силові пристрої та системи.
7. Опромінювальні установки в промисловості, сільському господарстві, медицині.
8. Системи зовнішнього і внутрішнього освітлення.
9. Метрологія, стандартизація й сертифікація у світлотехніці та електроенергетиці.
10. Екологічні проблеми сучасної світлотехніки і електроенергетики.
11. Нетрадиційні джерела енергії та енергоощадність.

ISBN 978-617-7875-81-8

