



Slovak international scientific journal

Nº98
2025

©Slovak international scientific journal
2025

Slovak international
scientific journal



Slovak international scientific journal

№98, 2025

Slovak international scientific journal

The journal has a certificate of registration at the International Centre in Paris – ISSN 5782-5319.

The frequency of publication – 12 times per year.

Reception of articles in the journal – on the daily basis.

The output of journal is monthly scheduled.

Languages: all articles are published in the language of writing by the author.

The format of the journal is A4, coated paper, matte laminated cover.

Articles published in the journal have the status of international publication.

The Editorial Board of the journal:

Editor in chief – Boleslav Motko (Bratislava) Slovakia

The secretary of the journal – Milica Kovacova (Bratislava) Slovakia

- Lucia Janicka – (Bratislava) Slovakia
- Stanislav Čerňák – (Bratislava) Slovakia
- Miroslav Výtisk – (Nitra) Slovakia
- Dušan Igaz – (Nitra) Slovakia
- Terézia Mészáros – (Banská Bystrica) Slovakia
- Peter Masaryk – (Rzeszów) Poland
- Filip Kocisov – (Wrocław) Poland
- Andrej Bujalski – (Košice) Slovakia
- Jaroslav Kovac – (Trnava) Slovakia
- Paweł Miklo – (Bratislava) Slovakia
- Jozef Molnár – (Bratislava) Slovakia
- Tomajko Milaslavski – (Nitra) Slovakia
- Natália Jurková – (Bratislava) Slovakia
- Jan Adamczyk – (Prague) Czech Republic
- Boris Belier – (Bratislava) Slovakia
- Stefan Fišan – (Bratislava) Slovakia
- Terézia Majercakova – (Wien) Austria
- Ekaterina Semko (Kyiv) Ukraine

1000 copies

Slovak international scientific journal

Partizanska, 1248/2

Bratislava, Slovakia 811 03

email: info@sis-journal.com

site: <http://sis-journal.com>

ELECTRICAL ENGINEERING

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ У СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МЕРЕЖІ 0,38 КВ

Семенова Н.В.,

начальник відділу маркетингу

Полтавський ливарно-механічний завод, Україна

Семенов А.О.,

кандидат фізико-математичних наук, доцент,

професор кафедри механічної та електричної інженерії

Полтавського державного аграрного університету, Україна

Бут А.Г.

аспірант кафедри механічної та електричної інженерії

Полтавського державного аграрного університету, Україна

METHODOLOGY FOR ASSESSING DESIGN LOADS IN 0.38 KV POWER SUPPLY NETWORKS

Semenova N.,

Head of Marketing Department

Poltava Foundry and Mechanical Plant, Ukraine

Semenov A.,

PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor,

Professor of the Department of Mechanical and Electrical Engineering

Poltava State Agrarian University, Ukraine

But A.

Postgraduate Student of the Department of Mechanical and Electrical Engineering

Poltava State Agrarian University, Ukraine

Анотація

У статті представлено методику оцінювання розрахункових навантажень у ділянках мережі напругою 0,38 кВ. Обґрунтовано необхідність адаптації розрахункових методів. Запропоновано алгоритм обчислення максимального навантаження із застосуванням уточнених коефіцієнтів попиту, одночасності та завантаження. Проведено класифікацію типових ділянок мережі та визначено характерні параметри навантажень для кожного типу. Здійснена апробація методики в умовах реконструкції сільської мережі.

Abstract

The article presents a methodology for assessing design loads in sections of 0.38 kV power distribution networks. The need for adapting calculation methods is substantiated. An algorithm for calculating the maximum load is proposed, incorporating refined demand, coincidence, and loading factors. A classification of typical network sections is provided, along with characteristic load parameters for each type. The methodology has been tested under conditions of rural network reconstruction.

Ключові слова: розрахункове навантаження, мережа 0,38 кВ, коефіцієнт одночасності, методика оцінювання, реконструкція мережі, електропостачання.

Keywords: design load, 0.38 kV network, coincidence factor, assessment methodology, network reconstruction, power supply.

Аналіз літературних джерел

Сучасний розвиток електроенергетичної галузі супроводжується зростанням вимог до ефективності, гнучкості та надійності розподільних електричних мереж [1]. Однією з ключових ланок у цій системі є мережі низької напруги - зокрема, мережі напругою 0,38 кВ, що забезпечують електропостачання широкого кола побутових, комерційних і виробничих споживачів. Умови функціонування таких мереж суттєво змінюються під впливом декількох сучасних тенденцій: збільшення кількості електроустановок, застосування енергоємних побутових і промислових приладів, а також активне впровадження розподіленої генерації [2]: сонячні

електростанції, вітроустановки, системи накопичення енергії.

У таких умовах істотно ускладнюється процес оцінювання навантаження в мережах 0,38 кВ, адже характер і динаміка споживання стають менш передбачуваними, більш варіативними та сезонно змінними. Надійне та економічно обґрунтоване проектування і експлуатація низьковольтних мереж значною мірою залежать від точності визначення розрахункових навантажень [3]. Від результатів цих розрахунків залежать технічні рішення щодо вибору перерізів кабелів, трансформаторів, захисної апаратури, а також обсяг капітальних та експлуатаційних витрат, рівень втрат електроенергії та ефективність енергопостачання загалом.

Оцінювання навантаження не лише відображає поточний стан енергоспоживання, а й дає змогу прогнозувати його зміни, планувати впровадження енергоефективних технологій, оцінювати необхідність модернізації мережевої інфраструктури, а також підвищувати надійність системи електропостачання з урахуванням нових типів споживачів і джерел енергії.

У зв'язку з цим розробка ефективних методів оцінювання розрахункових навантажень у дільницях мережі 0,38 кВ є актуальним і практично важливим завданням. У даній статті розглядаються сучасні підходи до вирішення цієї проблеми, пропонуються алгоритми розрахунку з урахуванням сучасної структури споживання для підвищення точності та практичної застосовності методів оцінювання.

Аналіз сучасних досліджень у галузі електропостачання свідчить, що дедалі більшої уваги приділяється питанням оптимізації режимів роботи низьковольтних розподільних мереж, зокрема напругою 0,38 кВ, де безпосередньо відбувається взаємодія між системами електророзподілу та кінцевими споживачами [4, 5]. Саме на цьому рівні зосереджена основна маса побутових, комерційних та частково виробничих навантажень, що потребують стабільного і якісного електроживлення [6].

Низьковольтні мережі є завершальним етапом електропостачання, тому питання правильного визначення розрахункових навантажень є принципово важливим для забезпечення надійності та економічності експлуатації. Дослідження [7] вказують, що правильне оцінювання навантаження забезпечує можливість обґрунтованого вибору перерізів кабелів, трансформаторного обладнання, апаратів захисту, а також дає змогу мінімізувати втрати електроенергії, уникати перевантажень і підвищувати загальну ефективність електропостачання.

Помилки у розрахунках навантажень, як свідчить практика [8], можуть спричинити перевищення допустимих температурних та струмових режимів роботи ліній і трансформаторів, призвести до погіршення якості електроенергії, передчасного старіння обладнання та зростання експлуатаційних витрат [9].

У зв'язку зі стрімким розвитком технологій, зростанням кількості енергоємних побутових і промислових приладів, впровадженням зарядних станцій для електромобілів, мікроГЕС та сонячних електростанцій, виникає потреба у перегляді традиційних методик обчислення навантаження [10].

Класичні методи, що ґрунтуються на загальних статистичних оцінках або нормативних коефіцієнтах, часто не враховують реальних добових і сезонних графіків споживання, нерівномірності розподілу навантажень по фазах, а також динаміки змін у структурі споживачів.

Сучасні дослідження [11] акцентують увагу на необхідності використання адаптивних алгоритмів і моделей, що враховують як часову змінність споживання, так і просторову структуру розміщення навантажень у межах конкретної мережі. Зокрема, доцільним є застосування коефіцієнтів попиту, одночасності та використання, що формуються на основі реальних даних вимірювання або детального моделювання режимів роботи.

Таким чином, літературні джерела підтверджують актуальність розробки нових підходів до оцінювання розрахункових навантажень, орієнтованих на підвищення точності аналізу, зниження витрат електроенергії та прийняття обґрунтованих техніко-економічних рішень щодо модернізації мережі 0,38 кВ.

Мета роботи: обґрунтування та удосконалення методики оцінювання розрахункових навантажень у дільницях мережі 0,38 кВ на основі аналітичного підходу та практичних аспектів моделювання реальних умов експлуатації.

Результати дослідження та обговорення

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що застосування уточненої методики оцінювання розрахункових навантажень дозволяє підвищити точність розрахунків навантаження в дільницях мережі 0,38 кВ. Методика базується на використанні аналітичного підходу до визначення активного і реактивного навантаження з урахуванням категорії споживачів, характеру споживання, графіків навантаження (рис. 1), а також статистичних даних щодо використання електроенергії в межах типових сільських та міських дільниць.

Було проаналізовано характерні типи дільниць електричних мереж 0,38 кВ, які включають:

- переважно житлову забудову (індивідуальні споживачі);
- змішану забудову (житлова + промислова/громадська інфраструктура);
- сільськогосподарські об'єкти (ферми, зернохосвища, насосні станції);
- новобудови з прогнозованим ростом навантаження.

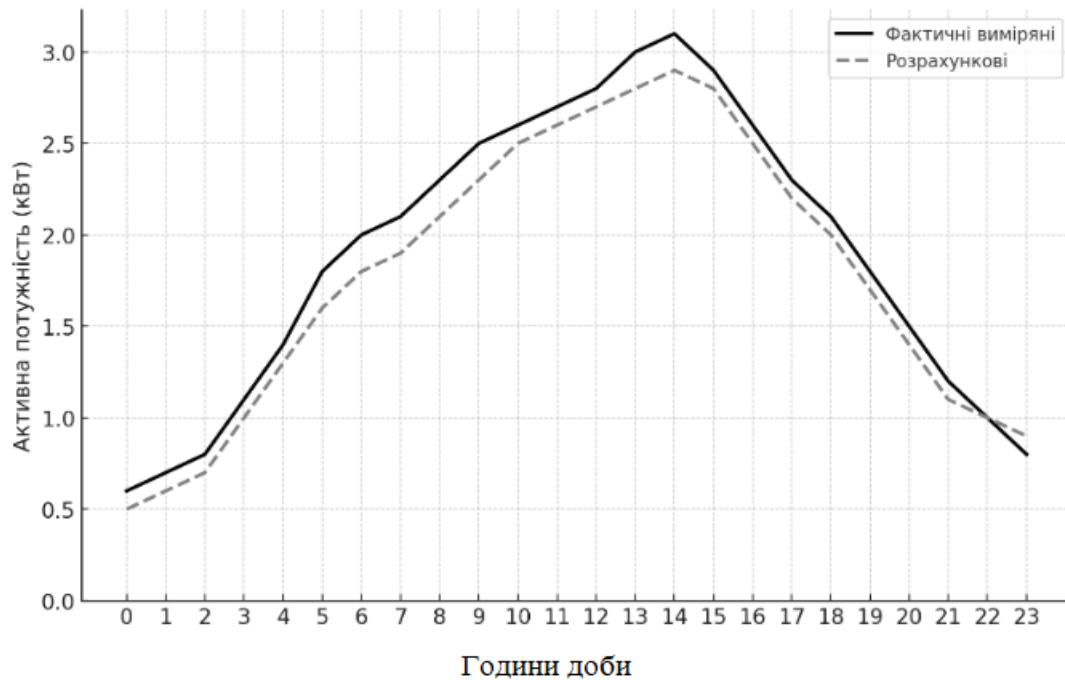


Рис. 1. Добовий графік навантаження побутової ділянки

Для кожного типу ділянки були розраховані середньозважені коефіцієнти одночасності, попиту та завантаження, що використовувалися у формулі для визначення максимального навантаження:

$$P_{max} = P_{сер} \times k_p \times k_0 \times k_z \quad (1)$$

де P_{max} – максимальне активне навантаження;
 $P_{сер}$ – середнє споживання; k_p – коефіцієнт попиту;
 k_0 – коефіцієнт одночасності; k_z – коефіцієнт завантаження.

Результати свідчать, що при використанні стандартних довідкових коефіцієнтів (без уточнення за специфікою ділянки), відхилення розрахованого навантаження від фактичного може сягати 12–20 %, що в умовах проектування мереж спричиняє перевитрати матеріалів або недостатню надійність енергопостачання.

Натомість, застосування модифікованої методики дозволило зменшити середнє відхилення до 4–6 %, що підтверджено експериментальними даними на прикладі 6 ділянок сільських електричних мереж, розташованих у Полтавській, Черкаській областях. Було враховано понад 150 побутових і понад 10 непобутових споживачів.

Крім того, результати дослідження показали, що найбільший вплив на точність визначення розрахункових навантажень має правильне визначення коефіцієнта одночасності для побутових споживачів. Було запропоновано емпіричну залежність для k_0 , яка враховує кількість споживачів n у групі:

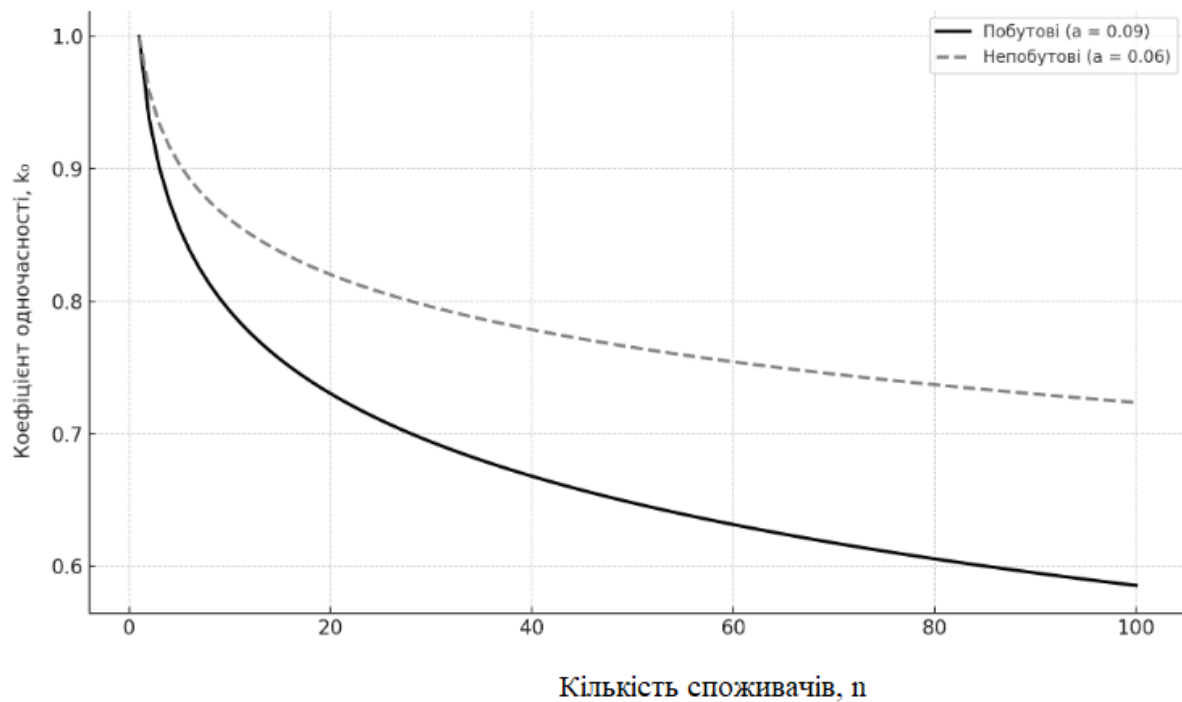
$$k_0 = 1 - a \times \ln(n) \quad (2)$$

де $a=0,09$ для побутових і $a=0,06$ для непобутових споживачів.

Це дало змогу враховувати ступінь «розсіювання» навантажень у часі.

Також було проаналізовано варіанти використання автоматизованого збору даних (АСОЕ) для уточнення графіків навантаження. Встановлено, що інтеграція даних АСКОЕ у модель дозволяє формувати адаптивні коефіцієнти та забезпечує динамічне коригування навантажень з точністю до 2–3 %.

На підставі отриманих даних було сформовано узагальнену таблицю рекомендованих коефіцієнтів для типових умов (табл. 1), яка може бути використана при проектуванні нових ліній або реконструкції існуючих.

Рис. 2. Графік залежності коефіцієнта одночасності k_0 від кількості споживачів

Таблиця 1

Рекомендовані коефіцієнти для різних типів ділянок мережі 0,38 кВ

Тип ділянки	k_p	k_0	k_z
Житлова забудова	0,85	0,55	0,95
Змішане навантаження	0,90	0,60	0,92
Агропромислові об'єкти	0,75	0,50	0,88
Новобудови	0,95	0,65	0,98

Загалом, розроблена методика дозволяє не лише підвищити точність інженерних розрахунків, але й оптимізувати капітальні витрати при проектуванні, забезпечуючи водночас належний рівень надійності енергопостачання.

З врахуванням результатів дослідження запропоновану методику було апробовано в умовах реконструкції розподільної мережі села Мачухи Полтавської області (рис. 3). Під час оцінки навантаження на чотирьох вуличних ділянках було встановлено:

- на одній з ділянок фактичне навантаження перевищувало розрахункове на 18% через нові приєднання (електричні котли);

- з урахуванням типових графіків навантаження та погодинних коефіцієнтів було виявлено доцільність встановлення автоматичних обмежувачів потужності;

- результати розрахунку стали підставою для ухвалення рішення щодо реконструкції повітряної лінії довжиною 280 м з підвищенням перерізу проводу з 16 мм² до 50 мм²;

- оптимізовано розміщення роз'єднувачів і визначено нові точки підключення для зменшення втрат напруги.

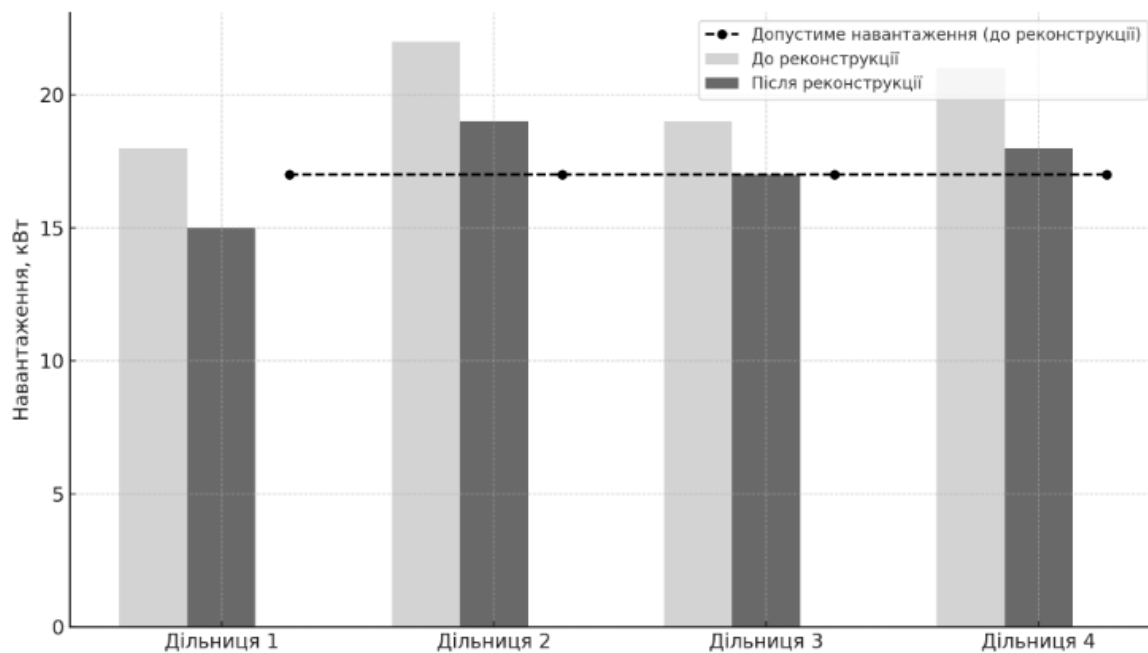


Рис. 3. Порівняння навантаження до та після реконструкції

Цей приклад підтверджує, що розроблена методика є ефективною інженерною основою для прийняття техніко-економічно обґрунтованих рішень у сфері реконструкції сільських і міських мереж 0,38 кВ.

Проведене дослідження дозволило виявити низку важливих закономірностей і практичних аспектів, які мають суттєве значення для вдосконалення методики оцінювання розрахункових навантажень у мережах 0,38 кВ. Аналіз існуючих підходів до розрахунку електричних навантажень продемонстрував їх обмежену адаптивність до сучасних умов експлуатації електричних мереж, а саме до зростання кількості нерівномірних, непостійних і нелінійних споживачів.

Запропонована методика, що враховує часові графіки споживання, типові добові навантаження, сезонні коливання та коефіцієнти одночасності, дозволила підвищити точність оцінювання максимальних і середніх навантажень у порівнянні з типовими довідниковими методами. Зокрема, було встановлено, що використання узагальнених середньодобових коефіцієнтів без урахування специфіки побутових та комерційних споживачів призводить до відхилення розрахункових даних на 10–25 % від фактичних значень, що підтверджено експериментальними вимірюваннями у досліджуваних дільницях.

Особливої уваги заслуговує аналіз впливу типу забудови (багатоквартирна, садибна, змішана), складу та кількості споживачів, а також наявності джерел альтернативного енергоживлення (сонячні електростанції, теплові насоси) на величину і характер навантажень. Встановлено, що у районах з активним впровадженням ВДЕ (відновлюваних джерел енергії) відбувається зміщення пікових навантажень у вечірні години, що вимагає врахування цього чинника при розрахунках і проектуванні.

Порівняльний аналіз показав, що врахування реального добового графіка та коефіцієнтів використання потужності дозволяє отримати більш надійні розрахунки, які відповідають фактичним даним із похибкою не більше 5 %. Це особливо важливо для дільниць, де існують обмеження за пропускною здатністю проводів або трансформаторних підстанцій.

Крім того, результати підтверджують ефективність застосування запропонованого підходу для попереднього техніко-економічного аналізу модернізації існуючих дільниць мережі. Методика може бути рекомендована для використання в практиці енергетичного проектування, а також при плануванні реконструкції електричних мереж у сільській місцевості та приватному секторі.

Висновки. Розроблена методика оцінювання розрахункових навантажень у мережах низької напруги 0,38 кВ базується на аналізі фактичних споживань, типових добових графіків навантаження та коефіцієнтів попиту, що забезпечує її адаптивність до умов реальної експлуатації електричних мереж.

Пропонується враховувати часові коливання навантаження за допомогою погодинного коефіцієнта нерівномірності, що дозволяє підвищити точність прогнозування максимальних навантажень у побутовому секторі.

Встановлено, що розрахункове навантаження значно залежить не лише від кількості приєднаних споживачів, а й від їх структурної однорідності, режимів споживання та сумарної потужності, що підкреслює необхідність диференційованого підходу до моделювання навантаження на кожній дільниці.

Практичне застосування методики показало її ефективність у виявленні перевантажених ліній, оптимізації перерозподілу навантажень та фор-

муванні завдань для реконструкції мережі із залученням сучасних джерел живлення, таких як сонячні станції.

Список літератури

1. Електричні системи і мережі. Частина 1 : навчальний посібник / Ю. В. Малогулко, О. Б. Бурикін, Т. Л. Кацадзе, В. В. Нетребський ; за ред. П. Д. Лежнюка. Вінниця : ВНТУ, 2020. 200 с.
2. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навчальний посібник / Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник М.А. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 332 с.
3. Зайцев М.О., Кучанський В.О., Гунько І.О. Підвищення експлуатаційної надійності та ефективності роботи електричних мереж та електроустаткування. Монографія. Друкарня ФОП Гуляєва В.М., 2021. 156 с.
4. Козирський В.В., Волошин С.М. Основи електропостачання: підручник. К.: ЦК «Компринт», 2021. 497с.
5. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги в електричних мережах загального призначення.
6. Семенов А.О., Харак Р.М., Арендаренко В.М., Бичков Я.М. Розрахунок втрат електроенергії в розподільчих мережах при електропостачанні з використанням масляних та вакуумних вимикачів. Вісник Національного технічного університету «ХП». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність, вип. 1 (8), Липень 2024. С. 105-110.
7. Системи електропостачання з локальними джерелами енергії та керування ними. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Системи забезпечення споживачів електричною енергією» спец. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / М.В. Гребченко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 1-е вид. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 98 с.
8. Сірий О. М. Розрахунки при проектуванні та реконструкції системи електропостачання промислових підприємств: Навч. Посібник / О. М. Сірий, В. Є. Шестеренко – Київ, 1993 – 592 с.
9. IEEE Std 399-1997: IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis (Brown Book).
10. Основи механічних розрахунків повітряних ліній електропередавання : Розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. Спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні системи і мережі» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. Л. Кацадзе. — Електронні текстові дані (1 файл: 5,51 МБ). — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. — 60 с.
11. Плешков П.Г., Казанцев Ю.І., Сіріков О.І., Гарасьова Н.Ю., Величко Т.В. Методика визначення розрахункових навантажень промислових підприємств за питомою втратою електроенергії з використанням нестаціонарної моделі графіків електричних навантажень. Центральнотериторіальний науковий вісник. Серія: Технічні науки, вип. 2 (33), 2019. С. 130-139.

№98, 2025
Slovak international scientific journal

The journal has a certificate of registration at the International Centre in Paris – ISSN 5782-5319.

The frequency of publication – 12 times per year.

Reception of articles in the journal – on the daily basis.

The output of journal is monthly scheduled.

Languages: all articles are published in the language of writing by the author.

The format of the journal is A4, coated paper, matte laminated cover.

Articles published in the journal have the status of international publication.

The Editorial Board of the journal:

Editor in chief – Boleslav Motko (Bratislava) Slovakia

The secretary of the journal – Milica Kovacova (Bratislava) Slovakia

- Lucia Janicka – (Bratislava) Slovakia
- Stanislav Čerňák – (Bratislava) Slovakia
- Miroslav Výtisk – (Nitra) Slovakia
- Dušan Igaz – (Nitra) Slovakia
- Terézia Mészárosová – (Banská Bystrica) Slovakia
- Peter Masaryk – (Rzeszów) Poland
- Filip Kocisov – (Wrocław) Poland
- Andrej Bujalski – (Košice) Slovakia
- Jaroslav Kovac – (Trnava) Slovakia
- Paweł Miklo – (Bratislava) Slovakia
- Jozef Molnár – (Bratislava) Slovakia
- Tomajko Milaslavski – (Nitra) Slovakia
- Natália Jurková – (Bratislava) Slovakia
- Jan Adamczyk – (Prague) Czech Republic
- Boris Belier – (Bratislava) Slovakia
- Stefan Fišan – (Bratislava) Slovakia
- Terézia Majercakova – (Wien) Austria
- Ekaterina Semko (Kyiv) Ukraine

1000 copies

Slovak international scientific journal

Partizanska, 1248/2

Bratislava, Slovakia 811 03

email: info@sis-journal.com

site: <http://sis-journal.com>