

УДК 621.311:621.317:004.89

doi: 10.20998/2413-4295.2026.02.10

СЕМАНТИЧНА МОДЕЛЬ ДОСТУПУ ДО ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В АВТОМАТИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

В. М. ПАВЛЕНКО^{1*}, А. В. ПЕТРЕНКО¹, Л. В. МАРТИНЮК¹, М. І. БУНТОВ¹, С. Г. АФІНОВИЧ¹

¹ Кафедра інженерії енергосистем, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, УКРАЇНА
*e-mail: v.pavlenko@nubip.edu.ua

АНОТАЦІЯ. Показано, що цифровий моніторинг якості електричної енергії в автоматизованих інформаційно-вимірювальних системах формує великі масиви часових рядів напруги та струму, показників гармонійних спотворень, несиметрії, провалів, перенапруг і переривань. Акцентовано увагу на двох проблемах: втраті семантичного контексту під час прямого доступу інтелектуальних модулів до таблиць бази даних та недостатній відтворюваності класифікації збурень без фіксації метаданих вимірювання. Запропоновано семантичну модель доступу до даних моніторингу якості електричної енергії, побудовану на використанні сервера Model Context Protocol як контрольованого шару між вимірювальним пристроєм, базою даних PostgreSQL і модулем інтелектуального аналізу. Метод розроблення моделі включає декомпозицію предметної області на всім сутностей, формування контракту доступу, порівняння з REST API та OWL/RDF-онтологіями, а також введення механізму аудиту запитів. Розглянуто узгодження моделі з підходами Common Information Model та профілями IEC 61970. Наведено розрахункову модель для середньоквадратичної напруги, коефіцієнта гармонійних спотворень, глибини провалу і коефіцієнта несиметрії. Для контрольованого сценарію отримано глибину провалу 30,0 %, залишкову напругу 70,0 %, THD 4,39 % і коефіцієнт несиметрії 2,75 %. Додано приклад JSON-структури MCP-запиту та відповіді, що демонструє відтворюваність результату через фіксацію ідентифікатора події, алгоритму та версії обробки. Результати можуть бути використані в системах цифрового моніторингу, SCADA/ADMS, навчальних лабораторіях з якості електроенергії та в дослідженнях за спеціальностями G7, G6 і F6.

Ключові слова: якість електричної енергії; Model Context Protocol; семантична модель; цифровий моніторинг; інформаційно-вимірювальна система; Common Information Model; відтворюваність

SEMANTIC ACCESS MODEL FOR POWER QUALITY MONITORING DATA IN AUTOMATED INFORMATION-MEASUREMENT SYSTEMS

V. PAVLENKO^{1*}, A. PETRENKO¹, L. MARTYNIUK¹, M. BUNTOV¹, S. AFINOVYCH¹

¹ Department of Power Systems Engineering, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, UKRAINE
*e-mail: v.pavlenko@nubip.edu.ua

ABSTRACT It is shown that digital power quality monitoring in automated information-measurement systems produces large volumes of voltage and current time series, harmonic distortion indicators, unbalance parameters, voltage dips, swells and interruptions. Two key problems are emphasized: the loss of semantic context when intelligent modules directly access database tables and the limited reproducibility of disturbance classification when measurement metadata are not fixed. A semantic access model for power quality monitoring data is proposed. The model uses a Model Context Protocol server as a controlled layer between a measuring device, a PostgreSQL database and an intelligent analysis module. The development method includes decomposition of the domain into eight entities, construction of an access contract, comparison with REST API and OWL/RDF ontology approaches, and introduction of request audit mechanisms. The model is aligned with the Common Information Model approach and IEC 61970 profiles. A calculation model is presented for root mean square voltage, total harmonic distortion, voltage dip depth and unbalance coefficient. For the control scenario, the obtained values are a 30.0 % voltage dip depth, 70.0 % retained voltage, 4.39 % THD and 2.75 % approximate unbalance coefficient. A JSON-based MCP request and response example is added to demonstrate reproducibility through event identifier, algorithm name and processing version. The results can be used in digital monitoring systems, SCADA/ADMS, educational laboratories on power quality and interdisciplinary research within G7 automation, G6 information-measurement technologies and F6 information systems.

Keywords: power quality; Model Context Protocol; semantic model; digital monitoring; information-measurement system; Common Information Model; reproducibility

Вступ

Якість електричної енергії є одним із ключових параметрів функціонування сучасних електроенергетичних систем, оскільки відхилення напруги, гармонійні спотворення, несиметрія, провали, перенапруги й короткочасні переривання впливають на промислове обладнання, цифрову автоматику, перетворювачі, системи релейного захисту та засоби промислового Інтернету речей.

Стандарт IEC 61000-4-30 визначає методи вимірювання параметрів якості електричної енергії у системах змінного струму 50 або 60 Гц [1].

Актуальність задачі посилюється розвитком відновлюваної генерації, мікромереж, нелінійних навантажень і силової електроніки. Сучасні дослідження вказують, що інтеграція відновлюваних джерел і розподіленої генерації підвищує частоту

появи збурень якості електроенергії, зокрема провалів, перенапруг, гармонік та флікеру [5, 6].

У промислових автоматизованих інформаційно-вимірювальних системах проблема полягає не лише у точності вимірювання, а й у коректному поданні даних для подальшого аналізу. Якщо інтелектуальний модуль отримує тільки фрагмент таблиці з часовим рядом, без відомостей про точку моніторингу, клас приладу, одиниці, часові межі та версію алгоритму, виникає ризик помилкової інтерпретації. Саме тому в цій роботі сервер Model Context Protocol розглядається як семантичний шар доступу до даних, а не як звичайний інтерфейс виклику функцій [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Методи моніторингу якості електроенергії регламентуються IEC 61000-4-30, IEC 62586-1, IEEE Std 1159-2019 та EN 50160 [1–3, 10]. Водночас сучасні публікації дедалі більше зосереджуються на інтелектуальній класифікації збурень. Огляд Jain та ін. систематизує ML/DL-рішення для оцінювання збурень якості електроенергії та підкреслює важливість цифрової обробки сигналів і відтворюваних наборів ознак [5].

У роботі Anwar та ін. запропоновано поєднання smoothed pseudo Wigner-Ville distribution і Vision Transformer для виявлення та класифікації збурень; автори отримали точність 98,94 % на синтетичних сигналах, сформованих відповідно до IEEE 1159 [6]. Подібні результати демонструють потенціал AI-моделей, але не знімають проблеми формалізованого доступу до даних та метаданих у реальних системах моніторингу.

Для енергетичних інформаційних систем важливим суміжним стандартом є IEC 61970. Він описує підходи Common Information Model для обміну даними в енергетичних системах, а IEC 61970-401:2022 визначає правила створення профілів на основі Canonical CIM і допускає використання UML, RDFS або OWL для опису профілів [11]. Отже, запропонована MCP-модель має узгоджуватися з CIM-логікою на рівні сутностей і метаданих.

У профілях авторів наявні сучасні публікації, що підтримують прикладний контекст цифрової енергетики, відновлюваної генерації та локальних мікроенергетичних систем. У статті використано роботи авторського колективу лише як допоміжний контекст, без підміни ними основної доказової бази та без перевищення допустимої частки самоцитування [13, 14].

Мета роботи

Метою роботи є розроблення семантичної моделі доступу до даних моніторингу якості електричної енергії в автоматизованій інформаційно-вимірювальній системі на основі сервера Model Context Protocol з урахуванням вимог відтворюваності, безпеки доступу та сумісності з підходами CIM/IEC 61970.

Виклад основного матеріалу

Постановка проблеми

У роботі розглядаються дві основні проблеми. Перша проблема – втрата семантичного контексту даних якості електроенергії. Часові ряди, гармоніки, події провалів і перенапруг мають інженерний зміст лише за умови збереження інформації про точку моніторингу, канал, клас приладу, часове вікно, одиниці вимірювання та алгоритм обробки.

Друга проблема – недостатня відтворюваність автоматизованої класифікації збурень. Якщо ознаки події, часові межі, версія алгоритму та метадані вимірювання не зберігаються у формалізованому вигляді, результати класифікації складно перевірити, повторити або використати як навчальний приклад.

Метод розроблення семантичної моделі

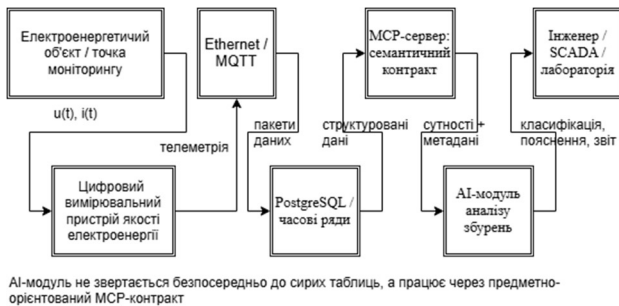
Метод розроблення моделі включає чотири етапи: предметну декомпозицію даних якості електроенергії; формування мінімального набору операцій MCP-контракту; визначення обов'язкових метаданих для відтворюваності; порівняння MCP-підходу з REST API та OWL/RDF-онтологією. На першому етапі дані подано через вісім сутностей: об'єкт моніторингу, точку вимірювання, сеанс, канал, часовий ряд, показник якості, подію збурення та метадані.

REST API забезпечує просту інтеграцію, але не задає предметної семантики відповіді без додаткової документації. OWL/RDF-онтологія є потужною для формального логічного виведення, але потребує складнішої інфраструктури. MCP-сервер займає проміжну позицію: він не замінює CIM або онтології, але надає контрольований інтерфейс для AI-модуля, у якому операції мають предметні назви, фіксовані схеми параметрів і обмежені права доступу.

Таблиця 1 – Порівняння підходів доступу до даних моніторингу якості електричної енергії

Підхід	Переваги	Обмеження	Роль у роботі
REST API	Простота реалізації	Семантика часто винесена в документацію	Базова альтернатива
OWL/RDF	Формальна онтологія, логічне виведення	Складність впровадження для лабораторної AIBC	Перспективне розширення
CIM / IEC 61970	Стандартизована модель енергетичних даних	Орієнтація на профілі обміну та EMS/DMS	Семантичний орієнтир
MCP-сервер	Контрольований доступ AI до даних і інструментів	Потребує аудиту, авторизації та обмеження інструментів	Запропоноване рішення

Архітектура системи та семантичний контракт
Запропонована архітектура включає вимірювальний рівень, комунікаційний рівень, рівень зберігання, семантичний рівень, аналітичний рівень і прикладний інтерфейс (рис. 1). Вимірювальний рівень формують цифровий аналізатор якості електроенергії або smart meter. Комунікаційний рівень передає телеметрію через Ethernet/MQTT. Рівень зберігання реалізується на основі PostgreSQL або сумісного сховища часових рядів. Семантичний рівень утворює MСР-сервер, який надає AI-модулю не таблиці, а предметні сутності.



AI-модуль не звертається безпосередньо до сирих таблиць, а працює через предметно-орієнтований MCP-контракт

Рис. 1 – Архітектура автоматизованої системи семантичного доступу до даних якості електричної енергії

Семантична модель даних включає ієрархію сутностей, наведену на рис. 2. Метадані мають поперечний характер і пов'язуються з кожним рівнем, оскільки без них неможливо відтворити процедуру аналізу. До обов'язкових метаданих віднесено клас приладу, частоту дискретизації, одиниці вимірювання, часову зону, версію алгоритму, ідентифікатор події та контрольну суму вибірки.

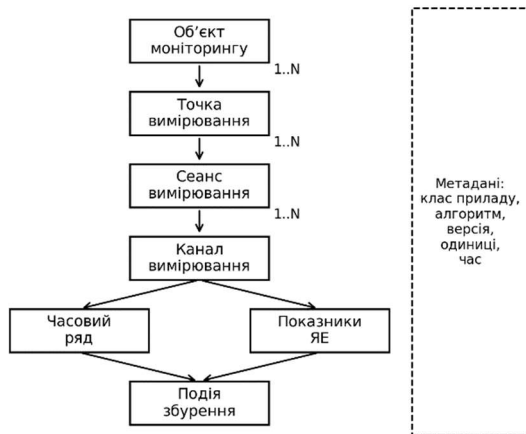


Рис. 2 – Ієрархія семантичних сутностей даних моніторингу якості електричної енергії

Розрахункова модель і відтворюваність
Для дискретного сигналу напруги середньоквадратичне значення визначається як

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i^2}, \quad (1)$$

де U_{RMS} – середньоквадратичне значення напруги; N – кількість відліків; u_i – миттєві значення напруги.

Коефіцієнт гармонійних спотворень напруги визначається за виразом

$$THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^H U_h^2}}{U_1} \cdot 100 \quad (2)$$

де THD_U – коефіцієнт гармонічних спотворень напруги; U_h – діюче значення h -ої гармоніки напруги; U_1 – діюче значення основної гармоніки напруги; H – номер найвищої врахованої гармоніки.

Глибина провалу напруги визначається як

$$D_{sag} = \left(1 - \frac{U_{min}}{U_{nom}}\right) \cdot 100 \quad (3)$$

де D_{sag} – глибина провалу напруги; U_{min} – мінімальне значення діючої напруги під час провалу; U_{nom} – номінальна діюча напруга.

Для прикладної оцінки несиметрії використано наближену форму

$$K_{unb} = \frac{\max|U_k - U_{avg}|}{U_{avg}} \cdot 100 \quad (4)$$

де K_{unb} – коефіцієнт несиметрії напруги; U_k – діюче значення фазної напруги фази k ; U_{avg} – середнє значення фазних напруг.

Формула (4) використовується лише як швидка діагностична оцінка для лабораторного прикладу. Для метрологічно коректної оцінки несиметрії у трифазних мережах доцільно використовувати метод симетричних складових, де коефіцієнт несиметрії визначається через відношення напруги зворотної послідовності до напруги прямої послідовності. Це застереження введено для уникнення підміни стандартизованої процедури спрощеним індикатором.

Для контрольного сценарію прийнято:

$$U_{nom} = 230 \text{ В}; U_{min} = 161 \text{ В};$$

гармонічні складові

$$U_5 = 8 \text{ В}, U_7 = 5 \text{ В}, U_{11} = 3 \text{ В}, U_{13} = 2 \text{ В};$$

фазні напруги

$$U_A = 231 \text{ В}, U_B = 224 \text{ В}, U_C = 236 \text{ В}.$$

Отримано: залишкова напруга – 70,0 %, глибина провалу – 30,0 %, THD_U – 4,39 %, середнє фазне значення – 230,33 В, наближений коефіцієнт несиметрії – 2,75 %.

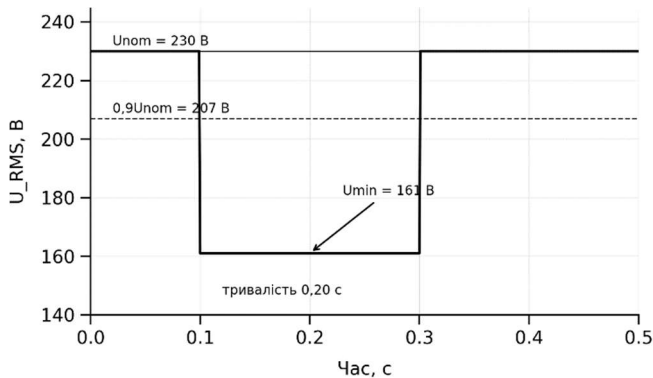


Рис. 3 – Приклад часової діаграми провалу напруги

Приклад МСР-запиту та відповіді

Приклад 1 – Фрагмент МСР-контракту для відтвореного отримання події ЯЕ
Запит:

```
{ "tool": "getPowerQualityEvent", "arguments": { "event_id": "PQE-2026-00017", "include_timeseries": true, "include_metadata": true } }
```

Відповідь:

```
{ "event_id": "PQE-2026-00017", "point_id": "MP-10kV-01", "channel": "Ua_RMS", "time_start": "2026-05-25T10:00:00.100Z", "time_end": "2026-05-25T10:00:00.300Z", "event_type": "voltage_dip", "U_nom_V": 230, "U_min_V": 161, "retained_voltage_pct": 70.0, "dip_depth_pct": 30.0, "THD_pct": 4.39, "algorithm": "PQ-basic-v1", "algorithm_version": "1.0.3", "sample_hash": "sha256:..." }
```

Наявність event_id, algorithm_version і sample_hash забезпечує повторюваність: повторний запит до того самого ідентифікатора повертає однакові часові межі, однаковий набір відліків або контрольну суму та однакову версію алгоритму. У разі зміни алгоритму формується нова версія результату, а попередня залишається доступною для аудиту.

Безпека МСР-інтеграції

Для промислового застосування МСР-сервер має розглядатися як межа довіри. OWASP МСР Top 10 виділяє ризики керування токенами, розширення привілеїв, отруєння інструментів, недостатньої автентифікації та авторизації, відсутності аудиту і телеметрії, а також надмірного поширення контексту [12]. Для запропонованої системи мінімальний набір заходів включає рольову авторизацію, заборону довільних SQL-запитів, реєстрацію всіх викликів інструментів, контроль версій контракту та розділення доступу до сирих даних і похідних показників.

Обговорення результатів

Порівняно з прямим доступом до таблиць бази даних запропонована модель зменшує ризик помилкової інтерпретації, оскільки кожна відповідь містить не лише числові значення, а й контекст вимірювання. Це особливо важливо для AI-модулів,

які можуть формувати висновки природною мовою або автоматично обирати інструменти аналізу.

Порівняно з повноцінною онтологією OWL/RDF МСР-підхід є простішим для впровадження у лабораторній або прототипній системі. Водночас він не суперечить СІМ/ІЕС 61970, оскільки може використовувати СІМ-подібні назви сутностей і метаданих. Перспективним напрямом є створення мапінгу між сутностями МСР-контракту та профілем СІМ для розподільної мережі.

Академічна доброчесність та використання цифрових інструментів

Автори підтверджують, що поданий матеріал є результатом власного наукового опрацювання; усі використані джерела належним чином процитовані; результати інших авторів відокремлені від авторських положень. Під час підготовки рукопису використовувалися цифрові інструменти для технічного структурування, мовного редагування та перевірки узгодженості тексту. Змістові наукові положення, добір джерел, інженерна інтерпретація, розрахунки, висновки та відповідальність за достовірність матеріалу належать авторам. Зображення у статті не є результатами експериментальних вимірювань, а подані як схеми та діаграми для відтворення архітектури і логіки запропонованої моделі.

Висновки

Запропоновано семантичну модель доступу до даних моніторингу якості електричної енергії, що поєднує вимірювальний пристрій, базу даних, МСР-сервер і AI-модуль у межах автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи.

Враховано дві ключові проблеми: втрату семантичного контексту вимірювань та недостатню відтворюваність автоматизованої класифікації збурень.

Додано методологічне обґрунтування вибору МСР через порівняння з REST API, OWL/RDF і СІМ/ІЕС 61970, а також розширено статтю блоком безпеки МСР-інтеграції.

Розрахунковий приклад підтвердив можливість формування структурованих ознак події: глибина провалу 30,0 %, залишкова напруга 70,0 %, THD 4,39 %, наближений коефіцієнт несиметрії 2,75 %.

Для всіх рисунків наведено детальні текстові описи, достатні для відтворення схем у зовнішніх графічних застосунках. Тематика відповідає спеціальностям G7, G6 і F6.

Декларації та уточнення щодо академічної доброчесності

Декларація академічної доброчесності. Авторі підтверджують, що рукопис підготовлено з дотриманням принципів академічної доброчесності: використані джерела наведено у списку літератури, результати інших авторів відокремлено від авторських положень, наведений розрахунковий приклад

позначено як контрольний сценарій, а не як результат промислового експерименту. Автори несуть відповідальність за достовірність наведених тверджень, розрахунків, джерел і висновків відповідно до вимог Закону України «Про академічну доброчесність» [15].

Декларація щодо використання штучного інтелекту. Під час підготовки рукопису цифрові інструменти штучного інтелекту могли використовуватися лише для технічного структурування тексту, мовного редагування, перевірки логіки викладу та формування допоміжних описів рисунків. Змістові наукові положення, інженерна інтерпретація, вибір джерел, розрахунки та остаточні висновки перевірені й затверджені авторами. Така декларація введена з огляду на вимогу повідомляти про використання об'єктів або результатів, згенерованих штучним інтелектом, в академічному творі [15].

Список літератури

1. IEC 61000-4-30:2025. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2025.
2. IEC 62586-1:2017. Power quality measurement in power supply systems – Part 1: Power quality instruments. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2017.
3. IEEE Std 1159-2019 Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality 2. IEEE Power and Energy Society. New York: IEEE, 2019. URL: <https://www.scribd.com/document/857784798/IEEE-Std-1159-2019-Recommended-Practice-for-Monitoring-Electric-Power-Quality-2> (дата звернення: 25.05.2026).
4. Model Context Protocol. Specification. 2025. URL: <https://modelcontextprotocol.io/specification/2025-11-25> (дата звернення: 25.05.2026).
5. Jain S., Satsangi A., Kumar R., Panwar D., Amir M. Intelligent assessment of power quality disturbances: A comprehensive review on machine learning and deep learning solutions. Computers and Electrical Engineering. 2025. Vol. 123. Article 110275. doi:10.1016/j.compeleceng.2025.110275.
6. Anwar M. H., Baig M. M. A., Shaikh A. J., Abro A. G. Detection and classification of power quality disturbances: Vision transformers vs. CNN. AIMS Energy. 2025. Vol. 13, no. 5. P. 1052–1075. doi:10.3934/energy.2025039.
7. Albaloooshi F. A., Qader M. R. Deep Learning Algorithm for Automatic Classification of Power Quality Disturbances. Applied Sciences. 2025. Vol. 15, no. 3. Article 1442. doi:10.3390/app15031442.
8. Pan S., Nie X., Zhai X., Wang B., Ge H., He C., Ding Z. Classification of Power Quality Disturbances Using ResNet with Channel Attention Mechanism. arXiv. 2024. doi:10.48550/arXiv.2407.04739.
9. de Sousa E. L., de Oliveira R. A., Neto A. F., et al. Development of a Low-Cost Wireless Smart Meter with Power Quality Measurement for Smart Grid Applications. Sensors. 2023. Vol. 23, no. 16. Article 7210. doi:10.3390/s23167210.

10. EN 50160:2022. Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks. Brussels: CENELEC, 2022.
11. IEC 61970-401:2022. Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 401: Profile framework. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2022.
12. OWASP Foundation. OWASP MCP Top 10. 2025. URL: <https://owasp.org/www-project-mcp-top-10/> (дата звернення: 25.05.2026).
13. Shvedchukova I., Trykhlieb A., Trykhlieb S., Demishonkova S., Pavlenko V. Determining the efficiency of restored photovoltaic modules under natural lighting conditions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 6, no. 8(132). P. 16–24. doi:10.15587/1729-4061.2024.317829
14. Каплун В. В., Макаревич С. С., Петренко А. В., Кругляк Г. В., Кулибаба Є. О. Адаптивне управління електроспоживанням в локальній мікроенергетичній системі з полігенерацією на основі кластеризації умовного динамічного тарифу. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2023. Вип. 1. С. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2023.275929>
15. Закон України «Про академічну доброчесність» від 18.12.2025 № 4742-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4742-20> (дата звернення: 26.05.2026).

References

1. IEC 61000-4-30:2025. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods. Geneva, International Electrotechnical Commission, 2025.
2. IEC 62586-1:2017. Power quality measurement in power supply systems – Part 1: Power quality instruments. Geneva, International Electrotechnical Commission, 2017.
3. IEEE Std 1159-2019 Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality 2. IEEE Power and Energy Society. New York: IEEE, 2019. URL: <https://www.scribd.com/document/857784798/IEEE-Std-1159-2019-Recommended-Practice-for-Monitoring-Electric-Power-Quality-2> (accessed 25.05.2026).
4. Model Context Protocol. Specification. 2025. Available at: <https://modelcontextprotocol.io/specification/2025-11-25> (accessed 25.05.2026).
5. Jain S., Satsangi A., Kumar R., Panwar D., Amir M. Intelligent assessment of power quality disturbances: A comprehensive review on machine learning and deep learning solutions. Computers and Electrical Engineering, 2025, vol. 123, article 110275, doi:10.1016/j.compeleceng.2025.110275.
6. Anwar M. H., Baig M. M. A., Shaikh A. J., Abro A. G. Detection and classification of power quality disturbances: Vision transformers vs. CNN. AIMS Energy, 2025, vol. 13, no. 5, pp. 1052–1075, doi:10.3934/energy.2025039.
7. Albaloooshi F. A., Qader M. R. Deep Learning Algorithm for Automatic Classification of Power Quality Disturbances. Applied Sciences, 2025, vol. 15, no. 3, article 1442, doi:10.3390/app15031442.
8. Pan S., Nie X., Zhai X., Wang B., Ge H., He C., Ding Z. Classification of Power Quality Disturbances Using ResNet with Channel Attention Mechanism. arXiv, 2024, doi:10.48550/arXiv.2407.04739.
9. de Sousa E. L., de Oliveira R. A., Neto A. F., et al. Development of a Low-Cost Wireless Smart Meter with

- Power Quality Measurement for Smart Grid Applications. *Sensors*, 2023, vol. 23, no. 16, article 7210, doi:10.3390/s23167210.
10. EN 50160:2022. Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks. Brussels, CENELEC, 2022.
 11. IEC 61970-401:2022. Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 401: Profile framework. Geneva, International Electrotechnical Commission, 2022.
 12. OWASP Foundation. OWASP MCP Top 10. 2025. Available at: <https://owasp.org/www-project-mcp-top-10/> (accessed 25.05.2026).
 13. Shvedchykova I., Trykhlieb A., Trykhlieb S., Demishonkova S., Pavlenko V. Determining the efficiency of restored photovoltaic modules under natural lighting conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024, vol. 6, no. 8(132), pp. 16–24, doi:10.15587/1729-4061.2024.317829.
 14. Kaplun V. V., Makarevych S. S., Petrenko A. V., Kruhliak H. V., Kulybaba Ye. O. Adaptivne upravlinnia elektrospozhyvanniam v lokalnii mikroenerhetychnii systemi z poliheneratsiieiu na osnovi klasteryzatsii umovnoho dynamichnoho taryfu [Adaptive control of electricity consumption in a local microenergy system with polygeneration based on clustering of a conditional dynamic tariff]. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*, 2023, issue 1, pp. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2023.275929>
 15. Zakon Ukrainy «Pro akademichnu dobrochesnist» vid 18.12.2025 no. 4742-IX [Law of Ukraine “On Academic Integrity” dated 18.12.2025 no. 4742-IX]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4742-20> (accessed 26.05.2026).

Відомості про авторів

Павленко Володимир Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, доцент кафедри інженерії енергосистем, м. Київ, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2163-8508>; e-mail: v.pavlenko@nubip.edu.ua.

Pavlenko Volodymyr – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Associate Professor, Department of Power Systems Engineering, Kyiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2163-8508>; e-mail: v.pavlenko@nubip.edu.ua.

Петренко Андрій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, доцент кафедри інженерії енергосистем, м. Київ, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8246-4911>; e-mail: petrenko@nubip.edu.ua

Petrenko Andrii – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Associate Professor, Department of Power Systems Engineering, Kyiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8246-4911>; e-mail: petrenko@nubip.edu.ua.

Мартинюк Лілія Володимирівна – Національний університет біоресурсів і природокористування України, старший викладач кафедри інженерії енергосистем, м. Київ, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3852-5610>; e-mail: martyniuklilia@nubip.edu.ua

Martyniuk Liliia – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Senior Lecturer, Department of Power Systems Engineering, Kyiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3852-5610>; e-mail: martyniuklilia@nubip.edu.ua

Бунтов Матвій Іванович – Національний університет біоресурсів і природокористування України, аспірант, м. Київ, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3872-0517>; e-mail: matt.buntov@nubip.edu.ua.

Buntov Matvii – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Postgraduate Student, Kyiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3872-0517>; e-mail: matt.buntov@nubip.edu.ua.

Афінович Сергій Григорович – Національний університет біоресурсів і природокористування України, аспірант, м. Київ, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9788-3696>; e-mail: s.afinovych@nubip.edu.ua.

Afinovych Serhii – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Postgraduate student, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9788-3696>; e-mail: s.afinovych@nubip.edu.ua

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Павленко В. М., Петренко А. В., Мартинюк Л. В., Бунтов М. І., Афінович С. Г. Семантична модель доступу до даних моніторингу якості електричної енергії в автоматизованих інформаційно-вимірювальних системах. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2026. № 2(28). С. 74–79. doi:10.20998/2413-4295.2026.02.10.

Please cite this article as:

Pavlenko V., Petrenko A., Martyniuk L., Buntov M., Afinovych S. Semantic access model for power quality monitoring data in automated information-measurement systems. *Bulletin of the National Technical University “KhPI”*. Series: *New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU “KhPI”, 2026, no. 2(28), pp. 74–79, doi:10.20998/2413-4295.2026.02.10.

Надійшла (received) 18.05.2026
Прийнята (accepted) 25.05.2026
Опублікована (published) 05.06.2026