

УДК 004:621.31

*Петросян Р.В., старший викладач
Державний університет «Житомирська політехніка»*

ЗАСТОСУВАННЯ БАЗ ДАНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Підвищення вимог до надійності та ефективності енергопостачання, активна інтеграція розподілених енергоресурсів (таких як відновлювані джерела енергії, системи накопичення енергії та активні споживачі) і розвиток цифрових підстанцій кардинально ускладнюють режимні умови роботи сучасних енергетичних систем. У цьому контексті завдання моніторингу та аналізу якості електроенергії (ЯЕ) переходять з розряду допоміжних до категорії критично важливих для забезпечення стійкості та безпеки енергосистеми.

Сучасні комп'ютеризовані системи здатні генерувати великі масиви високочастотних даних, що містять детальну інформацію про параметри напруги і струму, частоти та гармонічні спотворення напруги, а також про швидкоплинні події – провали напруги, флікери тощо [1-3].

Проте традиційні підходи до зберігання та обробки інформації, засновані на реляційних системах керування базами даних, вже не здатні гарантувати потрібну продуктивність і гнучкість, оскільки їхня архітектура, орієнтована на транзакційність та цілісність даних, створює значні накладні витрати при операціях масового запису та часових запитах. Саме тому постає необхідність у використанні спеціалізованих систем зберігання – баз даних часових рядів (БДЧР). БДЧР – це база даних, оптимізована для зберігання та обробки часових рядів, яка представляє собою вимірювання з прив'язкою до часу [4]. Їхня ключова перевага полягає в тому, що час є основним виміром, а не просто атрибутом даних. Завдяки даній особливості система підтримує високошвидкісне додавання даних, ефективне їх стискання на рівні ядра підсистеми зберігання, а також застосування вбудованих інструментів часового аналізу.

При роботі з часовими рядами необхідно враховувати ряд особливостей, які роблять цей тип даних одночасно унікальним і складним для обробки:

1. Існують два основних підходи до організації зберігання даних.

Перший ґрунтується на моделі «ключ-значення», в якій кожна метрика зберігається в окремому часовому ряді і має власну послідовність міток часу.

Другий використовує мультиметричний формат: в рамках однієї часової мітки можуть зберігатися кілька значень, що відносяться до різних метрик.

Такий підхід забезпечує більш гнучку і багату структуру даних, що особливо важливо для комплексних систем вимірювань.

2. Часові ряди, як правило, характеризуються значними обсягами даних. По мірі зростання обсягу даних виникає необхідність у масштабуванні системи зберігання. тому БДЧР повинна забезпечувати: високу швидкість запису та вилучення даних; стабільну продуктивність при зростанні навантаження.

3. Обробка часових рядів вимагає наявності спеціалізованих обчислювальних механізмів, орієнтованих на виконання часових перетворень, агрегування, ресемплінгу та аналізу періодичності. Наявність таких операцій дозволяє ефективно виконувати розрахунок трендів, виявлення аномалій і аналіз кореляцій, виключаючи потребу в етапі складної попередньої підготовки даних.

Однак не всі системи БДЧР підходять для вирішення поставленого завдання, оскільки період дискретизації сигналів може досягати сотень мікросекунд. У контексті моніторингу ЯЕ найбільше практичне значення набувають високопродуктивні БДЧР. До таких систем належать, InfluxDB, що відрізняється високою пропускнуою здатністю при записі; TimescaleDB, що надає розвинені аналітичні можливості на основі SQL; а також високопродуктивні рішення – QuestDB.

Prometheus, незважаючи на широке поширення, в чистому вигляді менш придатний для даного сценарію внаслідок обмеженої роздільної здатності часових міток і моделі зберігання, орієнтованої переважно на моніторинг низькочастотних метрик.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ EN 50160:2023. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. БУДСТАНДАРТ Online – нормативні документи будівельної галузі України. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=106226 (дата звернення: 24.11.2025).

2. Петросян Р.В. Алгоритм обчислення частоти напруги в електромережі з використанням квадратурних складових. Проблеми інформатизації та управління. 2024. №2(78). С. 69-76. URL: <https://doi.org/10.18372/2073-4751.78.18963>.

3. Петросян Р. В. Вимірювач частоти електричної мережі на базі цифрових фільтрів. Вісник ЖІТІ. 2002. №3(22). С. 78–80.

4. InfluxDB. InfluxData Documentation. URL: <https://docs.influxdata.com/> (date of access: 24.11.2025).