

УДК 621.316.13

ПІДСИСТЕМА ОБРОБКИ ВИБІРОК ДАНИХ АКТИВНОЇ ТА РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ

- ТОДОРОВ О.В. аспірант, кафедри систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського, Кременчук, Україна, e-mail: olehtodorov@gmail.com;
- БЯЛОБРЖЕСЬКИЙ О.В. канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського, Кременчук, Україна, e-mail: seemal@kdu.edu.ua;
- РЕВА І.В. аспірант, кафедри систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського, Кременчук, Україна, e-mail: cgdizainer@gmail.com;
- БЕЗЗУБ М.А. аспірант, кафедри систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського, Кременчук, Україна, e-mail: bezzubmax@gmail.com;

Мета роботи. Застосування статистичного аналізу на об'ємні вибірки даних параметрів споживання електричної енергії, для зменшення обсягу даних про потужності вузла мережі, які зберігатимуться.

Методи дослідження. Використання методів статистичної обробки даних, в системі графічного програмування LabVIEW.

Отримані результати. Електрична енергія є одним з видів енергії обсяги генерування, транспортування, розподілу та використання якої постійно зростають. На всіх зазначених етапах відбувається контроль параметрів швидкості зміни електричної енергії – потужності. Потужність характеризується певними параметрами що підлягають безперервному моніторингу. Зміна потужності в умовах промислових підприємств має складний характер з певними стохастичними складовими. Необхідність фіксації детальної інформації викликає зростання обсягу даних, які підлягають зберіганню. Як наслідок, виникає завдання обробки даних про обсяги електричної енергії та параметри електричної потужності зі зменшенням обсягу даних та збереженням інформативності. Грунтуючись на статистичній концепції нормального розподілу, в середовищі графічного програмування побудовано підсистему обробки даних на інтервалах вибірки активної та реактивної потужностей секції низької напруги знижуючої підстанції. З використанням показників характеристики нормального розподілу активної та реактивної потужностей, виконано аналіз їх напівдобових вибірок. Виділені інтервали на яких суттєво розрізняються показники нормального розподілу, що дозволило сформулювати висновки про наявність режимів наближених до холостого ходу.

Наукова новизна. Встановлено, що через складність охоплення великих проміжків часу за умови фіксації даних про параметри електричної потужності, виникає дилема щодо обсягу результуючої інформації та її деталізації, для уникнення втрат інформації запропоновано процедуру, що базується на законі нормального розподілу вибірки даних, та в тривалих процесах знижує обсяг результуючих даних, які підлягають зберіганню, з можливістю фіксації суттєвих відхилень за показниками ексцесу та асиметрії відповідної вибірки.

Практична цінність. Застосовуючи в системі моніторингу при довгостроковому спостереженні за параметрами електричної потужності запропонований метод можливо значно зменшити кількість даних під час передачі основної інформації, рівня потужності та діапазону коливань, а також, за необхідності, використати додаткову інформацію про зміни в інтервалах спостереження, виражені через ексцес та асиметрію.

Ключові слова: активна потужність; реактивна потужність; нормальний розподіл; ексцес; асиметрія; математичне очікування; середнє квадратичне відхилення.

І. ВСТУП

Електрична енергія є поширеною формою енергії. На сучасному етапі інтелектуалізації електроенергетики та ростом встановлених потужностей альтернативних джерел суттєва увага приділена якості електричної енергії. В частині споживання також ситуація складна. Все більша кількість споживачів оснащується напівпровідниковими перетворювачами. При цьо-

му на якість споживання електричної енергії звертає увагу меншість з них. Тенденції розвитку автоматизованих систем контролю відкривають для диспетчерського персоналу широкі можливості збору та обробки інформації, в результаті система все більш набуває ознак SmartGrid [1] - [2]. Провідні виробники надають широкий спектр обладнання для реалізації автоматизованих систем контролю та управління процесом споживання електричної енергії [3]. Застосовують

сучасні техніки розрахунку показників якості з позиції електричної потужності [4] - [5]. Вчені [6] - [7] розробляють методи спрямовані на максимізацію корисної інформації з мінімізацією її кількості та забезпеченням якості.

II. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Для розширення спектру інформації по стан мережі та розподілу навантаження, за часту застосовують статистичний аналіз, математичним апаратом якого є теорія ймовірності. Так на основі статистичного аналізу розробляються, як приклад системи для визначення ймовірності виникнення несиметрії в мережі та розширення кількості опорних показників для її позбавлення [8]. Побудова рівневих систем спостереження за рівнем споживання, основаних на усередненні значень декількох діб, порівняння з добовими значеннями та визначення відхилень [9]. Запропоноване рішення спрямовано на характеристику процесу споживання електричної енергії з позиції обсягів. Аналогічне рішення використано для порівняння поточного режиму енергоспоживання до нормальної роботи для виявлення відхилень та проведення аналізу для визначення походження відхилень [10]. Проведення дослідів основаних на кореляційному аналізі з метою виявлення зв'язку використання електроенергії між різними галузями промисловості, що дозволить більш точно планувати об'єми електроенергії при виробництві [11]. Але при проведенні аналізу автори спираються лише на вихідні дані зумовлені активною потужністю. Статистична обробка даних активної потужності використана дослідниками [12], для контролю достовірності вимірювання активного навантаження промислових підприємств, на підставі аналізу динаміки зміни навантаження та перших її приростів. Обмеження використання в цьому випадку лише активної потужності невілює повністю питання якості електричної енергії.

При цьому існує ряд складових електричної потужності рекомендованих для спостереження, з урахуванням яких можливо детально розібрати склад електричної потужності мережі [13] - [14]. При роботі з системами моніторингу на основі даних величин, доводиться працювати з великою кількістю даних [15]. Для її зменшення виникає необхідність нехтувати частиною величин або виконувати обробку даних з метою зменшення їх обсягу.

III. МЕТА РОБОТИ

Застосування статистичного аналізу на об'ємні вибірки даних, для зменшення кількості даних зі збереженням інформації по стану зміни потужності в мережі.

IV. ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГУ МАТЕРІАЛУ І АНАЛІЗ ОТРИМАННИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Зважаючи на те, що споживання електричної енергії, як показано в [9] підкоряється закону норма-

льного розподілу в якості методу аналізу використано модель нормального розподілу. Нормальний розподіл є важливою частиною математичного аналізу і часто використовується у випадках, коли на досліджувану величину впливає велика кількість випадкових факторів. До таких величин можна віднести складові потужності електричної енергії, зокрема активну та реактивну потужності.

Як правило для аналізу показників нормальний розподіл використовують чотири основних величини які доволі якісно характеризують вибірку [9]. Під вибіркою x будемо розуміти величини активної та реактивної потужностей зафіксовані в певні моменти часу. Математичне очікування M - центральне значення розподілу, є середнім арифметичним значенням всієї вибірки (рис. 1) і розраховується за формулою:

$$M = \sum_{i=0}^N \frac{x_i}{N} \quad (1)$$

де N - загальна кількість значень вибірки; x_i - значення вибірки.

Для оцінювання розсіювання величини відносно центрального значення M використовують дисперсію, або квадрат середньоквадратичного відхилення:

$$D = \sigma^2 = \sum_{i=0}^N \frac{(x_i - M)^2}{N - 1} \quad (2)$$

Для оцінки нерівномірності форми розподілу величини використовують коефіцієнт асиметрії A що визначає симетричність. При значенні від'ємному в лівій частині (рис 1.) довший спад функції, при додатному в правій частині. Визначається коефіцієнт асиметрії через момент третього порядку μ_3 :

$$A = \frac{\mu_3}{\sigma^3}; \quad \mu_3 = \sum_{i=0}^N \frac{(x_i - M)^3}{N - 1} \quad (3)$$

Відхилення закону розподілу також характеризує коефіцієнт ексцесу E - показник гостроти піку розподілу. Позитивне значення коефіцієнту ексцесу характеризує збільшення «гостроти» розподілу відносно «еталонного», негативне зменшення. Визначають коефіцієнт асиметрії через момент четвертого порядку μ_4 :

$$E = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3; \quad \mu_4 = \sum_{i=0}^N \frac{(x_i - M)^4}{N - 1} - 3 \quad (4)$$

В ідеальному випадку при нормальному розподілу величини асиметрії A та ексцесу E рівні нулю ($A=0$; $E=0$). В реальних процесах через випадковість дані значення мають відносно невеликі відхилення і при збільшенні кількості даних дані значення все більше наближаються до нуля. Значні відхилення коефіцієнтів асиметрії та ексцесу можуть означати, що серед ряду впливових факторів є ті, що мають більший вплив на процес по відношенню до інших або

навпаки вплив випадкових факторів є недостатньо значним і процес має відносно стабільне протікання.

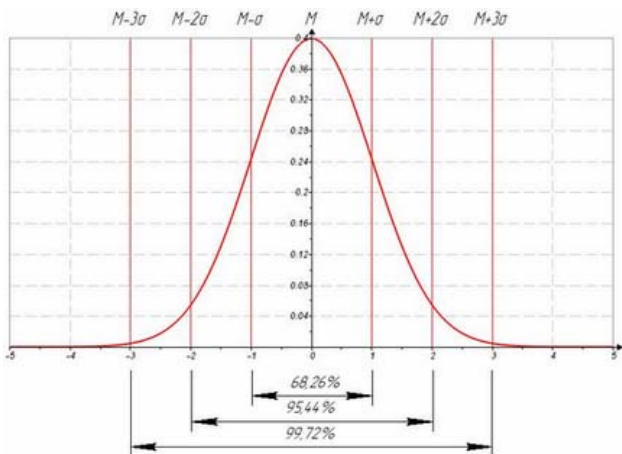


Рисунок 1. Графік нормального розподілу з довірчими інтервалами

За умови вибірки потужності з нормальним розподілом ймовірність того, що відхилення випадкової величини від свого математичного сподівання більше ніж на три середньоквадратичних відхилення близька до нуля. Використаємо це правило для спостереження в часі за процесом зміни потужності. Для нормального розподілу характерними є три інтервали існування елемента у виборці, за якими вірогідність існування близька до нуля (рис. 1):

Інтервал $[M - \sigma; M + \sigma]$ складає 68.26% від всіх величин випадкового процесу:

$$P_1 = \int_{M-\sigma}^{M+\sigma} f(t) dt = F(M + \sigma) - F(M - \sigma) \quad (5)$$

де $f(t)$ – щільність нормального розподілу; $F(M + \sigma)$ – значення функції нормального розподілу в точці вище математичного сподівання $M + \sigma$; $F(M - \sigma)$ – значення функції нормального розподілу в точці нижче математичного сподівання $M - \sigma$.

Інтервал $[M - 2\sigma; M + 2\sigma]$ складає 95.44% від всіх величин випадкового процесу:

$$P_2 = \int_{M-2\sigma}^{M+2\sigma} f(t) dt = F(M + 2\sigma) - F(M - 2\sigma) \quad (6)$$

Інтервал $[M - 3\sigma; M + 3\sigma]$ складає 99.72% від всіх величин випадкового процесу:

$$P_3 = \int_{M-3\sigma}^{M+3\sigma} f(t) dt = F(M + 3\sigma) - F(M - 3\sigma) \quad (7)$$

Для застосування статистичного аналізу, було проведено збір даних активної та реактивної потужностей з шин вторинної напруги головної знижувальної підстанції ГПЗ-2 підприємства гірничовидобувної промисловості (рис. 2). Збір даних виконаний «Енергомонітор-3.3Т1». Реєстрація даних по електроенергії проводилась протягом трьох діб (72 години) з записом результатів кожену хвилину, загалом зафіксовано $N_s=4320$ відліків. Загальну сукупність розділено на 6 інтервалів (рис. 2), що зосереджують в собі $N=720$ відліків тривалістю у 12 годин.

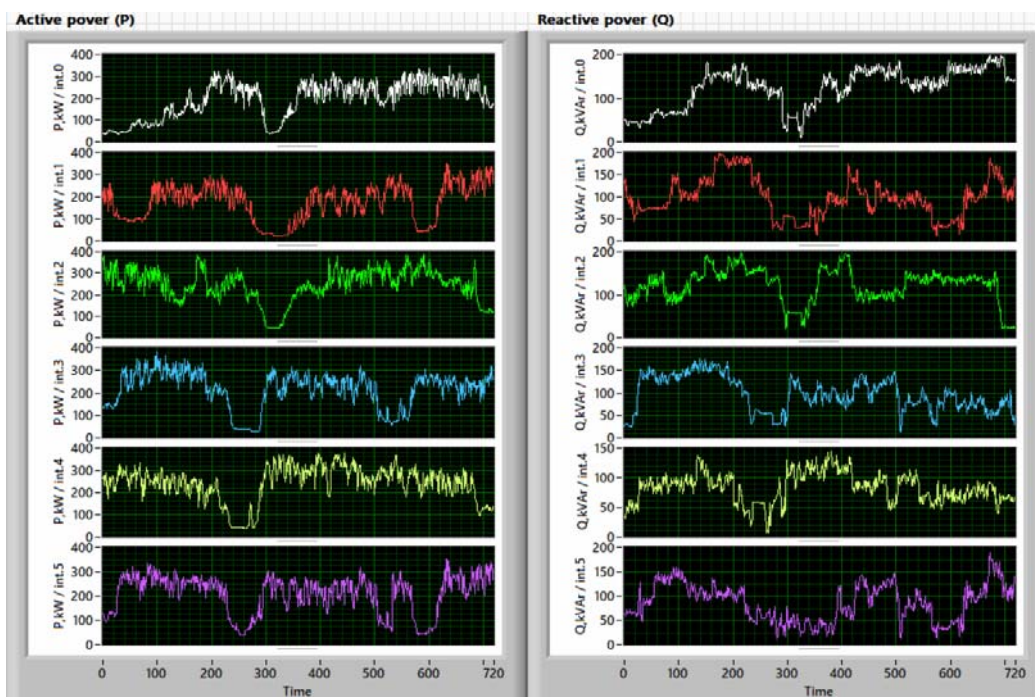


Рисунок 2. Графік активної та реактивної потужностей розділених на 12 годинні інтервали.

З використанням пристрою, для виміру показників якості електроенергії та перевірки пристроїв обліку Розрахунки виконано в середовищі розробки та виконання програм LabVIEW. В кожному з інтервалів визначаються чотири показники (рис. 3., 4): математичне сподівання; середнє квадратичне відхилення; ексцес; асиметрія. Математичне сподівання визначає середнє значення потужності на проміжку а також дозволяє стежити за тенденцією зміни потужності.

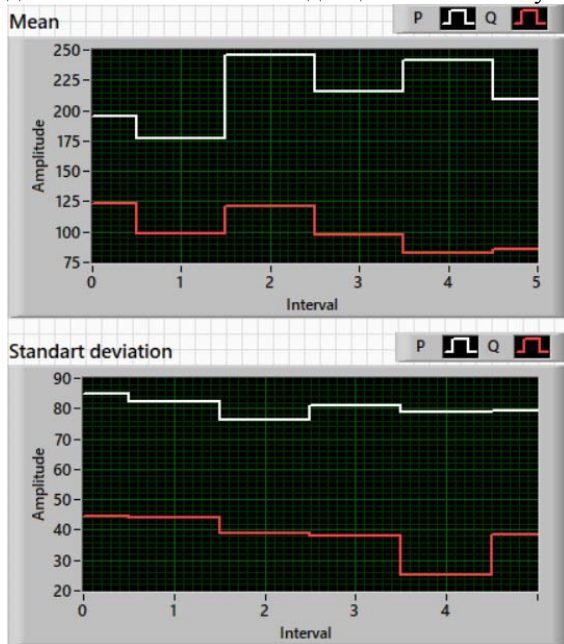


Рисунок 3. Графіки математичного сподівання та середнього квадратичного відхилення, активної та реактивної потужності для інтервалів 0-5

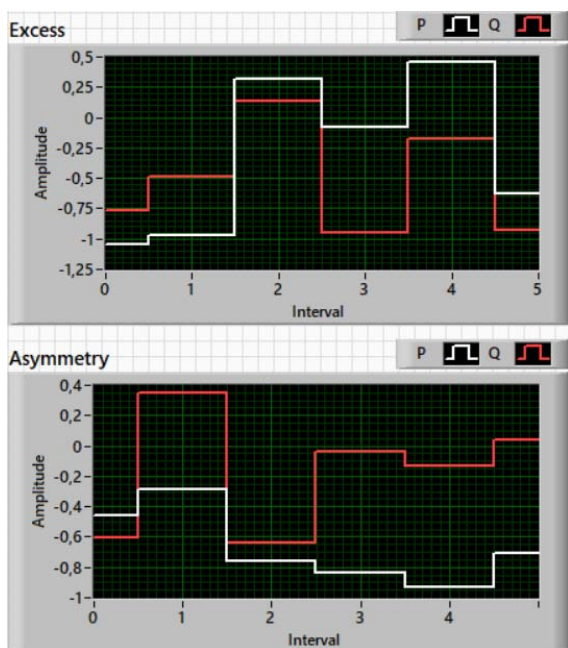


Рисунок 4. Графіки величин ексцесу та асиметрії, активної та реактивної потужності для інтервалів 0-5

Середнє квадратичне відхилення вказує на основний діапазон відхилень від математичного сподівання та його зміну. Ексцес та асиметрія вказують на відхилення від нормального в процесі.

Наприклад взявши до уваги показники асиметрії та ексцесу найбільш неоднозначного інтервалу номер 3 (рис.2.) та їх графіки щільності розподілу (рис. 5.). Активна потужність має значну від’ємну асиметрію ($A_{P/int3} = -0.838$) та не значний ексцес ($E_{P/int3} = -0.082$), що означає наявність значного падіння, при тому форма розподілу наближена до «еталонної». Реактивна потужність має протилежні показники, незначну асиметрію ($A_{Q/int3} = -0.034$) та великий ексцес ($E_{Q/int3} = -0.95$), що означає приблизно однакову ширину розподілу процесу відносно математичного сподівання, при тому з відхиленням більше до рівномірного розподілу.

В якості алгоритма обробки в системі контролю з використанням правила 3σ можливо виконати систему для виявлення значних відхилень:

$$y_i = \begin{cases} 3 & \text{if } M + 3\sigma < i \\ 2 & \text{if } M + 2\sigma < i \leq M + 3\sigma \\ 1 & \text{if } M + \sigma < i \leq M + 2\sigma \\ 0 & \text{if } M - \sigma \leq i \leq M + \sigma \\ -1 & \text{if } M - 2\sigma \leq i < M - \sigma \\ -2 & \text{if } M - 3\sigma \leq i < M - 2\sigma \\ -3 & \text{if } M - 3\sigma > i \end{cases} \quad (8)$$

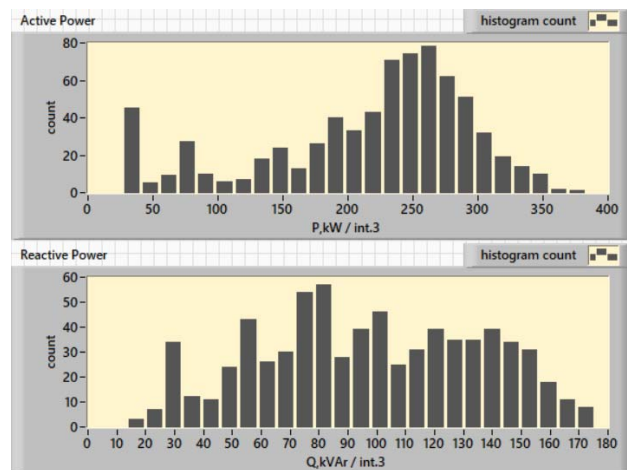


Рисунок 5. Графіки щільності розподілу активної та реактивної потужності третього інтервалу

Як приклад на основі системи розроблено програму та проведено експеримент щодо активної та реактивної потужності (рис. 6.). У довгостроковій перспективі відхилення. Активна потужність має довгий інтервал з високою частотою стрибків, що не перевищує рівень $M + 2\sigma$, довгим падінням на рівні $M - 3\sigma$ і довгим падінням на рівні $M - 2\sigma$. Реактив-

на потужність має інтервал з коливаннями до рівня $M + 2\sigma$, падіння на рівні $M - 2\sigma$ і великий інтервал коливань у діапазоні $[M - 2\sigma; M + 2\sigma]$.

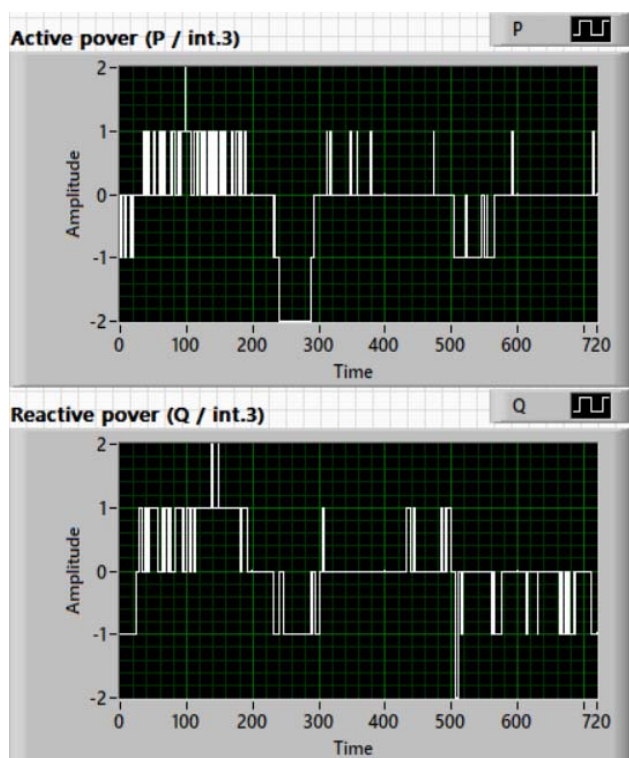


Рисунок 6. Фіксація виходу показників за межі довірчих інтервалів

V. ВИСНОВКИ

При довгостроковому спостереженні за потужністю запропонований метод значно зменшує кількість даних під час передачі основної інформації, рівня потужності та діапазону коливань, а також додаткову інформацію про зміни в інтервалах спостереження, виражені через ексцес та асиметрію.

Встановлено, що через складність охоплення великих проміжків часу виникає дилема щодо раціонального обсягу результуючої інформації, що може привести до її втрат. Для уникнення втрат інформації необхідно проводити операції по додатковій обробці даних, що в тривалих процесах безумовно знижує рівень її деталізації, при тому зберігаючи узагальнену інформацію поведінки процесів за проміжок спостереження.

В середовищі LabView розроблено систему в основу якої закладені принципи нормального розподілу. В результаті проведення дослідів на підставі тридобових даних активної та реактивної потужностей, встановлено, що показник середнього квадратичного відхилення вказує на збереження основного проміжку коливань активної потужності та спад проміжку в реактивної потужності.

В результаті досліджень характеристик нормаль-

ного розподілу вибірки активної та реактивної потужності відзначено значну асиметрію кривої розподілу реактивної потужності з від'ємним значенням відповідного коефіцієнту. Спостерігаються суттєві зміни коефіцієнту ексцесу кривої нормального розподілу як реактивної так і активної потужності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Khan, Z. A., Adil, M., Javaid, N., Saqib, M. N., Shafiq, M., & Choi, J. -. (2020). Electricity theft detection using supervised learning techniques on smart meter data. *Sustainability* (Switzerland), 12(19), 1-25. doi:10.3390/su12198023.
- [2] Meyers, B. E., Apostolaki-Iosifidou, E., and Schelhas, L. T., Solar Data Tools: Automatic Solar Data Processing Pipeline. *2020 47th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, 2020, pp. 0655-0656, doi: 10.1109/PVSC45281.2020.9300847.
- [3] Тодоров О. В., Бялобржеський О. В., Аналіз структури сучасної автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії, первинних пристроїв збору та обробки даних. *Вісник Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського*, №1, Лютий 2020, Кременчук, Україна, С. 145-150. DOI: 10.30929/1995-0519.2020.1.145-150
- [4] Babakmehr, M., Sartipizadeh, H., & Simões, M. G. (2020). Compressive informative sparse representation-based power quality events classification. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(2), 909-921. doi:10.1109/TII.2019.2922964
- [5] Huang Zhiwei et al., Transient power quality assessment based on big data analysis. *2014 China International Conference on Electricity Distribution (CICED)*, 2014, pp. 1308-1312, doi: 10.1109/CICED.2014.6991919.
- [6] Bialobrzheskyi, O., Bondarenko, S., & Yakymets, S. (2020). Innovative technique for evaluating electric power distortion in cable transmission line. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 2020(1), 58-63. doi:10.33271/nvngu/2020-1/058
- [7] Xiaqing, H., and Yonghong, H., Data processing technology used in power quality measurement system. *2009 7th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS)*, 2009, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICICS.2009.5397655.
- [8] Романова В. В., Хромов С. В., Применение методов математической статистики для прогнозирования возникновения несимметрии напряжения в электрических сетях. *Вестник Южно-Уральского государственного университета*, №17, Октябрь 2017, Челябинск, Российская Федерация, С. 59-71. doi: 10.14529/power170407
- [9] Zurkafli A. Z, N. Zaini and Latip M. F. A., Personal Energy Auditor based on Energy Consumption Rat-

- ing using Normal Distribution for Energy Efficiency. *2020 10th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)*, Penang, Malaysia, 2020, pp. 119-124, doi: 10.1109/ICCSCE50387.2020.9204942.
- [10] Burgas, L., Melendez, J., & Colomer, J. (2014). Principal Component Analysis for Monitoring Electrical Consumption of Academic Buildings. *Energy Procedia*, 62, 555–564. doi:10.1016/j.egypro.2014.12.417
- [11] Zhang, L., Huang, Z., Li, Z., Guo, K.: Research on the correlation of monthly electricity consumption in different industries: a case study of Bazhou county. *Procedia Comput. Sci.* 139, 496–503 (2018). doi:10.1016/j.procs.2018.10.245
- [12] Анищенко В. А., Писарчук Т. В. (2020). Контроль достоверности измерений нагрузки промышленного предприятия на основе анализа динамики ее изменений. *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*, №63(5), Минск, Республика Беларусь, С. 363-410. doi:10.21122/1029-7448-2020-63-5-393-410
- [13] Zagirnyak, M. V., Prus, V. V., Nikitina, A. V., Grounds for efficiency and prospect of the use of instantaneous power components in electric systems diagnostics. *Przeglad Elektrotechniczny*, vol. 82, no. 12, pp. 123-125, 2006.
- [14] Todorov, O., Bialobrzheskyi, O., & Andrii, S. (2020). Application of IEEE 1459-2010 for the power investigation a traction substation transformer secondary voltage. *Paper presented at the 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2020 - Conference Proceedings*, 199-204. doi:10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250094
- [15] Todorov, O., Bialobrzheskyi, O., & Bondarenko, S. (2020). Virtual complex prototype for metering a three-phase network electric power quantity and quality. *Paper presented at the Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Problems of Automated Electric Drive. Theory and Practice, PAEP 2020*, doi:10.1109/PAEP49887.2020.9240845

Стаття надійшла до редакції 25.05.2021

ПОДСИСТЕМА ОБРАБОТКИ ВЫБОРОК ДАННЫХ АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ

- ТОДОРОВ О.В. аспирант, кафедры систем электроснабжения и энергетического менеджмента Кременчугского национального университета им. Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина, e-mail: olehtodorov@gmail.com;
- БЯЛОБРЖЕСКИЙ О.В. канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры систем электроснабжения и энергетического менеджмента Кременчугского национального университета им. Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина, e-mail: seemal@kdu.edu.ua;
- РЕВА І.В. аспирант, кафедры систем электроснабжения и энергетического менеджмента Кременчугского национального университета им. Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина, e-mail: cgdizainer@gmail.com;
- БЕЗЗУБ М.А. аспирант, кафедры систем электроснабжения и энергетического менеджмента Кременчугского национального университета им. Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина, e-mail: bezzubmax@gmail.com;

Цель работы. Применение статистического анализа на объемные выборки данных параметров потребления электрической энергии, для уменьшения объема данных о мощности узла сети, которые будут храниться.

Методы исследования. Использование методов статистической обработки данных, в системе графического программирования LabVIEW.

Полученные результаты. Электрическая энергия является одним из видов энергии объема генерации, транспортировки, распределения и использования которой постоянно растут. На всех указанных этапах происходит контроль параметров скорости изменения электрической энергии - мощности. Мощность характеризуется определенными параметрами подлежащих непрерывному мониторингу. Изменение мощности в условиях промышленных предприятий имеет сложный характер с определенными стохастическими составляющими. Необходимость фиксации детальной информации вызывает рост объема данных, подлежащих хранению. Как следствие, возникает задача обработки данных об объемах электрической энергии и параметры электрической мощности с уменьшением объема данных и сохранением информативности. Основываясь на статистической концепции нормального распределения, в среде графического программирования построено подсистему обработки данных на интервалах выборки активной и реактивной мощностей секции низкого напряжения понижающей подстанции. С использованием показателей характеристики нормального распределения активной и реактивной мощностей, выполнен анализ их Полусуточная выборки. Выделенные интервалы, на которых существенно различаются показатели нормального распределения, что позволило сформировать

выводы о наличии режимов, приближенных к холостого хода.

Научна новизна. Установлено, что из-за сложности охвата больших промежутков времени при фиксации данных о параметрах электрической мощности, возникает дилемма относительно объема результирующей информации и ее детализации, во избежание потерь информации предложена процедура, основанная на законе нормального распределения выборки данных, и в длительных процессах снижает объем результирующих данных, подлежащих хранению, с возможностью фиксации существенных отклонений по показателям эксцесса и асимметрии соответствующей выборки.

Практическая ценность. Применяя в системе мониторинга при долгосрочном наблюдении за параметрами электрической мощности предложенный метод может значительно уменьшить количество данных при передаче основной информации, уровня мощности и диапазона колебаний, а также, при необходимости, использовать дополнительную информацию об изменениях в интервалах наблюдения, выраженные через эксцесс и асимметрию.

Ключевые слова: активная мощность; реактивная мощность; нормальное распределение; эксцесс; асимметрия; математическое ожидание; среднее квадратическое отклонение.

SUBSYSTEM OF SAMPLE PROCESSING OF ACTIVE AND REACTIVE POWER OF TRANSFORMER SUBSTATION

TODOROV O.V. PhD student, Department of electricity consumption system and power management of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: olehtodorov@gmail.com;

BIALOBRZHESKYI O.V. PhD, Department of electricity consumption system and power management of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: seemal@kdu.edu.ua;

REVA I.V. PhD student, Department of electricity consumption system and power management of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: cgdizainer@gmail.com;

BEZZUB M.A. PhD student, Department of electricity consumption system and power management of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi national university, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: bezzubmax@gmail.com;

Purpose. Apply statistical analysis to the volumetric samples of electricity consumption parameters to reduce the amount of network node capacity that will be stored.

Methodology. Using the statistical data methods processing in the graphical programming system LabVIEW.

Findings. Electricity is one of the energy types, the generation volume, transportation, distribution and use of which is constantly growing. At all these stages, the control of the change rate parameters of electrical energy – power occurs. Power is characterized by certain parameters that are subject to continuous monitoring. The change capacity in the conditions of industrial enterprises has a complex character with certain stochastic components. The need to record detailed information causes an increase in the data amount to be stored. As a result, there is a processing data problem on electric energy volumes and electric power parameters with reduction data volume and informativeness preservation. Based on the statistical normal distribution concept, in the graphical programming environment the data processing subsystem on sampling intervals of active and reactive powers of low voltage section the step-down substation is constructed. Using the indicators of the characteristics of the normal distribution of active and reactive power, the analysis of their semi-daily samples was performed. Selected intervals at which the indicators of normal distribution differ significantly, which allowed to form conclusions about the presence of modes close to idling **Originality.** It is established that due to the difficulty covering long time periods under the fixing condition data on electric power parameters, there is a dilemma regarding the resulting information amount and its detailing, to avoid information loss, a procedure based on the law of normal data sampling is the resulting data to be stored, with the possibility recording significant deviations in terms of excess and sample asymmetry.

Practical value. Applying the proposed method in the monitoring system for long-term monitoring electrical power parameters, it is possible to reduce significantly the amount of data during the transmission basic information, power level and range, and, if necessary, use additional information about changes in observation intervals expressed through excess and asymmetry.

Keywords: active power; reactive power; normal distribution; excess; asymmetry; mathematical expectation; standard deviation..

REFERENCES

- [1] Khan, Z. A., Adil, M., Javaid, N., Saqib, M. N., Shafiq, M., & Choi, J. -. (2020). Electricity theft detection using supervised learning techniques on smart meter data. *Sustainability* (Switzerland), 12(19), 1-25. doi:10.3390/su12198023.
- [2] Meyers, B. E., Apostolaki-Iosifidou, E., and Schelhas, L. T., Solar Data Tools: Automatic Solar Data Processing Pipeline. *2020 47th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, 2020, pp. 0655-0656, doi: 10.1109/PVSC45281.2020.9300847.
- [3] Todorov, O., Bialobrzheskyi, O., Analysis of automated system structure for controlling and metering the electric energy, primary data collection and processing devices. *Bulletin of Kremenchuk Mykhailo Ostrogradsky National University*, vol. 1, February 2020, Kremenchuk, Ukraine, pp. 145-150. DOI: 10.30929/1995-0519.2020.1.145-150
- [4] Babakmehr, M., Sartipizadeh, H., & Simões, M. G. (2020). Compressive informative sparse representation-based power quality events classification. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(2), 909-921. doi:10.1109/TII.2019.2922964
- [5] Huang Zhiwei et al., Transient power quality assessment based on big data analysis. *2014 China International Conference on Electricity Distribution (CICED)*, 2014, pp. 1308-1312, doi: 10.1109/CICED.2014.6991919.
- [6] Bialobrzheskyi, O., Bondarenko, S., & Yakymets, S. (2020). Innovative technique for evaluating electric power distortion in cable transmission line. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 2020(1), 58-63. doi:10.33271/nvngu/2020-1/058
- [7] Xiaoqing, H., and Yonghong, H., Data processing technology used in power quality measurement system. *2009 7th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS)*, 2009, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICICS.2009.5397655.
- [8] Romanova, S. V., Khromov, S. V., Application of mathematical statistics methods for predicting occurrence of voltage unbalance in electrical networks. *Bulletin of the South Ural state University*, vol. 17, October 2017, Chelyabinsk, Russia Federation, pp. 59-71.
- [9] Zurkafli, A. Z, N. Zaini and Latip, M. F. A., Personal Energy Auditor based on Energy Consumption Rating using Normal Distribution for Energy Efficiency. *2020 10th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)*, Penang, Malaysia, 2020, pp. 119-124, doi: 10.1109/ICCSCE50387.2020.9204942.
- [10] Burgas, L., Melendez, J., & Colomer, J. (2014). Principal Component Analysis for Monitoring Electrical Consumption of Academic Buildings. *Energy Procedia*, 62, 555–564. doi:10.1016/j.egypro.2014.12.417
- [11] Zhang L., Huang Z., Li Z., Guo K.: Research on the correlation of monthly electricity consumption in different industries: a case study of Bazhou county. *Procedia Comput. Sci.* 139, pp. 496–503 (2018). doi:10.1016/j.procs.2018.10.245
- [12] Anishchenko, V. A., & Pisaruk, T. V. (2020). Monitoring the accuracy of measurements the load of industrial enterprises. *Energetika.Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations*, vol. 63(5), Minsk, Republic of Belarus, 363-410. doi:10.21122/1029-7448-2020-63-5-393-410
- [13] Zagirnyak, M. V., Prus, V. V., Nikitina, A. V., Grounds for efficiency and prospect of the use of instantaneous power components in electric systems diagnostics. *Przeglad Elektrotechniczny*, vol. 82, no. 12, pp. 123-125, 2006.
- [14] Todorov, O., Bialobrzheskyi, O., & Andrii, S. (2020). Application of IEEE 1459-2010 for the power investigation a traction substation transformer secondary voltage. *Paper presented at the 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2020 - Conference Proceedings*, 199-204. doi:10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250094
- [15] Todorov, O., Bialobrzheskyi, O., & Bondarenko, S. (2020). Virtual complex prototype for metering a three-phase network electric power quantity and quality. *Paper presented at the Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Problems of Automated Electric Drive. Theory and Practice, PAEP 2020*, doi:10.1109/PAEP49887.2020.9240845