



DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-2-8

УДК 621.315

І. М. Трунова<sup>1</sup>, канд. техн. наук  
О. О. Мірошник<sup>1</sup>, д-р техн. наук  
А. І. Середа<sup>1</sup>, канд. техн. наук  
С. М. Дудніков<sup>1</sup>, канд. техн. наук  
В. Г. Пазій<sup>1</sup>, ст. викладач  
О. М. Мороз<sup>1</sup>, д-р техн. наук  
О. А. Савченко<sup>1</sup>, канд. техн. наук  
С. А. Попадченко<sup>1</sup>, ст. викладач  
С. В. Галько<sup>2</sup>, канд. техн. наук  
І. В. Ладижинський<sup>1</sup>, магістр

ORCID: 0000-0001-7510-4291  
ORCID: 0000-0002-6144-7573  
ORCID: 0000-0002-7670-6822  
ORCID: 0000-0002-0337-0707  
ORCID: 0000-0002-7336-0854  
ORCID: 0000-0002-8520-9211  
ORCID: 0000-0002-6401-0852  
ORCID: 0000-0003-2537-9769  
ORCID: 0000-0001-7991-0311  
ORCID: 0009-0009-1538-4776

<sup>1</sup>Державний біотехнологічний університет, м. Харків

<sup>2</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного

email: trunova\_iryna@btu.kharkov.ua, тел.: +380965906690

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБҐРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ

*Анотація* Запропоновані рекомендації щодо використання баз даних, які існують для складання форм звітності Операторів систем розподілу та які можливо сформулювати за результатами розрахунків та за довідниковими даними, для створення консолідованої інформації, що може використовуватися в процесах підтримки прийняття рішень щодо інвестиційних планів для виконання робіт технічної експлуатації об'єктів розподільних мереж. Розглянутий приклад використання визначених баз даних в автоматизованій системі обґрунтування реконструкції об'єктів розподільної мережі електропостачання. Розроблена структурна схема баз даних Оператора систем розподілу для розрахунків технічних показників реконструкції об'єктів розподільних мереж електропостачання.

*Ключові слова:* інтеграція баз даних, реконструкція, розподільна мережа електропостачання, інвестиційні плани.

*Постановка проблеми.* В Україні напередодні повномасштабної війни почалося реформування електроенергетичної галузі, впроваджено ринок електричної енергії та РAB-регулювання. Згідно з останніми розпорядженнями Регулятора, а в Україні це Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), кожний Оператор системи розподілу (ОСР) розробляє п'ятирічний План розвитку системи розподілу, де



наводять фактичні та прогнозовані обсяги попиту на електричну енергію, показники якості електропостачання, втрати електричної енергії тощо. При цьому використовуються (або формуються) відповідні бази даних в автоматизованій системі управління підприємством, які використовуються і для заповнення різних форм звітності (щорічних, щоквартальних тощо). За результатами аналізу (до закриття цієї інформації на сайтах ОСР внаслідок воєнного стану) ці бази даних не в повній мірі використовуються ОСР у щорічному обґрунтуванні інвестиційних програм, зокрема, щодо реконструкції об'єктів розподільних мереж. Особливо це стосується показників якості електропостачання, що характеризують надійність електропостачання та якість електричної енергії, наприклад, зміни напруги, System Average Interruption Duration Index (SAIDI) та Energy Not Supplied (ENS) тощо.

*Формулювання мети статті.* Метою дослідження є розробка рекомендацій щодо можливості автоматизованого інформаційного забезпечення обґрунтування реконструкції об'єктів розподільних мереж на основі використання наявних баз звітних, фактичних, розрахункових та довідникових даних ОСР.

*Аналіз останніх досліджень.* В Україні, як і в багатьох інших європейських країнах, що відмічено у 6-ому бенчмаркінг-звіті CEER про якість електро- та газопостачання [1], створена система регулювання якості електропостачання, де передбачено підвищення загальних рівнів безперервності електропостачання та підтримання стандартних характеристик напруги завдяки інвестиційним рішенням, в тому числі завдяки впровадження відновлюваних джерел енергії на основі вітрових [2-4] і сонячних [5-8] електростанцій, що під'єднуються до розподільчих мереж. Також передбачені компенсації споживачам за недотримання гарантованих стандартів якості електропостачання [9]. Тобто створені економічні важелі впливу, звідси, цю складову слід враховувати в обґрунтуванні реконструкції розподільних мереж.

Застосування програмного забезпечення, в тому числі з використанням електронних таблиць Microsoft Excel, для аналізу проектування низьковольтних розподільних мереж з метою запобігання низької якості електроенергії у споживачів розглядалося в багатьох дослідженнях [10-17]. Зокрема, у [10-12] представлена структура програмного забезпечення та блок-схема, яка передбачає ввід даних щодо навантаження та лінійних даних. При цьому, не уточнюється в запропонованій структурі програмного забезпечення та блок-схемі яким чином ці дані вводяться (автоматизовано чи вручну), з яких баз даних.



Що стосується надійності електропостачання, то, як відмічалось у багатьох публікаціях [18-21], однією з причин перерв в електропостачанні в Україні є фізичний знос обладнання та його незадовільний або непридатний технічний стан, коли потрібна реконструкція окремих об'єктів або будівництво нових розподільних мереж.

Згідно [22] реконструкція об'єктів розподільних мереж – ліній електропередачі (ПЛ), трансформаторних підстанцій (ТП), розподільних пунктів (РП), передбачає такі роботи, як підвищення пропускної здатності ПЛ за рахунок збільшення перерізу проводів, підвищення її механічної міцності (за рахунок установа додаткових опор задля зменшення довжини прольотів тощо), оснащення ПЛ пристроями автоматики, телемеханіки і дистанційних визначень місць пошкодження, роботи з модернізації або заміни основного устаткування ТП на устаткування більшої потужності або більш високої номінальної напруги, зміни електричної схеми ТП тощо.

Питанню проектування розподільних мереж з використанням баз даних автоматизованої системи побудови типових графіків навантажень розглядалось у статті [23], однак не були опрацьовані питання використання цих даних в техніко-економічному обґрунтуванні технічних рішень реконструкції. А фактичне та перспективне навантаження є основою для визначення необхідного перерізу проводів, втрат напруги та електроенергії.

ОСР на сьогодні використовують автоматизовані системи управління активами. У [24] обґрунтовувалось, що, як правило, вони застосовуються не в повній мірі, але не запропоновані рекомендації щодо зміни цієї ситуації. Як відомо за роботами [25,26] сучасні сервісно-орієнтовані ERP-системи дозволяють компаніям (в тому числі ОСР) адаптувати та налагоджувати інформаційні потоки та інтегрувати різноманітні інформаційні системи, інтегрувати дані різних баз, що створені на підприємстві. У дослідженні [27,28] були опубліковані рекомендації щодо інтеграції певних баз даних ОСР для створення консолідованої інформації, що може використовуватися в процесах підтримки прийняття рішень у інвестиційних планах забезпечення виконання робіт технічної експлуатації об'єктів розподільних мереж, але не враховані зими у останніх постановках НКРЕКП та деякі можливі розширення переліку баз даних та їхнього використання в автоматизованій системі обґрунтування реконструкції об'єктів розподільних мереж.

*Основна частина.* Як показав аналіз прикладів обґрунтування реконструкції об'єктів розподільних мереж, що на момент дослідження був у вільному доступі на сайтах ОСР, до технічних



аспектів, як правило, ОСР відносять: оцінку технічного стану об'єктів розподільних мереж, що визначається згідно [22]; показники якості електропостачання; технологічні втрати електричної енергії; пропускну здатність системи розподілу тощо.

Висновок про технічний стан розподільних мереж електропостачання роблять за чинним в Україні стандартом [22]. Щорічно кожний ОСР має звітувати перед Держенергонаглядом щодо якісної та кількісної оцінки технічного стану розподільних мереж за формою 56-енерго [29]. Відповідно, в кожному ОСР формується база даних для цієї звітності, яку позначимо через DB-56, де крім висновків про технічний стан кожного об'єкта розподільної мережі, є їхні технічні характеристики (довжина ділянок ПЛІ з проводом певного перерізу, типи опор, потужність трансформаторів тощо).

Аналіз показав, що в обґрунтуванні реконструкції об'єктів розподільних мереж не враховується кількісна оцінка технічного стану розподільних мереж, а лише якісна оцінка. Тобто на основі зафіксованих дефектів визначається коефіцієнт дефектності (КД) об'єктів розподільних мереж. Якщо він в межах від 25 до 50%, то робиться висновок, що цей об'єкт потребує реконструкції, так як об'єкт або сукупність об'єктів знаходяться у незадовільному технічному стані. В інших випадках приймається рішення залежно від значення КД про технічне обслуговування, або про капітальний ремонт, або про повну заміну об'єкту розподільних мереж.

Однак в цієї статті розглядається саме випадок автоматизованого прийняття рішення про реконструкцію, що має бути обґрунтованим в інвестиційних програмах ОСР (хоча загальний підхід та частка рекомендацій розповсюджуються і на інші варіанти). Висновок про те, в якому технічному стані знаходяться об'єкти розподільних мереж (доброму, задовільному, незадовільному або непридатному) – це якісна оцінка.

Кількісна оцінка дозволяє зробити прогноз ймовірної кількості відмов в наступному році за наявності зафіксованих дефектів на 31 грудня попереднього року. Це можна використовувати, наприклад, для визначення ймовірної тривалості відключення електропостачання внаслідок термінового усунення відмов та врахування у прогнозованому загальному показнику обсягу недовідпущеної електроенергії.

Розглянемо приклад застосування наявних баз даних ОСР (розрахункових, звітних, довідникових) для використання кількісної оцінки технічного стану ПЛІ у визначенні ймовірної тривалості ремонтів для термінового усунення відмов (за умови, що реконструкцією не будуть виконувати, а дефекти, що були зафіксовані



на 31 грудня попереднього року, залишаться до усунення після відмови).

Скористаємося вихідними даними прикладу у [24] з однієї з інвестиційних програм АТ «Чернігівобленерго». Перелік та кількість дефектів, які зафіксовано на 31 грудня звітного року на ПЛ напругою 0,38 кВ «ТП-1 – вул. Воровського», технічний стан якої визначений як незадовільний з КД = 43,6 (тобто ця ПЛ потребує реконструкції). Відповідні найменування дефектних елементів та кількість дефектів одного типу (з бази даних DB-56) зведені до таблиці 1 як вихідні дані для розрахунків.

Також як вихідні дані з DB-56 до таблиці 1 вносяться дані щодо ймовірності відмови об'єкта (відн. од/рік) – це довідникові дані стандарту [24]. Вони використовуються для складання звітності за формою 56-енерго, коли розраховується прогнозна кількість відключень ПЛ на наступний рік  $VO_{ПЛ}$  (відкл./рік) – це кількісна оцінка технічного стану ПЛ.

Таблиця 1

Приклад використання наявних баз даних для визначення ймовірної тривалості ремонтів після прогнозованої відмови ПЛ

| Найменування дефектного елемента   | DB-56                          |   |                        | DB-PM               |  | DB-11 <sub>060</sub>              |
|------------------------------------|--------------------------------|---|------------------------|---------------------|--|-----------------------------------|
|                                    | Кількість дефектів одного типу | Ймовірність відмови об'єкта, відн. од/рік | $VO_{ПЛ}$ , відкл./рік | Норма часу, люд.год | Необхідна кількість електромонтерів для усунення дефекту | Ймовірна тривалість ремонту, год. |
| Стійки дерев'яні                   | 5 шт.                          | 0,8                                       | 4                      | 7,62                | 3  | 10,2                              |
| Опори залізобетонні                | 17 шт.                         | 0,2                                       | 3,4                    | 0,99                | 3  | 1,1                               |
| Провід неізольований               | 4,874 км                       | 0,8                                       | 3,9                    | 11,35               | 3  | 14,8                              |
| Відгалуження від опор ПЛ до введів | 54 шт.                         | 0,4                                       | 21,6                   | 2,8                 | 2  | 30,2                              |

З бази даних DB-PM модулю РМ «Техобслуговування й ремонт обладнання» ERP-системи до розрахунків залучаємо інформацію типових технологічних карт, зокрема, зі стандарту [30] щодо норм часу та необхідної кількості електромонтерів для усунення причини відмови.



Формуємо результати розрахунків ймовірної тривалості ремонту (год.) у разі аварійної відмови об'єкту внаслідок наявних дефектів, що були зафіксовані на 31 грудня звітного року, у ДВ-11<sub>060</sub>. Пропонується так позначити цю базу даних, бо вона створюється для врахування часу на проведення аварійних відновлювальних робіт (в даному випадку прогнозне значення), а у формі звітності №11-НКРЕКП-якість-розподіл «Звіт щодо показників надійності (безперервності) електропостачання» фактичні значення звітного періоду заносяться до графі 060. Як показав аналіз, ОСР використовують для техніко-економічного обґрунтування реконструкції об'єктів розподільних мереж саме звітні фактичні дані. А цей приклад у таблиці 1 (визначення ймовірної тривалості ремонтів для термінового усунення причини відмови ПЛ із залученням інформації наявних баз даних та з формуванням бази даних для наступного етапу техніко-економічного обґрунтування реконструкції ПЛ) ілюструє можливість прогнозних розрахунків на основі кількісної оцінки технічного стану об'єктів розподільних мереж, з використанням певних баз даних, яку ОСР не використовують.

Важливим етапом обґрунтування реконструкції об'єктів розподільних мереж є визначення технологічних втрат електроенергії ( $\Delta W^{(p)}$ ) згідно з [31] та втрат напруги ( $\Delta U$ ) після реконструкції.

На рис. 1 приведена блок-схема прикладу розрахунків  $\Delta W^{(p)}$  та  $\Delta U$  з використанням наявних та з формуванням нових баз даних для наступного врахування в обґрунтуванні реконструкції ПЛ напругою 10 кВ із заміною проводів.

На рис. 1 використовуються такі позначення:

$U_n$  – номінальна напруга;

$I_j$  – струм на  $j$ -тій ділянці ПЛ;

$k_\phi$  – коефіцієнт форми графіка навантаження;

$S_j$  – повна потужність на  $j$ -тої ділянці ПЛ;  $l_j$  – довжина  $j$ -тої ділянки ПЛ;

$r_{0j}$ ,  $x_{0j}$  – питомі, відповідно, активний та індуктивний опори  $j$ -тої ділянки ПЛ;

$T_p$  – час роботи ПЛ під навантаженням протягом розрахункового періоду;

ДВ-АСКОЕ – база даних автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії;

ДВ- $\Delta W^{(p)}$  та ДВ- $\Delta U$  – сформовані бази даних результатів розрахунку відповідно технологічних втрат електричної енергії та втрат напруги;

ДВ-RX – база довідникових даних щодо технічних характеристик проводів, яка може бути окремою базою даних або складовою ДВ-56.

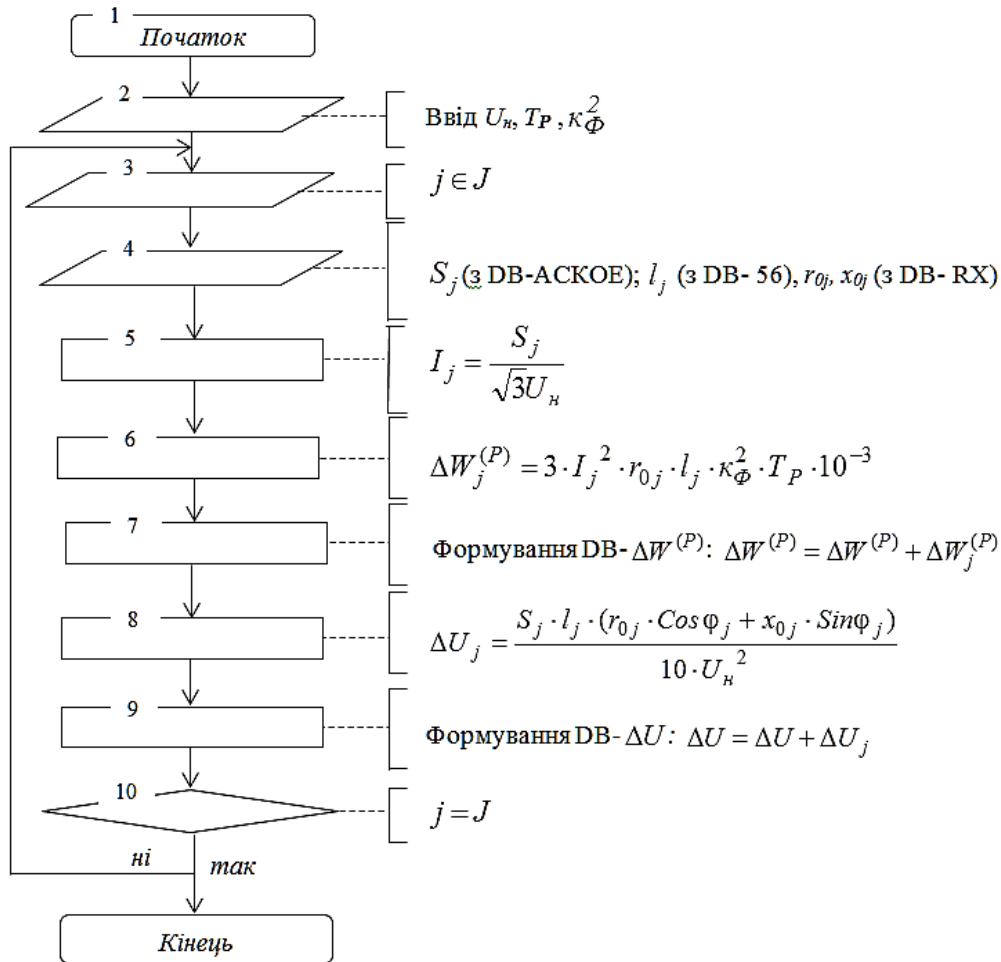


Рис. 1. Блок-схема алгоритму розрахунків  $\Delta W^{(p)}$  та  $\Delta U$  з використанням наявних баз даних та з формуванням баз даних результатів розрахунків

Узагальнюючи, на рис. 2 представимо структурну схему з відповідними базами даних як джерелами інформації для визначення основних технічних показників, які можуть використовуватися в наступному обґрунтуванні інвестиційних програм реконструкції об’єктів розподільних мереж.

На схемі, що представлена на рис. 2, розглядаються такі технічні показники:

КД – коефіцієнт дефектності;

$\Delta W^{(p)}$  – технологічні втрати електричної енергії;

W – обсяг розподілу електричної енергії;

$\Delta U$  – втрати напруги;

SAIDI, SAIFI та ENS – показники якості електропостачання.

Крім вже згаданих баз даних DB-56, DB-ACKOE, DB-RX, DB-PM, DB- $\Delta W^{(p)}$ , DB- $\Delta U$ , DB-11<sub>060</sub> на рис. 2 також приведені такі умовні позначення баз даних:

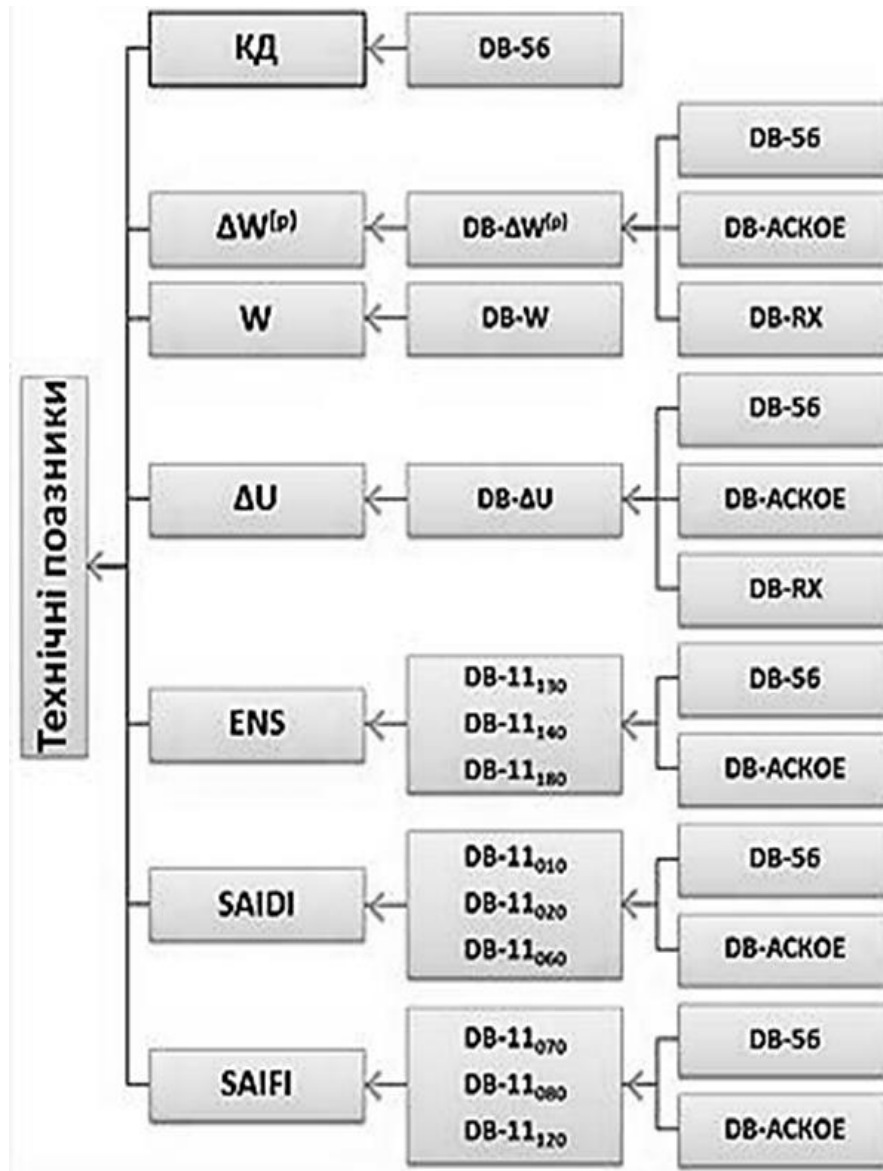


Рис. 2. Узагальнена структура баз даних для розрахунків технічних показників в обґрунтуванні реконструкції об'єктів розподільних мереж

DB-11<sub>010</sub> – база даних для врахування часу на проведення планових ремонтних робіт (у формі звітності №11-НКРЕКП-якість-розподіл «Звіт щодо показників надійності (безперервності) електропостачання» це графа 010);

DB-11<sub>130</sub> – база даних для врахування невідпуску електричної енергії внаслідок запланованих перерв на проведення ремонтів з відключенням споживачів (у формі звітності №11-НКРЕКП-якість-розподіл це графа 130);

DB-11<sub>180</sub> – база даних для врахування невідпуску електричної енергії внаслідок технологічних порушень в електричних мережах ОСР (у формі звітності №11-НКРЕКП-якість-розподіл це графа 180);

DB-W – база даних щодо обсягів розподілу електричної енергії;





DB-1175 – база даних для розрахунку тарифу на розподіл електричної енергії, яка формується в кожному ОСР згідно [32].

Збільшення пропускної здатності системи розподілу (відповідно і в перспективі – збільшення обсягів розподілу електричної енергії  $W$ ) відбувається після реконструкції об'єктів системи розподілу, наприклад, якщо замінюють трансформатори на ТП на трансформатори більшої потужності, або замінюють проводи ПЛ на проводи більшого перерізу. Відповідно, це можна враховувати в обґрунтуванні реконструкції об'єктів розподільної мережі, визначивши прогнозовані обсяги розподілу електричної енергії. При цьому, сформована база даних DB-W може бути складовою відповідної бази даних для розрахунку тарифу на розподіл електричної енергії згідно з Постановою НКРЕКП №1175 [32] (DB-1175). Однак, збільшення пропускної здатності системи розподілу не є вирішальним фактором щодо збільшення обсягів розподілу електричної енергії, на це впливають і інші фактори (показники зростання ділової активності, насамперед). Тому, якщо термін окупності інвестицій незначний, то при розрахунках також використовують і фактичні обсяги розподілу електричної енергії попереднього року з DB-АСКОЕ.

*Висновки.* Приведені результати дослідження використання баз даних, що існують для звітності ОСР, та які формуються за результатами розрахунків та за довідниковими даними, можуть бути корисними для інтеграції цих даних до консолідованого інформаційного простору компанії для щорічного автоматизованого обґрунтування інвестиційних програм реконструкції об'єктів розподільних мереж. Також може бути корисною для цієї мети розроблена та запропонована до використання блок-схема алгоритму розрахунків технологічних втрат електричної енергії та втрат напруги з використанням наявних баз даних.

*Список використаних джерел.*

1. 6th CEER Benchmarking Report on the Quality of Electricity and Gas Supply – 2016, CEER, August 2016.
2. Qawaqzeh M. Z., Szafraniec A., Halko S., Miroshnik O., Zharkov, A. Modelling of a household electricity supply system based on a wind power plant. *Przegląd Elektrotechniczny*, 2020. Vol. 96(11). P. 36-40. <https://doi.org/10.15199/48.2020.11.08>.
3. Szafraniec A., Halko S., Miroshnik O., Figura R., Zharkov A., Vershkov O. Magnetic field parameters mathematical modelling of wind-electric heater. *Przegląd Elektrotechniczny*, 2021. Vol. 97(8). P. 36-41. <https://doi.org/10.15199/48.2021.08.07>.



4. Галько С. В., Жарков В. Я., Жарков А. В. Технології та засоби перетворення відновлюваних джерел енергії для приватних домогосподарств: монографія. Мелітополь: Люкс, 2019. 215 с.

5. Галько С. В. Експериментальне дослідження і визначення параметрів когенераційного фотоелектричного модуля для гібридних сонячних електростанцій. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень*: матеріали Міжнар. наук. конф., 10 квіт. 2020 р. Луцьк: МЦНД, 2020. Т. 1. С. 83-90. <https://doi.org/10.36074/10.04.2020.v1.10>.

6. Галько С. В. Використання когенераційних фотоелектричних модулів для зарядки акумуляторів електромобілів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. Мелітополь: ТДАТУ. 2019. Вип. 19, т. 3. С. 130-141. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-130-141>.

7. Halko S., Halko K. Research of electrical and physical characteristics of the solar panel on the basis of cogeneration photoelectric modules. *Integración de las ciencias fundamentales y aplicadas en el paradigma de la sociedad post-industrial: Colección de documentos científicos «ΛΟΓΟΣ» con actas de la Conferencia Internacional Científica y Práctica*, 24 de abril de 2020. Barcelona, España: Plataforma Europea de la Ciencia, 2020. Vol. 2. P. 39-44. <https://doi.org/10.36074/24.04.2020.v2.10>.

8. Savchenko O., Miroshnyk O., Moroz O., Trunova I., Sereda A., Dudnikov S., Kozlovskiy O., Buinyi R., Halko S. Improving the efficiency of solar power plants based on forecasting the intensity of solar radiation using artificial neural networks. *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2021. P. 137-140. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570009>.

9. Про затвердження Порядку забезпечення стандартів якості електропостачання та надання компенсацій споживачам за їх недотримання: Постанова НКРЕКП від 12.06.2018 № 375. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0375874-18#Text> (дата звернення 15.03.2024).

10. Du M. Q., Li Y., Liu C. F., Liang T. J. Low-Voltage Analysis of Distribution Network Software Design and Application. *Energy and Power Engineering*. 2017. Vol. 9. P. 183–188. <https://doi.org/10.4236/epe.2017.94B022>.

11. Bertling L., Allan R., Eriksson R. A reliability-centered asset maintenance method for assessing the impact of maintenance in power distribution systems. *IEEE Trans. Power Syst.* 2005. Vol. 20(1). P. 75–82. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2004.840433>.

12. Pan J., Qi M. Study on short-term load forecasting of distributed power system based on wavelet theory. *10th International Conference on*



*Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA)*. Changsha, China. 2018. P. 170-173.

13. Мирошник А. А. Анализ состояния проблемы качества электрической энергии в сельских сетях. *Вестник НТУ «ХПИ». Серия «Энергетика: надежность и энергоэффективность»*. 2011. Вып. 41. С. 100–104.

14. Самойленко І. О. Методичні засади щодо економічної оцінки впливу якості електроенергії на організацію економічної діяльності на регіональному рівні. *Сталий розвиток економіки*. 2013. № 2. С. 153-158.

15. Tang Z. The Influence of Decentralized Charging Pile Connection on Voltage Deviation of Distribution Network. *Journal of Physics Conference Series*. 2023. Vol. 2592(1). e012095. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2592/1/012095>.

16. Song H., Lee S. Study on the Systematic Design of a Passive Balancing Algorithm Applying Variable Voltage Deviation. *Electronics*. 2023. Vol. 12(12). P. 2587. <https://doi.org/10.3390/electronics12122587>.

17. Yingyuan Z. L., Zhao L. L., Fan Y. Study on Influence of Voltage Deviation on Loss of Low Voltage Distribution Network. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 440(3). e032030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/440/3/032030>.

18. Pazyi V., Miroshnyk O., Moroz O., Trunova I., Savchenko O., Halko S. Analysis of technical condition diagnostics problems and monitoring of distribution electrical network modes from smart grid platform position. *2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2020. e9250080. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250080>.

19. Мартиненко Д. О., Трунова І. М. Аналіз передвоєного стану надійності електропостачання розподільними мережами. *Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті: матер. XIX Міжнар. форуму молоді*. 2023. URL: <https://btu.kharkov.ua/novini/mizhnarodnyj-forum-molodi-molod-i-industriya-4-0-v-xxi-storichchi/> (дата звернення 14.03.2024).

20. Трунова І. М., Мірошник О. О., Мороз О. М. Аналіз ефективності використання інвестицій для підвищення надійності електропостачання. *Енергетика. Енергозбереження. Енергоаудит*, 2020. № 10(152). С. 23-29.

21. Зінов'єв О. Д. Аналіз технічного стану розподільних мереж. *Молодь і сільськогосподарська техніка в XXI столітті: зб. матеріалів XVII-ого Міжнародного форуму молоді*. Харків: ХНТУСГ, 2021. С. 163.

22. Методичні вказівки з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38—20 кВ з



повітряними лініями електропередачі: СОУ-Н МПЕ 40.1.20.576:2005. Офіц. вид. Київ: М-во палива та енергетики України, 2005. 67 с.

23. Trunova I., Miroshnyk O., Moroz O. The analysis of use of typical load schedules when the design or analysis of power supply systems. *IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2020. e9250120. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek51551.2020.9250120>.

24. Трунова І. М., Дишлевський А. В., Куліш Л. О. Вдосконалення методики обґрунтування реконструкції об'єктів розподільних мереж. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. Серія: Енергетика, надійність та енергоефективність. 2020. № 1(1). С. 84-88.

25. Georges E. K. Building a Service-Oriented ERP from an Open Source Software. *Fourth International Conference on Software Engineering Advances*. Porto, Portugal, 2009. <https://doi.org/10.1109/ICSEA.2009.14>.

26. Arachchi S. M., Chong S. C., Kathabi A. System Implementation Failures in the ERP Development Process. *Journal of Computer and Communications*. 2019. 7. P 112-127. <https://doi.org/10.4236/jcc.2019.712011>.

27. Al Issa H. A., Trunova I., Miroshnyk O. Databases Case Study in Substantiation of Reconstruction of Power Distribution Networks Objects. *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. 2021. e9598684. <https://doi.org/10.1109/MEES52427.2021.9598684>.

28. Trunova I., Miroshnyk O., Moroz O., Savchenko O., Pazyi V., Sereda A., Halko S., Buinyi R. The substantiation of reconstruction of power distribution networks objects. *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2021. P. 126-131. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570107>.

29. Перелік форм відомчої статистичної звітності. Офіційний веб-портал Державної служби статистики України. URL: [https://ukrstat.gov.ua/metod\\_zv\\_doc/min\\_paluva.html](https://ukrstat.gov.ua/metod_zv_doc/min_paluva.html) (дата звернення 14.03.2024).

30. Типові технологічні карти на капітальний ремонт та технічне обслуговування електричних мереж напругою 0,4-20 кВ: СОУ-Н МПЕ 40.1.20.663:2005. Офіц. вид. Київ: М-во палива та енергетики України, 2005. 167 с.

31. Методичні рекомендації визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання: СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-82:2013. Офіц. вид. Київ: М-во палива та енергетики України, 2013. 61 с.

32. Про затвердження Порядку встановлення (формування) тарифів на послуги з розподілу електричної енергії: Постанова



НКРЕКП від 05.10.2018 № 1175. URL:  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1175874-18#Text> (дата звернення  
14.03.2024).

*Стаття надійшла до редакції 21.03.2024 р.*

**I. Trunova<sup>1</sup>, O. Miroshnyk<sup>1</sup>, A. Sereda<sup>1</sup>, S. Dudnikov<sup>1</sup>, V. Pazi<sup>1</sup>, O. Moroz<sup>1</sup>,  
O. Savchenko<sup>1</sup>, S. Popadchenko<sup>1</sup>, S. Halko<sup>2</sup>, I. Ladyzhynskyi<sup>1</sup>,**  
<sup>1</sup>State Biotechnological University  
<sup>2</sup>Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

## **AUTOMATED SYSTEM OF JUSTIFICATION FOR RECONSTRUCTION OF DISTRIBUTION NETWORK OBJECTS**

### *Summary*

Proposed recommendations on the use of databases that exist for drawing up reporting forms of distribution system operators to state regulatory and activity control bodies (in particular, the National Commission for State Regulation in the Energy and Utilities Sectors and the State Energy Supervision Inspection of Ukraine), which can be created by the results of certain calculations of technical indicators and by reference data, to create consolidated information. The information obtained from various databases constitutes an adequate information model that can be used in decision-making support processes regarding the content of investment plans for the technical operation of distribution network facilities – reconstruction, overhaul, etc. of power lines, transformer substations, and distribution points. An example of the use of specified databases in the automated justification system for the reconstruction of power distribution network facilities is considered. A structural diagram of the use of databases of the Distribution Systems Operator for calculating the technical indicators of the reconstruction of power distribution network facilities has been developed. For practical implementation in an automated system, a block diagram of algorithms for calculating voltage losses and technological losses of electric energy with integration of existing databases of operators of electric energy distribution systems is proposed. The basis for the further development of the block diagram of the economic justification of the reconstruction of the overhead power line with the integration of the database of economic costs of the previous year before the reconstruction is laid. The presented results of the study of the use of databases that exist for DSO reporting, and which are formed based on the results of calculations and reference data, can be useful for the integration of these data into the consolidated information space of the company for the annual automated justification of investment programs for the reconstruction of distribution network facilities. A block diagram of the algorithm for calculating technological losses of electrical energy and voltage losses using existing databases may also be useful for this purpose.

**Keywords:** database integration, consolidated information, reconstruction, power supply distribution network, investment plans.