



**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-3-7

УДК 621.31:[65.015+65.011.56]

| | |
|--|----------------------------|
| І. М. Трунова ¹ , канд. техн. наук | ORCID: 0000-0001-7510-4291 |
| А. І. Середа ¹ , канд. техн. наук | ORCID: 0000-0002-7670-6822 |
| С. М. Дудніков ¹ , канд. техн. наук | ORCID: 0000-0002-0337-0707 |
| В. Г. Пазій ¹ , ст. викладач | ORCID: 0000-0002-7336-0854 |
| О.М. Мороз ¹ , д-р техн. наук | ORCID: 0000-0002-8520-9211 |
| О.А. Савченко ¹ , канд. техн. наук | ORCID: 0000-0002-6401-0852 |
| С.А. Попадченко ¹ , ст. викладач | ORCID: 0000-0003-2537-9769 |
| С. В. Галько ² , канд. техн. наук | ORCID: 0000-0001-7991-0311 |
| І. В. Ладижинський ¹ , магістр | ORCID: 0009-0009-1538-4776 |

¹ Державний біотехнологічний університет, м. Харків² Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

e-mail: trunova_iryana@btu.kharkov.ua, тел.: +380965906690

**ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

Анотація Запропоновані рекомендації щодо інженерного менеджменту на прикладі бізнес-аналізу проекту автоматизованої системи контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж. Визначені вимоги державних органів регулювання та контролю, на основі яких формуються певні бази звітних даних Операторів систем розподілу, що можуть бути інтегровані до автоматизованої системи контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж. Визначені цілі та очікувані результати від впровадження автоматизованої системи контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж та обґрунтована функціональна декомпозиція задач проекту. Розроблена блок-схема економічного обґрунтування реконструкції повітряної лінії електропередачі з використанням бази даних економічних витрат попереднього року перед реконструкцією.

Ключові слова: розподільна мережа електропостачання, автоматизована система, контроль якості, технічна експлуатація, інженерний менеджмент, бізнес-аналіз.

Постановка проблеми. Надійність електропостачання залежить, насамперед, від технічного стану енергетичного обладнання, зокрема, систем розподілу. Проблема погіршення технічного стану розподільних електромереж особливо загострюється в останні роки.



Внаслідок ракетних обстрілів потребують відновлювального ремонту об'єкти генерації та розподілення електроенергії в умовах обмеженого фінансування. Для підвищення надійності електропостачання дуже важливо застосовувати комплексні заходи щодо підвищення якості технічної експлуатації енергетичного обладнання. З метою регулювання та зменшення ризиків подальшої експлуатації енергетичного обладнання, наприклад, доцільно створити автоматизовану систему контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж на основі обробки великих масивів даних від Операторів системи розподілу (ОСР) усіх рівнів щодо технічного стану обладнання, рівня фінансування робіт тощо. Створення такої системи не можливе без попереднього комплексного бізнес-аналізу, який є одним з інструментів інженерного менеджменту. Інженерний менеджмент має значну роль у подоланні розриву між інженерною діяльністю та організаційними цілями, у комплексному вирішенні багатьох проблем, так як це можливість ефективного управління бізнес-операціями, маючи досвід у технічній галузі.

Формулювання мети статті. Метою дослідження є розробка рекомендацій інженерного менеджменту щодо попереднього комплексного бізнес-аналізу проекту автоматизованої системи контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж.

Аналіз останніх досліджень. В останні роки напередодні війни в Україні відбувалося реформування енергетичної галузі, зокрема, електроенергетики, впроваджено ринок електричної енергії [1] та стимулююче регулювання [2], особливо за впровадження і розвиток “зеленої” енергетики на основі відновлюваних джерел енергії, які використовують енергію сонця [3-5], вітра [6-9], тощо. Це передбачає обґрунтування тарифів на електричну енергію з врахуванням цільових значень показника надійності – індексу середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні System Average Interruption Duration Index (SAIDI) згідно з [10]. Як і в багатьох інших європейських країнах, що показав бенчмаркінг-звіт CEER про якість електро- та газо постачання [11], в нашій країні створена система регулювання якості електропостачання, де передбачено підвищення надійності електропостачання та підтримання стандартних характеристик напруги завдяки інвестиційним рішенням [12-14], передбачені компенсації споживачам за недотримання гарантованих стандартів якості електропостачання згідно [15, 16], що має враховуватися в обґрунтуванні оптимізації за економічною складовою доцільності робіт технічної експлуатації енергетичного обладнання.

Питання оптимізації діяльності ОСР є одним з актуальних на сьогодні питань. Зокрема, питання оптимізації технічного обслуговування системи розподілення електроенергії досліджувалися



у [17] на прикладах трансформаторних підстанцій високої/середньої напруги, як найбільш відповідального обладнання системи розподілу. В освітніх закладах також багато уваги приділяють оптимізації системи технічної експлуатації розподільних мереж, насамперед, для підвищення надійності електропостачання. Наприклад, як відмічається в [18, 19] в шведському Королівському технологічному інституті проводяться багато досліджень з цього питання з різними вихідними даними для врахування в розрахунках надійності систем розподілу електричної енергії. Зокрема, акцентувалася увага на ефективному керуванні активами.

В [20] відмічалось, що впровадження мотиваційної моделі для територіальних підрозділів ОСР з врахуванням розподілу інвестицій згідно технічного стану обладнання на початку її дії також може бути фактором оптимізації технічного обслуговування системи розподілу електричної енергії. Ця мотиваційна модель передбачає підвищення надійності електропостачання з врахуванням технічного стану обладнання розподільних мереж територіальних підрозділів ОСР, повноти виконання інвестиційного плану та середньої тривалості довгих перерв електропостачання, що зумовлені технологічними порушеннями в електричних мережах. А в [21, 22] 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 при цьому не враховані зміни у останніх постановках Національної комісії що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) та деякі можливі розширення переліку баз даних та їхнього використання в автоматизованій системі контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж. І хоча ОСР на сьогодні використовують автоматизовані системи управління активами, але, як правило, вони застосовуються не в повній мірі - це обґрунтовувалося у [23], однак не запропоновані рекомендації щодо зміни цієї ситуації. При цьому, як відомо за роботами [24, 25] 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.

Основна частина. Обґрунтування доцільності робіт технічної експлуатації, наприклад, реконструкції об'єктів розподільних мереж, базується на певних технічних та економічних показниках, інформація про які накопичується в певних базах даних ОСР. Розглянемо попередній бізнес-аналіз проекту автоматизованої системи контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж. Бізнес-аналіз як



діяльність, складається з таких етапів, як аналіз бізнес-потреб, вивчення та формалізації вимог до майбутньої системи, розробка бізнес-моделі, функціональна декомпозиція по задачам, аналіз ризиків бізнес-середовища та галузі роботи системи тощо [26].

Перший етап в бізнес-аналізі в даному проекті — аналіз бізнес-потреб замовників. Вивчаються вимоги верхнього рівня від державних, контролюючих органів, менеджменту організацій, відповідальних за прийняття рішень. Наприклад, таким органом є НКРЕКП (Регулятор, який затверджує тарифи, затверджує Плани розвитку систем розподілу та накладає штрафи за невиконання стандартів якості електропостачання). Також є вимоги від Держенергонагляду – контролюючого органу держави з точки зору енергетичної безпеки (під їх контролем перебувають такі питання, як технічний стан обладнання, виконання норм та правил експлуатації тощо). Бази даних, які формуються для звітності цим державним органам регулювання та контролю зведені до таблиці 1

Таблиця 1

Бази даних ОСР, які формуються для звітності державним органам регулювання та контролю

| Умовне позначення бази даних ОСР | Характеристика бази даних ОСР |
|----------------------------------|--|
| DB-56 | база даних для складання форми звітності 56-енерго до Держенергонагляду |
| DB-1175 | база даних для розрахунку тарифу на розподіл електричної енергії згідно з Постановою НКРЕКП №1175 [10] |
| DB-375 | база даних сум компенсацій з реєстру надання компенсацій споживачам згідно з Постановою НКРЕКП №375 [12] |
| DB-11 _{010,020} | база даних для складання форми звітності 11-НКРЕКП-якість-розподіл за графами 010 та 020 для врахування часу на проведення планових ремонтних робіт, відповідно з попередженням та без попередження споживачів |
| DB-11 ₀₆₀ | база даних для складання форми звітності 11-НКРЕКП-якість-розподіл за графою 060 для врахування часу на проведення аварійних відновлювальних робіт |
| DB-11 _{130,140} | база даних для складання форми звітності 11-НКРЕКП-якість-розподіл за графами 130 та 140 (недовідпуск електричної енергії внаслідок запланованих перерв на проведення ремонтів з відключенням споживачів, відповідно, з попередженням та без попередження) |
| DB-11 ₁₈₀ | база даних для складання форми звітності 11-НКРЕКП-якість-розподіл за графою 180 (недовідпуск електричної енергії внаслідок технологічних порушень в електричних мережах ліцензіата) |



Наступний етап бізнес-аналізу – постановка цілей та очікуваного результату від впровадження та функціонування автоматизованої системи контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж. Наприклад, такими цілями можуть бути:

- побудова моделі пріоритетів об'єктів розподільних мереж для майбутньої реконструкції, та створення узагальнених бюджетів реконструкції, виявлення оцінки впливу витрат на капітальні ремонти на строк окупності інвестицій, сукупну дохідність проекту;
- формування баз даних розрахункових та довідникових технічних та економічних показників для використання в обґрунтуванні доцільності робіт технічної експлуатації об'єктів розподільних мереж (див. таблицю 2);
- введення в роботу алгоритму економічного обґрунтування реконструкції об'єктів розподільних мереж;
- створення системи стимулювання досягнення кращих результатів технічної експлуатації об'єктів розподільної мережі підрозділами ОСР тощо.

Таблиця 2

Бази даних ОСР, які формуються за результатами розрахунків, вимірювань, з довідникової інформації

| Умовне позначення бази даних ОСР | Характеристика бази даних ОСР |
|----------------------------------|--|
| DB-ΔW ^(P) | база даних результатів розрахунку технологічних втрат електричної енергії |
| DB-K | база даних щодо вартості складових об'єктів реконструкції |
| DB-W | база даних щодо прогнозованих (очікуваних) обсягів споживання електричної енергії по об'єктам споживачів |
| DB-ACKOE | база даних щодо фактичного споживання електричної енергії |
| DB-PM | бази даних DB-PM модулю PM «Техобслуговування й ремонт обладнання» ERP-системи (до розрахунків можна залучати занесу до цієї бази даних інформацію типових технологічних карт, зокрема, зі стандарту [13] щодо норм часу та необхідної кількості електромонтерів для усунення причини відмови) |
| DB-ΔU | база даних результатів розрахунку втрат напруги |

Так, наприклад, капітальні витрати на реконструкцію розподільних мереж (*K*) розраховуються з врахуванням типів, кількості (з бази даних DB-56), вартості складових об'єктів реконструкції та витрат, пов'язаних з демонтажем старого обладнання та монтажем нового обладнання (з бази даних DB-K). При цьому враховуються податки, витрати на амортизацію та на експлуатацію об'єктів розподільних мереж. Також враховують економічні витрати



B_{AW} на компенсацію технологічних витрат активної електричної енергії з бази даних DB- $\Delta W^{(p)}$ за відповідним тарифом на купівлю електричної енергії з метою компенсації $\Delta W^{(p)}$. До складових доходу від реконструкції розподільних мереж відносять, насамперед, дохід від розподілу електричної енергії (D_p). Визначається він з врахуванням тарифу (T) та річного обсягу розподілення електричної енергії (W) з бази даних DB- W . Якщо для розрахунку використовувати дані попереднього року, то можна скористатися базою даних DB-АСКОЕ. Якщо розрахунки виконувати з врахуванням перспективної зміни обсягів розподілу електричної енергії, то можна скористатися базою даних DB-1175.

Вхідними даними для аналізу й прийняття подальших рішень також можуть бути зафіксована кількість відмов об'єктів розподільних мереж за звітні роки, та прогнозовані дані на наступні роки; значення цільових показників з надійності електропостачання SAIDI; надійність електропостачання за таким показником, як ENS - Energy Not Supplied (розрахунковий обсяг недовідпущеної електроенергії); Плани розвитку систем розподілу; інвестиційні плани та звіти з їхнього виконання тощо.

Наприклад, аналіз показав, що як дохід ОСР використовують також звітні дані щодо витрат на виконання ремонтних робіт в попередньому році на об'єктах майбутньої реконструкції. Вважаємо це недоцільним, так як, проведення ремонтів відновлює працездатний стан об'єкта, тому не можна відносити ці витрати попереднього року як дохід року після реконструкції, так як цей дохід отримується не внаслідок запланованої на наступний рік реконструкції, а внаслідок ремонтів попереднього року. Крім того, усуваючи дефекти ремонтом, впливають на коефіцієнт дефектності (КД), відповідно, цей об'єкт може на кінець звітного року не потребувати реконструкції. Однак, як дохід можна врахувати у разі реконструкції вилучення прогнозних витрат на планові ремонти, використовуючи бази даних DB-56, DB-PM та сформовану для звітності до НКРЕКП базу прогнозних даних DB-11₀₁₀. Або (у випадку відмови від планових ремонтних робіт у наступному році) – сформовану базу даних DB-11₀₆₀. (див. таблицю 1).

Реконструкція розподільних мереж може впливати на показники якості електропостачання. Як відомо, за невиконання гарантованих стандартів якості електропостачання чинним законодавством передбачені компенсації споживачам (B_k). Використовуючи базу даних DB-375, можна оцінити такий дохід від реконструкції, як вилучення цієї статті розходів. Як показав аналіз, ОСР застосовують спрощений підхід визначення спочатку питомого значення суми компенсацій на 1 км розподільних мереж, а потім, помножуючи це значення на довжину повітряних ліній (ПЛ), що підлягають реконструкції, отримують B_k для



даного об'єкту реконструкції. Однак, створюючи базу даних DB-375, можна передбачити занесення до неї інформації щодо точок приєднання споживачів, яким надана компенсація, що дозволить більш точно визначати цю статтю доходу внаслідок того, що після реконструкції відповідні суми компенсацій не будуть виплачуватися (використовуючи, наприклад, базу даних DB-ΔU).

Також можна враховувати як дохід вилучення після реконструкції складової витрат, що пов'язана з недоотриманням прибутку внаслідок недовідпуску електричної енергії споживачам під час аварійних перерв в електропостачанні (B_{ENS}). В цих розрахунках можна використовувати базу даних DB-11₁₈₀. Як і в попередньому випадку, можна розраховувати питоме значення за звітними даними попереднього року перед реконструкцією, а потім його використовувати для отримання B_{ENS} для даного об'єкту реконструкції. Також можна визначати більш точно цю складову, якщо буде додаткова інформація щодо недовідпуску електроенергії конкретним споживачам внаслідок технологічних порушень в електричних мережах з бази даних DB-АСКОЕ. До бази даних DB-11₁₈₀ також можна заносити результати прогнозних розрахунків B_{ENS} , які можуть бути, якщо не робити реконструкцію.

Маючи інформацію щодо ймовірної тривалості аварійної перерви в електропостачанні з бази даних DB-11₀₆₀ та інформацію щодо обсягів розподілу електричної енергії W_j з бази даних DB-W можливо визначити прогнозні значення цієї складової ENS та значення B_{ENS} . Аналогічно у випадку прогнозних планових ремонтів відбувається формування бази даних DB-11₁₃₀ на основі інформації з баз даних DB-11₀₁₀ та DB-W. Використовуючи бази даних DB-11₁₃₀ та DB-11₁₈₀ можна визначити прогнозовані збитки від недовідпуску електроенергії конкретним споживачам.

Приведемо на рис. 1 приклад розробки спрощеної блок-схеми алгоритму розрахунків доходу за розрахунковий період (рік) для обґрунтування реконструкції ПЛ з J ділянками на основі використання даних попереднього року перед реконструкцією за наведеними прикладами використання наявних баз даних DB-АСКОЕ, DB-375, DB-11₁₈₀ та з умовними позначеннями, що приведені вище.

Етап бізнес-аналізу збір функціональних та нефункціональних вимог може проходити в виді інтерв'ю з співробітниками обленерго, встановлення особливостей роботи працівників з інформацією, виявлення бажаних параметрів та вимог до зручності роботи в середовищі нової системи. Бізнес-модель майбутньої системи має бути створена з урахуванням інтересів та потреб таких стейкхолдерів та ролей як: технічні керівники підрозділів ОСР, адміністратори створюваних та існуючих баз даних, менеджери середньої та вищої

ланки, відповідальні за висновок технічної експертизи щодо реконструкції об'єктів систем розподілу тощо. Ця бізнес модель також має відтворювати систему надходження, обробки даних, зберігання на серверах та зв'язків між базами даних. Маються на увазі дані щодо технічних характеристик ПЛ, трансформаторних підстанцій (ТП); кількісної та якісної оцінки технічного стану ПЛ та ТП; обсягів постачання електричної енергії; обсягів фінансування інвестиційних програм тощо.

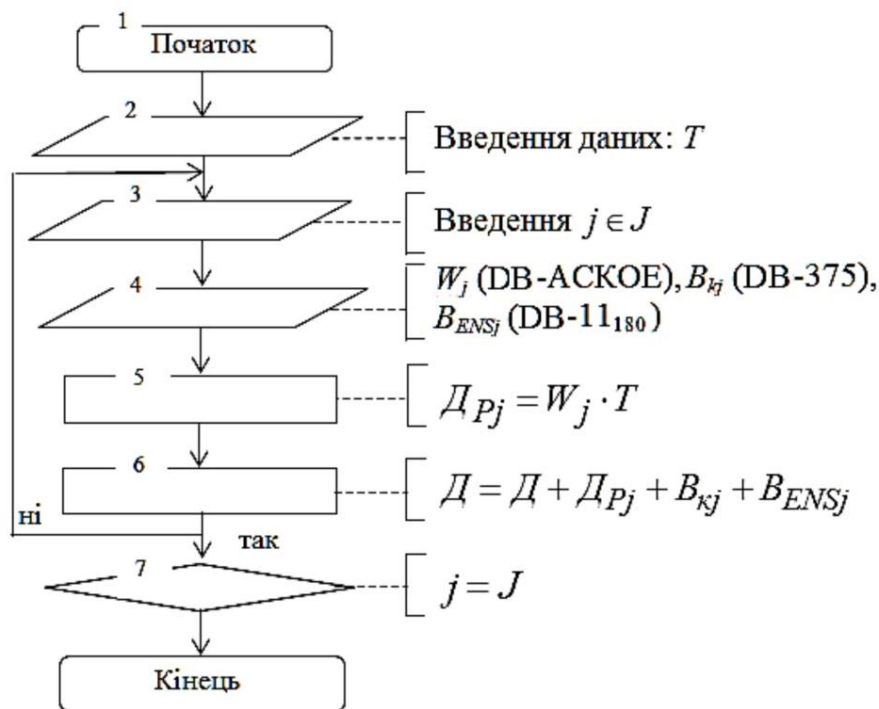


Рис. 1. Блок-схема алгоритму розрахунків доходу за розрахунковий період для прикладу обґрунтування реконструкції ПЛ з J ділянками на основі використання даних попереднього року перед реконструкцією

Функціональна декомпозиція задач проекту може бути наступною:

– фаза ініціації проекту:

1) аналіз повноти та змістовності наявних баз даних;

2) визначення можливості використання наявних баз даних у системі контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж;

3) визначення вимог до системи контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж;

– фаза планування: збір вимог зі сторони користувачів системою та зацікавлених сторін; формулювання функціональних та не функціональних вимог до системи;

– фаза виконання основних робіт проекту: розробка автоматизованої системи контролю якості технічної експлуатації



розподільних мереж; проектування архітектури системи контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж; розробка програмного забезпечення для збору, аналізу та відображення даних для контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж; інтеграція системи з існуючими системами збору та обробки даних;

– фаза контролю результатів та завершення проекту (тестування та валідація, моніторинг та аналіз результатів): виконання функціонального та інтеграційного тестування системи; перевірка відповідності системи встановленим вимогам та стандартам; інсталяція та налаштування обладнання та програмного забезпечення; підготовка персоналу до роботи з системою; моніторинг та аналіз результатів. постійний моніторинг та аналіз даних, зібраних автоматизованою системою контролю якості; виявлення аномалій та неполадок у роботі системи контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж.

Основними інтерфейсами майбутньої системи можуть бути:

– детальні розрахунки для ПЛ та ТП для кожного територіального підрозділу ОСР, як правило, це підприємства районів електричних мереж (РЕМ), як до реконструкції, так і після, в разі обґрунтування її необхідності;

– деталізація алгоритмів розрахунків втрат активної електричної енергії та втрат напруги;

– деталізація показників кількісної оцінки технічного стану ПЛ та ТП для окремих територіальних підрозділів ОСР;

– деталізація частки дефектного устаткування в загальній кількості обладнання для окремих підрозділів ОСР;

– бюджети реконструкції об'єктів розподільних електромереж;

– аналіз фінансування реконструкції;

– розрахунок точки беззбитковості, тобто, розрахунку тарифу на розподіл електричної енергії з обладнанням після реконструкції;

– розрахунок та аналіз динаміки економічного коефіцієнту прогнозованих технологічних витрат електричної енергії (ЕКПТВ);

– визначення рейтингу територіальних підрозділів (РЕМ) за розробленою моделлю рейтингування.

Основними ризиками, що можуть вплинути на швидкість розробки автоматизованої системи контролю якості технічної експлуатації розподільних мереж можуть бути: зміни в законодавстві, створення нових законодавчих вимог до гравців ринку електроенергії, впровадження нових показників та звітів, що мають надсилатися ОСР до центрів прийняття управлінських та технічних рішень, організацій контролю, зміни порядку пріоритетності введення в експлуатацію обладнання (в тому числі й внаслідок руйнівних дій з боку



військового агресора), зміни в ціноутворенні на ринку електроенергії, зміни в цінах на виконання робіт, вартість обладнання.

Висновки. Запропоновані етапи попереднього комплексного бізнес-аналізу проекту автоматизованої системи контролю якості технічної експлуатації енергетичного обладнання систем розподілу є підґрунтям успішної його реалізації для підвищення надійності електропостачання. Також може бути корисною для цієї мети розроблена та запропонована до використання блок-схема прикладу розрахунків доходу для економічного обґрунтування реконструкції ПЛ на основі використання баз даних попереднього року перед реконструкцією.

Список використаних джерел.

1. Про ринок електричної енергії: Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення 15.03.2024).

2. Про встановлення параметрів регулювання, що мають довгостроковий строк дії, для цілей стимулюючого регулювання: Постанова НКРЕКП від 23.07.2013 № 1009. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z1266-13> (дата звернення 15.03.2024).

3. 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 квітня 2020 р.). Луцьк: МЦНД, 2020. Т. 1. С. 83-90. <https://doi.org/10.36074/10.04.2020.v1.10>.

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

5. 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>.

6. Qawaqzeh M. Z., Szafraniec A., Halko S., Miroshnik O., Zharkov, A. Modelling of a household electricity supply system based on a wind



power plant. *Przeegląd Elektrotechniczny*. 2020. Vol. 96(11). P. 36-40. <https://doi.org/10.15199/48.2020.11.08>.

7. Szafraniec A., Halko S., Miroshnik O., Figura R., Zharkov A., Vershkov O. Magnetic field parameters mathematical modelling of wind-electric heater. *Przeegląd Elektrotechniczny*. 2021. Vol. 97(8). P. 36-41. <https://doi.org/10.15199/48.2021.08.07>.

8. 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.

9. 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>.

10. 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 15.03.2024).

11. 6th CEER Benchmarking Report on the Quality of Electricity and Gas Supply – 2016, CEER, August 2016.

12. 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>.

13. 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). P. 032030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/440/3/032030>.

14. Tang Z. The Influence of Decentralized Charging Pile Connection on Voltage Deviation of Distribution Network. *Journal of Physics Conference Series*. 2023. Vol. 2592(1). no 012095. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2592/1/012095>.

15. 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).

16. 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.

17. Mahmoudi M., Barkany A.E., Khalfi A.E. A maintenance optimization policy for an electric power distribution system: case of the



HV/MV substations. *Engineering*. 2014. Vol. 6(5). P. 236-253. <https://doi.org/10.4236/eng.2014.65028>.

18. 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>.

19. Hilber P. Maintenance Optimization for Power Distribution Systems: Ph.D. Thesis, Department of Elect. Power Engineering, KTH, Stockholm, 2008.

20. Trunova I., Miroshnyk O., Ladyzhynskii I. The Motivational Model for Improvement of Electricity Supply Continuity in Post-War Ukraine. *IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2023. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312937>.

21. Al Issa H. A. 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. <https://doi.org/10.1109/MEES52427.2021.9598684>.

22. 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>.

23. Трунова І. М., Дишлевський А. В., Куліш Л. О. Вдосконалення методики обґрунтування реконструкції об'єктів розподільних мереж. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Енергетика, надійність та енергоефективність. 2020. Вип. 1(1). С. 84-88.

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

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

26. 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.

Стаття надійшла до редакції 21.03.2024 р.



I. Trunova¹, A. Sereda¹, S. Dudnikov¹, V. Pazii¹, O. Moroz¹, O. Savchenko¹,
S. Popadchenko¹, S. Halko², I. Ladyzhynskiy¹,
¹State Biotechnological University
²Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

ENGINEERING MANAGEMENT TO INCREASE THE POWER SUPPLY CONTINUITY

Summary

Recommendations for the use of one of the tools of engineering management - business analysis are proposed. An example of business analysis of the project of an automated quality control system for the technical operation of energy equipment of distribution systems is given. The requirements of state regulatory and control bodies (the National Commission for State Regulation in the Fields of Energy and Utilities and the State Inspectorate for Energy Supervision) are defined, based on which certain reporting databases of distribution system operators are formed, which can be integrated into the automated quality control system of technical operation of energy equipment. The goals and expected results from the implementation of the automated quality control system for the technical operation of distribution networks are defined. A well-founded functional decomposition of the tasks of the project of the automated system of quality control of the technical operation of distribution networks, namely, the phases of project initiation, planning, execution of the main works of the project, control of results and completion of the project. The main components of the processes of installation and configuration of equipment and software, monitoring and analysis of results, the main interfaces of the automated quality control system of the technical operation of distribution networks are defined. A block diagram of the economic justification of the reconstruction of the overhead power line using the database of economic costs of the previous year before the reconstruction was developed. It was concluded that the proposed stages of the preliminary comprehensive business analysis of the project of the automated quality control system of the technical operation of the energy equipment of distribution systems are the basis for its successful implementation to increase the reliability of electricity supply. The proposed stages of the preliminary comprehensive business analysis of the project of the automated quality control system of the technical operation of the energy equipment of distribution systems are the basis for its successful implementation to increase the reliability of electricity supply. A flowchart of an example of income calculations for the economic justification of the reconstruction of the PL based on the use of the databases of the previous year before the reconstruction can also be useful for this purpose.

Keywords: power distribution network, automated system, quality control, technical operation, business analysis.