

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

ПРАЦІ

Таврійського державного
агротехнологічного
університету



Випуск 24, том 2
Наукове фахове видання
Технічні науки



Запоріжжя – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО



DMYTRO MOTORNYYI TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



ПРАЦІ

**Таврійського державного
агротехнологічного університету**
Технічні науки

**PROCEEDINGS OF TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY**
Technical sciences

*Виходить 3 рази на рік
Видається з 1998 р.*

**Випуск 24, том 2
Issue 24, volume 2**

WEB: <https://oj.tsatu.edu.ua>

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

**Запоріжжя
2024**



УДК [631.3+621.3+004+663/664]

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24, т. 2. 206 с.

ISSN 2220-8674

Представлені результати наукових досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, інженерно-технічного персоналу і здобувачів вищої освіти, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Реферативні бази: Crossref, Google Scholar, «Україна наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського

Головний редактор

Кюрчев В. М., чл.-кор. НААН України,
д-р техн. наук, проф. (Україна)

Editor in chief

Kyurchev V., corresponding member of NAAS of
Ukraine, Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Заступники головного редактора

Надикто В. Т., чл.-кор. НААН України,
д-р техн. наук, проф. (Україна)
Панченко А. І., д-р техн. наук, проф. (Україна)

Deputy editors in chief

Nadykto V., corresponding member of NAAS of
Ukraine, Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Panchenko A., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Відповідальний секретар

Волошина А. А., д-р техн. наук, проф. (Україна)

Executive secretary

Voloshina A., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Технічний секретар

Погорельцева Д. О. (Україна)

Technical secretary

Pogoreltseva D. (Ukraine)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ**

Белоев Христо, д-р техн. наук, проф. (Болгарія)
Даманаускас Відас, д-р техн. наук, проф. (Литва)
Івановс Семенс, д-р техн. наук (Латвія)
Ольт Юрі, PhD, д-р техн. наук, проф. (Естонія)
Паскуцці Сімон, PhD, доц. (Італія)
Финдура Павол, PhD, проф. (Словачія)
Вершков О. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Дідур В. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Журавель Д. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Кувачов В. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Кюрчев С. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Скляр О. Г., канд. техн. наук, проф. (Україна)
Скляр Р. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Тітова О. А., д-р пед. наук, проф. (Україна)

SECTORAL MACHINE BUILDING

Beloev Hristo, Dr. Sci. Tech., Prof. (Bulgaria)
Damanauskas Vidas, Dr. Sci. Tech. (Lithuania)
Ivanovs Semjons, Dr. Sci. Tech. (Latvia)
Olt Jüri, PhD, Dr. Sci. Tech., Prof. (Estonia)
Pascuzzi Simone, PhD, Assoc. Prof. (Italia)
Pavol Findura, PhD, Prof. (Slovakia)
Vershkov O, Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Didur V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Zhuravel D., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kuvachov V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kiurchev S., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Sclyar O., Cand. Sci. Tech, Prof. (Ukraine)
Sclyar R., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Titova O., Dr. Sci. Ped., Prof. (Ukraine)

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

Шафранець Анджей, д-р техн. наук, проф. (Польща)
Кавакзех Мохаммед, PhD, проф. (Йорданія)
Бур'ян С. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Галько С. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Карпалюк І. Т., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Квітка С. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Кузнецов М. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Лисенко О. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мірошник О. О., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мороз О. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Плюгін В. Є., д-р техн. наук, проф. (Україна)

**ELECTRICAL POWER ENGINEERING,
ELECTRICAL ENGINEERING AND
ELECTROMECHANICS**

Szafraniec Andrzej, Dr. Sci. Tech., Prof. (Poland)
Qawaqzeh Mohamed, PhD, Prof. (Jordan)
Burian S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Halko S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Karpaliuk I., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kvitka S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Kuznietsov M., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Lysenko O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Miroshnyk O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Moroz O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Pliuhin V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ**

Гавриленко Є. А., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Гнатушенко В. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Гумен О. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Дашкевич А. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Лубко Д. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Лясковська С. Є., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Малкіна В. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мацулевич О. Є., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Холодніак Ю. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Яблонський П. М., канд. техн. наук, доц. (Україна)

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Дейниченко Г. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Євлаш В. В., д-р техн. наук проф. (Україна)
Ломейко О. П., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Паламарчук І. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Пилипенко Л. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Пріс О. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Самойчук К. О., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Сердюк М. Є., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Ялпачик В. Ф., д-р техн. наук, проф. (Україна)

ПРАЦІ

**Таврійського державного
агротехнологічного університету**

Випуск 24, том 2

Засновник

Таврійський державний агротехнологічний
університет імені Дмитра Моторного

Заснований у 1998 році

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ №24285-14125ПР від 27.12.2019 р.
Виходить 3 рази на рік

Рекомендовано до друку вченою радою
Таврійського державного агротехнологічного
університету
імені Дмитра Моторного
Протокол № 10 від 28.05.2024 р.

«Праці ТДАТУ» включено до **Категорії Б**
Переліку наукових фахових видань України
(науки: технічні), в яких можуть
публікуватися результати дисертаційних
робіт на здобуття наукових ступенів
доктора наук і доктора філософії /
кандидата наук (накази МОН України від
17.03.2020 р. № 409)

Адреса редакції

Юридична: 72312, Запорізька обл.
м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18
Фактична: 69600, Запорізька обл.
м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66
<https://oj.tsatu.edu.ua>
DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-2

COMPUTER SCIENCES

Havrylenko Ye., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Hnatushenko V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Humen O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Dashkevych A., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Lubko D., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Liaskovska S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Malkina V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Matsulevych O., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Kholodniak Y., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Yablonskyi P., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)

FOOD TECHNOLOGIES

Deynichenko G., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Evlash V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Lomeiko O., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Palamarchuk I., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Pylypenko L., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Priss, O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Samoichuk K., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Serdyuk M., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Yalpachik V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**PROCEEDINGS OF TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY**

Issue 24, volume 2

Founder

Dmytro Motornyi Tavria State
Agrotechnological University

Founded in 1998

Certificate of governmental registration
KB No. 24285-14125ПР dated December 27, 2019
Published 3 times a year

Recommended for publication by the Academic
Board of Dmytro Motornyi Tavria State
Agrotechnological University
Record No. 10 dated May 28, 2024

Proceedings of TSATU is included in the List of
scientific professional editions of Ukraine
(technical sciences), category B, in which the
results of theses for obtaining scientific degrees
of Doctor of Sciences and Doctor of Philosophy /
Candidate of Sciences can be published (order of
the Ministry of Education and Science of Ukraine
dated March 17, 2020, No. 409)

Address of the Editorial office

Legal address: 72312, Zaporizhzhia region
Melitopol, 18, B. Khmelnytskyi Ave.
Actual address: 69600, Zaporizhzhia region
Zaporizhzhia, 66, Zhukovskiy Str.
<https://oj.tsatu.edu.ua>
DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-2



ЗМІСТ / CONTENTS

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

- Журавель Д. П., Бондар А. М.** Техніко-економічне обґрунтування доцільності використання адаптивного рульового керування колісного трактора 7
Zhuravel D., Bondar A. Feasibility study of the feasibility of using adaptive steering of a wheeled tractor
- Самойчук К. О., Самохвал В. А., Червоткіна О. О.** Дослідження роботи багатосекційного пристрою формування паливних брикетів на гвинтових прес-екструдерах 18
Samoichuk K., Samokhval V., Chervotkina O. Study of the operation of a multi-section device for forming fuel briquettes on screw press extruders
- Скляр О. Г., Скляр Р. В., Акулов В. Д.** Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки 27
Skliar O., Skliar R., Akulov V. Ways to increase the energy efficiency of a biogas installation
- Шарапов С. О., Євтушенко С. О., Хованський С. О.** Експериментальний стенд для дослідження процесів змішування в рідинно-парових струминних апаратів 37
Sharapov S., Yevtushenko S., Khovansky S. Experimental stand for research of mixing processes in liquid-vapor jet devices
- Червоткіна О. О., Фучаджи Н. О., Верхоланцева В. О., Самохвал В. А.** Вплив різних параметрів на процес гранулювання рослинної сировини та якість гранул 51
Chervotkina O. O., Fuchadgi N. A., Verkholtantseva V. A., Samokhval V. A. Influence of various parameters on the vegetable raw material pelleting process and pellets quality
- Бага В. М.** Підвищення ефективності проточних частин соплових пристроїв пневматичних систем на основі поглибленого дослідження робочого процесу 61
Baha V. Increasing the efficiency of flow parts of nozzle devices of pneumatic systems on the basis of in-depth study of the working process

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

- Мірошник О. О., Мороз О. М., Пазій В. Г., Миргород Д. Г., Ганус Р. О., Галько С. В.** Дослідження та порівняння характеристик мікропроцесорного пристрою релейного захисту та автоматики РС83-AB3 компанії «РЗА СИСТЕМЗ» з пристроями електромеханічного типу 78
Miroshnyk O., Moroz O., Pazyi V., Myrgorod D., Hanus R., Halko S. Research and comparison of characteristics of the microprocessor relay protection and automation device PC83-AB3 company "RPA SYSTEMS" with electromechanical devices



Трунова І. М., Мірошник О. О., Середа А. І., Дудніков С. М., Пазій В. Г., Мороз О. М., Савченко О. А., Попадченко С. А., Галько С. В., Ладизинський І. В. Автоматизована система обґрунтування реконструкції об'єктів розподільних мереж 96

Trunova I., Miroshnyk O., Sereda A., Dudnikov S., Pazii V., Moroz O., Savchenko O., Popadchenko S., Halko S., Ladyzhynskiy I. Automated system of justification for reconstruction of distribution network objects

Бабич М. І., Боярчук В. М., Сиротюк С. В., Коробка С. В., Михалюк М. А., Стукалець І. Г., Баранович С. М. Визначення витрати води і напору дериваційних гідроелектростанцій для виробництва електроенергії на гірських річках 109

Babych M., Boyarchuk V., Syrotyuk S., Korobka S., Mykhaliuk M., Stukalets I., Baranovych S. Determination of water consumption and pressure of derivation hydro-electric power station for electricity production on mountain rivers

Постол Ю. О., Гулевський В. Б., Постол О. О. Підвищення енергоефективності житлового сектору 121

Postol Y., Hulevskiy V., Postol O. Increase of energy efficiency of the housing sector

Савойський О. Ю., Сіренко В. Ф., Вольвач Т. С., Сіренко Ю. В. Підвищення надійності районних трансформаторних підстанцій за рахунок орнітологічного захисту ліній електропередачі 130

Savoiskiy O., Sirenko V., Volvach T., Sirenko Y. Enhancing the reliability of district transformer substations through ornithological protection of power lines

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

Мацулевич О. Є., Вершков О. О. Вдосконалення методики контролю якості розробки управляючої програми із застосуванням симулятора роботи токарного верстата з ЧПУ 140

Matsulevych O., Vershkov O. Improvement of the quality control methodology of control program development using a work simulator CNC lathe

Стукалець І. Г., Коробка С. В., Скляр О. Г., Болтянський Б. В., Скляр Р. В. Оформлення креслеників у середовищі solidworks відповідно до національних стандартів України та міждержавних стандартів 150

Stukalets I., Korobka S., Skliar O., Boltianskyi B., Skliar R. Design of engineering drawings in solidworks according to national standards of Ukraine and interstate standards

Залевська О. В., Можаровський В. М., Суворов Л. В., Половий А. С., Оленєва К. Д. Моделювання колінного суглоба з використанням методів геометричного моделювання та фрактальної геометрії на основі даних з магнітно-резонансної терапії 166

Zalevska O., Mozharovsky V., Suvorov L., Polovyi A., Oleneva K. Modeling of knee joint using geometric modeling and fractal geometry methods based on magnetic resonance therapy data



ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

- Семко Т. В., Іваніщева О. А., Пахомська О. В., Корчак М. І.**
Дослідження можливостей інноваційного обладнання АМС у ресторанних технологіях 176
Semko T., Ivanishcheva O., Pahomska O., Korchak M. Research of the possibilities of amc innovative equipment in restaurant technology
- Бандура В. М.** Ресторани – можливості для енергоефективності 186
Bandura V. N. Restaurants – opportunities for energy efficiency
- Фучаджи Н. О., Кузьмінська І. М.** Піноутворення в технологічних операціях шляхом збивання 196
Fuchadzhi N., Kuzminska I. Foam formation in technological operations through whipping



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

УДК 621.315

І. М. Трунова¹, канд. техн. наук
О. О. Мірошник¹, д-р техн. наук
А. І. Середа¹, канд. техн. наук
С. М. Дудніков¹, канд. техн. наук
В. Г. Пазій¹, ст. викладач
О. М. Мороз¹, д-р техн. наук
О. А. Савченко¹, канд. техн. наук
С. А. Попадченко¹, ст. викладач
С. В. Галько², канд. техн. наук
І. В. Ладизинський¹, 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

¹Державний біотехнологічний університет, м. Харків

²Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

email: trunova_iryana@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

© Трунова І. М., Мірошник О. О., Середа А. І., Дудніков С. М., Пазій В. Г., Мороз О. М., Савченко О. А., Попадченко С. А., Галько С. В., Ладизинський І. В., 2024



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] обґрунтовувалося, 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 ПЛ 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 ПЛ 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, залишається 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 $ВО_{ПЛ}$ (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-11 ₀₆₀
	Кількість дефектів одного типу	Ймовірність відмови об'єкта, відн. од/рік	$ВО_{ПЛ}$, 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 неізолюований	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 DB-11₀₆₀. 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 (ΔU) після реконструкції.

На рис. 1 приведена блок-схема прикладу розрахунків $\Delta W^{(p)}$ та ΔU 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;

$\kappa\phi$ – 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;

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

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

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

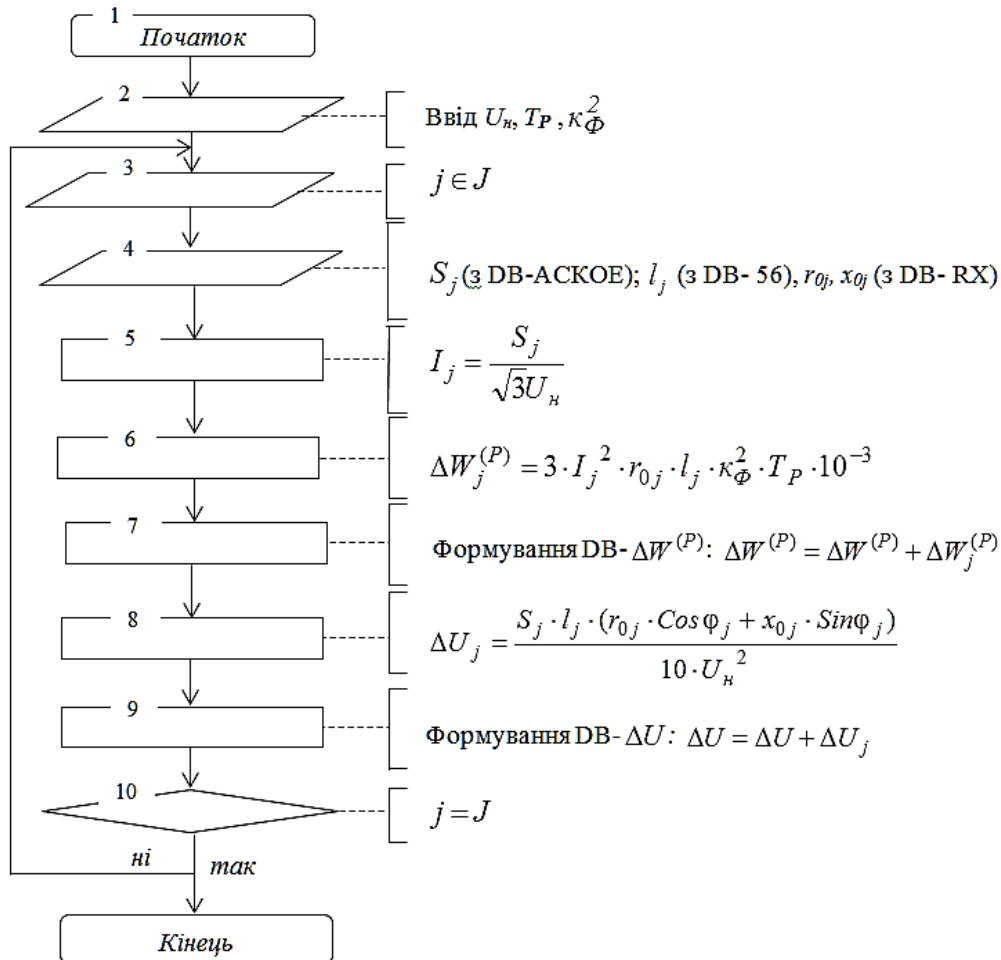


Рис. 1. Блок-схема алгоритму розрахунків $\Delta W^{(p)}$ та ΔU з використанням наявних баз даних та з формуванням баз даних результатів розрахунків

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;

ΔU – 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- ΔU , DB-11₀₆₀ на рис. 2 також приведені такі умовні позначення баз даних:

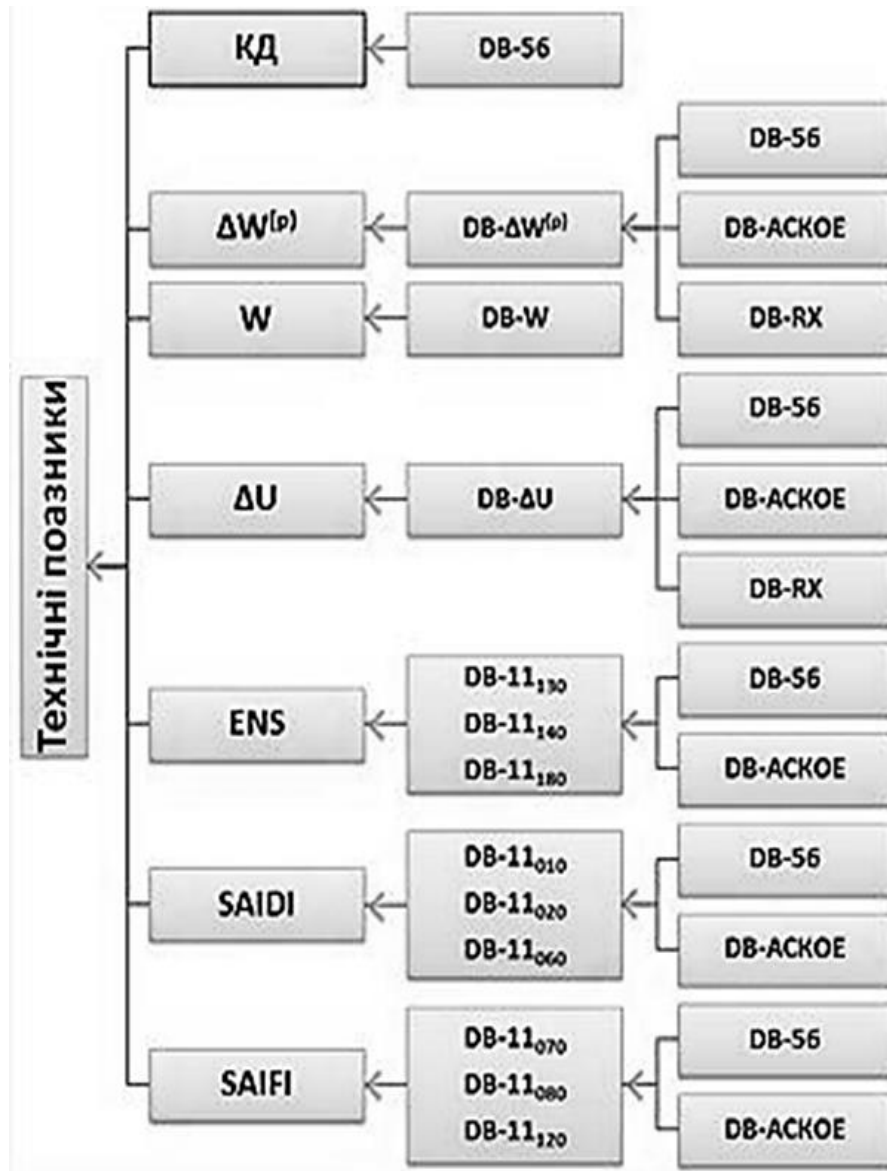


Рис. 2. Узагальнена структура баз даних для розрахунків технічних показників в обґрунтуванні реконструкції об'єктів розподільних мереж

DB-11₀₁₀ – 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-11₁₃₀ – база даних для врахування недовідпуску електричної енергії внаслідок запланованих перерв на проведення ремонтів з відключенням споживачів (у формі звітності №11-НКРЕКП-якість-розподіл це графа 130);

DB-11₁₈₀ – база даних для врахування недовідпуску 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 ХХІ столітті: матер. ХІХ 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 ХХІ столітті: зб. матеріалів ХVІІ-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 «ХПІ»*. 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 (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. Trunova¹, O. Miroshnyk¹, A. Sereda¹, S. Dudnikov¹, V. Pazii¹, O. Moroz¹,
O. Savchenko¹, S. Popadchenko¹, S. Halko², I. Ladyzhynskyi¹,**

¹ State Biotechnological University

² 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.

ПРАЦІ
Таврійського державного агротехнологічного університету

Наукове фахове видання

Випуск 24, том 2

Заснований у 1998 р
Виходить три рази на рік

Свідоцтво про державну реєстрацію
Друкованого засобу масової інформації
Міністерство юстиції
КВ 24285-14125 ПР від 27.12.2019 р.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Панченко А.І.

Підписано до друку 01.06.2024 р. Формат 60х84/8. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 23,95. Наклад 100.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.