

«ПРОМИСЛОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»



ISSN 2409-2924



91772409292003

ПРОМЕЛЕКТРО

PROMELEKTRO.COM.UA



ЩОДО ПОКАЗНИКІВ
НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

с. 14



ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ
ТА ПРИЛАДІВ ЦКК ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ
АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ

с. 24



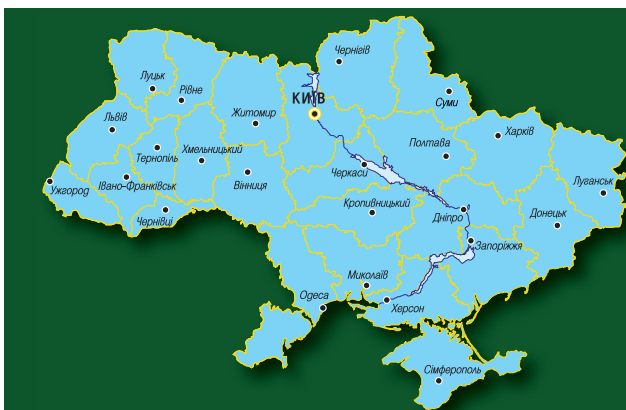
ПРОГРАМА ВИКОНАННЯ ПРОЄКТІВ,
ПЕРЕДБАЧЕНИХ "СПІЛЬНОЮ ЗАЯВОЮ США
ТА НІМЕЧЧИНИ ПРО ПІДТРИМКУ УКРАЇНИ"

с. 38



НОВА РЕДАКЦІЯ ДБН В.2.5-23:2022
"ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ
ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ"

с. 46



ТПФ
"ДонТехПром"

3-6

2022

грудень



УСПЕНСЬКИЙ СОБОР КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ
Системи електрокабельного опалення та антикриги



КИЇВСЬКИЙ ЗАЛІЗНИЧНИЙ ВОКЗАЛ
Антикригова система



МАРИЇНСЬКИЙ ПАЛАЦ У КИЄВІ
Система тепла підлога



БУДИНОК "АРЕНА СІТІ В КИЄВІ"
Антикригова система



УТБ ФК "ДИНАМО" КИЇВ
Система підігрівання поля



НАЦІОНАЛЬНИЙ ЗАПОВІДНИК "СОФІЯ КИЇВСЬКА"
Система електрокабельного опалення



ГІРСЬКОЛИЖНИЙ КУРОРТ БУКОВЕЛЬ
Системи електрокабельного опалення та антикриги



ЗАЛІЗНИЧНИЙ ВОКЗАЛ • СТАНЦІЯ "РОЗДИЛНА"
Антикригова система



ТОВ "ЕЛЕТЕР - 23"

ЄДРПОУ 39301468
02094, м. Київ, вул. Магнітогорська, 2
Тел.: +380 50 311 37 83; +380 50 311 40 51

E-mail: vr@eleter.kiev.ua

www.ekson.kiev.ua

Підприємство професійно займається розробленням і впровадженням електричних кабельних систем опалення та антикригових систем в процесі будівництва і реконструкції.

1. Комфортне електроопалення "Тепла підлога" в житлових та громадських будівлях, понад 6000 систем, серед яких:

- ❑ Михайлівський Золотоверхий монастир в м. Києві;
- ❑ надземні споруди станції "Лук'янівська" київського метрополітену;
- ❑ 15 станцій Київського метрополітену (Іподром, Виставковий центр, Васильківська, Деміївська, Голосіївська та інші)
- ❑ житлові й громадські будівлі та споруди, окремі приміщення по всій Україні.

2. Антикригові системи покрівель, понад 600 систем, серед яких:

- ❑ Успенський собор Києво-Печерської лаври;
- ❑ Михайлівський Золотоверхий Собор в м. Києві;
- ❑ Національна філармонія України;
- ❑ Верховна Рада України;
- ❑ Розрахункова палата в м. Києві;
- ❑ Центральний і Південний вокзали м. Києва.

3. Антикригові системи відкритих поверхонь (під'їзні шляхи і пішохідні доріжки, пандуси підземних паркінгів, виходи з підземних переходів, відкриті балкони) на площі понад 300 тис. м², серед яких:

- ❑ підігрів газонів футбольних полів: стадіон ім. В.В. Лобановського, м. Київ, стадіон ФК "Оболонь", м. Київ, стадіон ФК "Ворскла", м. Полтава;
- ❑ підземні переходи Майдану Незалежності, вул. Хрещатик, Бессарабської площі, Севастопольської площі, Центральний і Південний вокзали м. Києва та ін.;
- ❑ станції метро "Лук'янівська", "Печерська", "Шулявська", "Дружби народів", "Дорогожичі".

4. Промисловий обігрів технологічного обладнання (електрообігрів труб та резервуарів)

- ❑ Підігрів полу промислових морозильних камер на підприємстві ТОВ "Бейкері Фуд Індастрі", смт Козелець Чернігівської області
- ❑ Чотири цукрових заводи в Україні (трубопроводи та ємності);
- ❑ Макіївський металургійний завод (обігрів трубопроводів зворотного водозабезпечення).

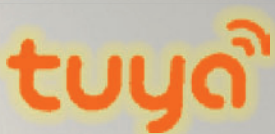
Теплонакопичувачі

Дешево та економне опалення офісів, квартир, котеджів

ANZE
ELECTRIC HEATING

Anze Tuya Smart Storage heater

Автоматичний статичний теплонакопичувач із смарт-додатком Tuya smart APP, що забезпечує максимальне використання електроенергії для заряду за багатозонним тарифом.



Відділення "Укрпошта" за каталогом ДП "Преса"
Періодичність – 4 номери на рік

Свідчення про державну реєстрацію:
серія КВ, № 2079 від 16.07.1996 р.

Свідчення про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції:
серія ДК, № 5613 від 25.09.2017 р.



ВИДАВЕЦЬ ТОВ "ЕТІН"

ДИРЕКТОР

Любич Мар'ян Орестович

РЕДАКТОР

Козенко Олександр Миколайович
Директор ТОВ "ТПФ Донтехпром"

НАУКОВИЙ РЕДАКТОР

Буткевич Олександр Федотович, д.т.н.
Професор. Головний науковий співробітник
Інститут електродинаміки НАН України

ГОЛОВА РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ

Денисюк Сергій Петрович, д.т.н.
Директор Інституту енергозбереження
та енергоменеджменту

Професор. Кафедра електропостачання
НТУУ "Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського"

ВИПУСКАЮЧИЙ РЕДАКТОР

Облакевич Сергій Вікторович
Директор ТОВ "Альтіс-Енерго"
Корпорація Альтіс холдинг

ТЕХНІЧНИЙ РЕДАКТОР

Чижик Павліна Андріївна

ФОТОКОРЕСПОНДЕНТ

Зубова Ольга В'ячеславівна

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ

ТОВ "ЕТІН"
03190, м. Київ, а/с № 15
www.promelektro.com.ua
promelektro.etin@gmx.de
promelektro.etin@gmail.com
+380 44 228 82 68

КОР. ПУНКТ м. ЗАПОРІЖЖЯ

ТОВ "ТПФ Донтехпром"
69118, м. Запоріжжя,
вул. Автозаводська, 50, оф. 147
kozenko@3g.ua
+380 50 470 18 38

ОРИГІНАЛ-МАКЕТ ТОВ "ДІА"

03022, м. Київ, вул. Васильківська, 45
dia_1997@ukr.net
+380 44 257 16 15

Рекомендовано до друку редакційною колегією,
протокол № 2 від 10.01.2023 р.

Підписано до друку 11.01.2023 р.
Дата виходу номеру 12.01.2023 р.

Формат 60 × 84 1/8. Ум. друк. арк. – 8,37.
Обл. вид. арк. – 8,54.

2022

№ 3-6
№ 3-6

ЗМІСТ

6 НОВИНИ

6 i3 Engineering презентувала систему розумного дому на CES 2023 у Лас-Вегасі

8 ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ

8 Михайлов В.П.
Кондуктивні перешкоди в електромережах у діапазоні 2–150 кГц — супергармоніки

14 Буйний Р.О., Гай О.В., Діхтярук І.В., Ворушило А.О.
Щодо показників надійності елементів електричних мереж

18 Буйний Р.О., Гай О.В., Діхтярук І.В., Ворушило А.О.
Про обґрунтування переліку схем розподільних установок підстанцій напруження 35–750 кВ і сферу їх застосування

24 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ АСУ ТП

24 Панов А.В., Сподинський О.В.
Використання сучасного обладнання та приладів Центру колективного користування для вирішення проблем комплексної автоматизації об'єктів енергетики

32 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

32 Красножон А.В., Манілов А.М., Товстюк С.О.
Оцінювання величини магнітного поля кабельного обігріву житлових та промислових приміщень з точки зору його безпеки для людини

38 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

38 Програма виконання проєктів, передбачених „Спільною заявою США та Німеччини від 21 липня 2021 року про підтримку України в рамках європейської енергетичної безпеки“

46 НОРМАТИВНО-ПРАВОВА БАЗА

46 Облакевич С.В.
Нова редакція ДБН В.2.5-23:2022 „Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення“

48 НЕКРОЛОГ

48 Віктор Іванович ШЕВЛЯКОВ

За достовірність інформації та реклами відповідальність несуть автори та рекламодавці. Редакція може не поділяти точку зору авторів статей. Редакція зберігає за собою право редагувати і скорочувати зміст статей. Надіслані матеріали не повертаються. Передрук та використання матеріалів можливе тільки з письмового дозволу редакції. Усі використані або згадані товарні знаки, марки належать їх законним власникам. В оформленні використані інформаційні матеріали фірм-виробників, установ, підприємств. Матеріали позначені знаком друкуються на правах реклами. Претензії щодо якості реклами, строків публікації не приймаються.

ТОВ "ТФ Донтехпром"

ЄДРПОУ 39530665
69118, м. Запоріжжя,
вул. Автозаводська, 50, офіс 147
+380 50 470 18 38

kozenko@3g.ua
www.dontechprom.ua

ПОНАД 1300 ПРОЄКТІВ
ЗА 25 РОКІВ



Донтехпром

ПОВНИЙ КОМПЛЕКС ПОСЛУГ З ПРОЄКТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВА

- Промислові підприємства
- Адміністративні та житлові будівлі
- Відкриті споруди
- Вітроелектростанції
- Сонячні електростанції
- Газотурбінні електростанції
- Малі гідроелектростанції
- Дизельні електростанції
- Когенераційні енергоблоки
- Підстанції на напругу 330 кВ, 220 кВ, 110 кВ, 35 кВ, 6–10 кВ
- Лінії електропередачі: повітряні та кабельні на напругу 330 кВ, 110 кВ, 35 кВ, 10 кВ, 0,4 кВ
- Системи автоматизації та диспетчеризації
- Системи зв'язку та передачі даних
- Системи телемеханіки та релейних захистів
- Системи безпеки та контролю доступу
- Системи кондиціонування, опалення, вентиляції
- Системи водопроводу, каналізації
- Системи АСКОЕ
- Системи АСУТП
- Системи ІТ та промислового телебачення
- Системи електропостачання та електроосвітлення
- Системи електроприводу технологічних ліній

ТОВ "ТФ Донтехпром" засновано в 1996 р. та за цей час стало одним із лідерів галузі, що підтверджується численними нагородами. Зокрема, рішенням Науково-експертної ради національної іміджевої програми "Лідери XXI століття" підприємство нагороджено Знаком якості "Вища проба" за високу якість послуг.

"БОТІЄВСЬКА" ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ

потужністю 200 МВт
в с. Ботієве Приазовського району
Запорізької області



"ПРИМОРСЬКА" ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ

потужністю 200 МВт
в Приморському районі
Запорізької області

ЦЕХА ХАРЦИЗЬКОГО ТРУБНОГО ЗАВОДУ



"ЗБАГАЧУВАЛЬНА ФАБРИКА" ЗАТ "ДОНЕЦЬКАСТАЛЬ МЗ"

МЕРЕЖА МАГАЗИНІВ ПОБУТОВОЇ ТЕХНІКИ "СОМFY"

61 супермаркет
загальною площею 99 125 м²
в містах: Дніпро, Київ, Харків,
Мелітополь, Білая Церков,
Чернівці, Івано-Франківськ,
Довжанськ Донецької області



Гребченко Миколай Васильович, д.т.н. Професор.

Зав. кафедри електропостачання
Національний університет біоресурсів
і природокористування України

Фаренюк Геннадій Григорович, д.т.н., с.н.с.

Директор ДП “Державний науково-дослідний
інститут будівельних конструкцій”
Голова ТК 302, Мінрегіон,
“Енергоефективність будівель і споруд”

Гриб Олег Герасимович, д.т.н. Професор.

Зав. кафедри автоматизації енергосистем
НТУ “Харківський політехнічний інститут”

Сорокін Віктор Михайлович,

чл.-кор. НАН України, д.т.н. Професор.

Заст. директора Інституту фізики напівпровідників
ім. В.Є. Лашкарьова НАН України

Калінчик Василь Прокопович, к.т.н., с.н.с. Доцент.

Директор НДІ автоматики та енергетики “Енергія”
НТУУ “Київський політехнічний інститут”
Кафедра електропостачання
НТУУ “Київський політехнічний інститут”

Квицинський Анатолій Олександрович, к.т.н. Доцент.

Головний інженер
Науково-технічний центр електроенергетики
ДП “НЕК Укренерго”

Слинько Володимир Мефодійович, к.т.н., с.н.с.

Керівник науково-дослідного центру випробувань
засобів автоматизації в енергетиці
Інститут електродинаміки НАН України

Тимченко Микола Петрович, к.т.н., с.н.с.

Відділ високотемпературної термогазодинаміки.
Інститут технічної теплофізики НАН України

Гапон Дмитро Анатолійович, к.т.н. Доцент.

Кафедра автоматизації енергосистем
НТУ “Харківський політехнічний інститут”

Ткаченко Сергій Миколайович, к.т.н. ФРН. Доцент.

Декан німецького технічного факультету
Донецький національний технічний університет

Розинський Давид Йосипович, к.т.н.

Дійсний Член Академії Будівництва України

Любич Михайло Орестович, к.т.н. ФРН.

Фахівець у галузі вітроенергетики

Жабський Юрій Вікторович

Директор ТОВ “Вінд Фарм”
Заслужений будівельник України

Лубинський Борис Борисович

Фахівець з правового забезпечення

Беккерман Олександр Едуардович

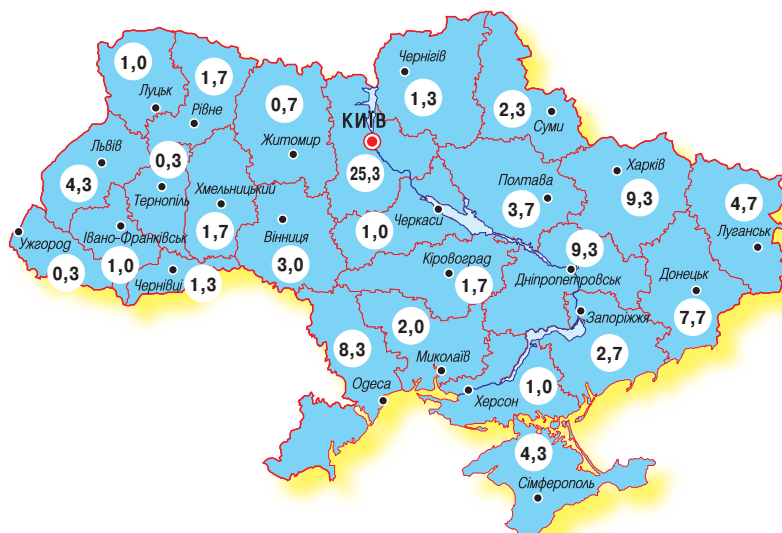
Заступник технічного директора,
керівник регіонального структурного підрозділу
ТОВ КК “Вітряні парки України”

Петришин Богдан Михайлович

Заслужений будівельник України

Черкашин Ігор Юрійович

Голова Громадського об'єднання
“Експертна платформа з енергоефективності”



ЗБІРНИК ВИДАЄТЬСЯ ЗА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ТА СПІВПРАЦІ З НИЗКОЮ ОРГАНІЗАЦІЙ

ДП “НЕК Укренерго”

Інститут електродинаміки
НАН України

Інститут технічної теплофізики
НАН України

ДП “Державний науково-дослідний
інститут будівельних конструкцій”

НТУУ “Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського”

НТУ “Харківський політехнічний
інститут”

Донецький національний
технічний університет

Національний університет біоресурсів
і природокористування України

Інститут енергозбереження
та енергоменеджменту

ХНТУМГ імені О.М. Бекетова

ТОВ “Вінд Фарм”

ТОВ “ТПФ Донтехпром”

АППАУ

АСОЦІАЦІЯ ПІДПРИЄМСТВ
ПРОМИСЛОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ
УКРАЇНИ

КБУ

Конфедерація
Будівельників
України



Асоціація
енергоаудиторів

ІАВІО

Біоенергетична асоціація України



АСОЦІАЦІЯ
ВИРОБНИКІВ
СВІТЛОДІОДНОЇ
ТЕХНІКИ



УКРАЇНЬКА
ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНА
АСОЦІАЦІЯ

РУБРИКИ ЗБІРНИКА

Державна політика

Новини та події

Виробники України

Електричні мережі

Електричні станції

Підстанції та щитові

Електричні машини

Релейний захист

Автоматизація технологічних
процесів АСУ ТП

Облік електроенергії

Світлотехніка

Блискавкозахист та заземлення

Електробезпека електроустановок

Відновлювана енергетика

Енергоефективність та енергозбереження

Інформаційна безпека

Проектування та монтаж

Експлуатація та ремонт

Економіка

Наукові розробки

Нормативно-правова база

Запитання – Відповіді

Книжкова полиця

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ВИРОБНИЧО-ПРАКТИЧНИЙ ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЗБІРНИК

«ПРОМИСЛОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»

ПРОМЕЛЕКТРО

PROMELEKTRO.COM.UA

ISSN 2409-2424

ANALIZ POTOCNOGO STANU ZAZEMLENNIA SISTEMI BLISKAVKOZAXISTU PIDSTANCIJ UKRAINI c. 18

SISTEMI DIAGNOSTICHNOGO MONITORINGU TRANSFORMATORNIKH VVODIV NAPRUGOJU 110 kV c. 30

SISTEMI ELEKTROZABEZPECHENNA STANCIJ ZARADKI ELEKTROTRANSPORTU c. 38

SAGFIGHTER™ IUST (SUSA) 3-FAZNIY KOMPENSATOR PROVALIV NAPRUGI c. 45

ТПО "ДонТехПром"

1-2
2022
червень

ВИДАЄТЬСЯ З 1995 РОКУ • ПЕРЕДПЛАТНИЙ ІНДЕКС 22859

МИ З ВАМИ ПЕРЕДПЛАТА 2023

ІНДЕКС 22859



НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ВИРОБНИЧО-ПРАКТИЧНИЙ ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЗБІРНИК

«ПРОМИСЛОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»

ПРОМЕЛЕКТРО

PROMELEKTRO.COM.UA

ISSN 2409-2424

РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ c. 8

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК c. 34

ВИДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА c. 44

ЕКОНОМІКА c. 48

CISOLAR 2022

11-та **КОНФЕРЕНЦІЯ ТА ВИСТАВКА** **СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ** Центральної та Східної Європи

24-26 травня

4-6
2021
листопад

ВИДАЄТЬСЯ З 1995 РОКУ • ПЕРЕДПЛАТНИЙ ІНДЕКС 22859

ОБИРАЙ НАС

Перемога та Мир



ІЗ ENGINEERING ПРЕЗЕНТУВАЛА СИСТЕМУ РОЗУМНОГО ДОМУ НА CES 2023 У ЛАС-ВЕГАСІ

З 5 по 8 січня у Лас-Вегасі, США відбулася одна з найбільших у світі виставок побутової електроніки Consumer Electronics Show 2023. Щороку тут виставляються глобальні компанії, такі як Google, Apple, Hundai, Sony, Nikon. У 2023 році у складі української делегації компанія іЗ Engineering представила свою систему домашньої автоматизації.

іЗ Engineering — українська технологічна компанія у сфері виробництва рішень для розумного дому та автоматизації будівель. Система іЗ Engineering може автоматизувати практично всі процеси управління різними типами електрообладнання, такими як освітлення, розетки, системи опалення та кондиціонування, моторизовані жалюзі та штори, полив тощо. Обладнання компанії можна придбати у сертифікованих партнерів у 7 країнах Європи.



Стенд іЗ Engineering на CES 2023

“Це були неймовірні дні, ми вперше представили нашу систему в США. Спілкувалися з потенційними партнерами та дистриб’юторами. Зустрілися з виробниками пристроїв автоматизації для подальшої інтеграції та розробки спільних рішень. І в черговий раз підтвердили що українські hardware продукти конкурентоспроможні та готові підкорювати світовий ринок”, — зазначив СМО **Михайло Ворко**.

Всього у складі української делегації було представлено **12 компаній**, серед них були:

- **Releaf PAPER & BAGS** — перший у світі виробник паперової упаковки з опалого листа;
- **Rekava** — український бренд біорозкладаючих продуктів із повторно використаної кавової гущі;
- **Melt Water Club** — технічне рішення для отримання питної води преміум класу завдяки інноваційній технології **Freezing Process**;
- **OptySun** — технологія очищення та знезараження води в будь-яких умовах;
- **Nanit Robot** — освітнє рішення **STEM Robotics** з високою інженерною перспективою та творчим навчальним процесом для дітей і дорослих;



Українська делегація на CES 2023

- **Corner** — сучасний безпроблемний спосіб організувати ремонт із попередньо спроектованою кухнею повністю онлайн;
- **Кнопка** — передова система виклику медсестри для автоматизації догляду за пацієнтами на лікарняних ліжках;
- **WheelKeep** — невидима система безпеки, яка допомагає любителям велоспорту захистити свої велосипеди від крадіжок;
- **Solar Plex** — сервіс для модернізації нових і вже встановлених звичайних сонячних панелей на гібридні;
- **Efarm.pro** — польовий помічник для сільськогосподарських робіт, який дає змогу економити ресурси та працювати точніше;
- **G-Mak** — інноваційний охоронний пристрій, оснащений рядом унікальних технологічних рішень, які можуть фізично зупинити або дезорієнтувати зловмисника.

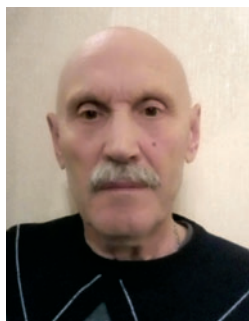
Організація української делегації на CES 2023 стала можливою завдяки спільним зусиллям **Українського фонду стартапів (USF)**, Програма **USAID “Конкурентоспроможна економіка України”**, **Western NIS Enterprise Fund**, **UVCA**, **GIST Net** та **Міністерства цифрової трансформації України**.

КОНТАКТНА ІНФОРМАЦІЯ

Вікторія ГОНЧАРЕНКО,
PR менеджер,
viktorii@i3engineering.com



Надійшла
Received 13.12.2022



В.П. Михайлов,
директор
ТОВ "Тесса"



КОНДУКТИВНЫЕ ПОМЕХИ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ В ДИАПАЗОНЕ 2–150 кГц — СУПЕРГАРМОНИКИ

PQube® 3 — единственный прибор, который непрерывно измеряет и регистрирует все кондуктивные помехи в диапазоне от 2 кГц до 150 кГц. **PQube 3** автоматически отправляет данные и графики прямо на почтовый ящик. Полностью соответствует классу А с новым изданием 3 МЭК 61000-4-30 (Методы измерения качества электроэнергии)!

ВВЕДЕНИЕ

Новая проблема для сетевых операторов: кондуктивные помехи в диапазоне 2–150 кГц, или "супергармоники", которые могут сжигать конденсаторы, отключать связь и даже увеличить погрешность счетчиков.

Самым большим источником помех являются фотоэлектрические инверторы. Некоторые ветряные турбины, ТВЕЛы, зарядные устройства также могут быть значительными источниками помех.

Супергармоники также воздействуют на системы управления уличным освещением, оборудование для производства полупроводников, медицинские сканеры, системы безопасности и средства управления транспортом.

По мере расширения использования альтернативной энергетики, эта проблема будет усугубляться. Сегодня единственный способ отследить наличие супергармоник возможно только с прибором **PQube 3**. Все приборы **PQube 3** предназначены для регистрации высокочастотного спектра, специально для этого частотного диапазона.



Рис. 1. Некорректные показания счетчика вызваны кондуктивными помехами при 2–150 кГц





Рис. 2. Конденсатор сгорел от помех 2 –150 кГц



Рис. 3. Pcube 3 регистрирует супергармоники на площадке 24 часа в сутки / 7 дней в неделю

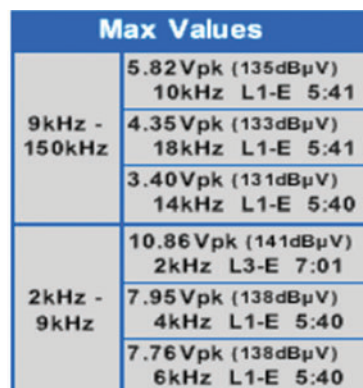
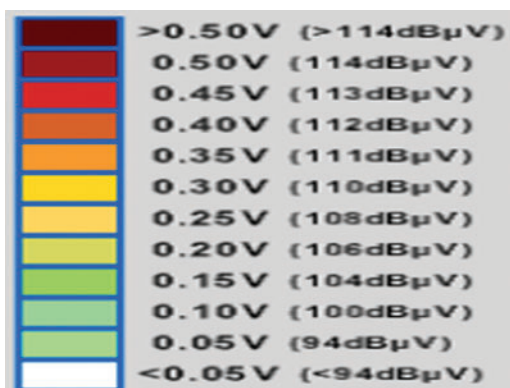
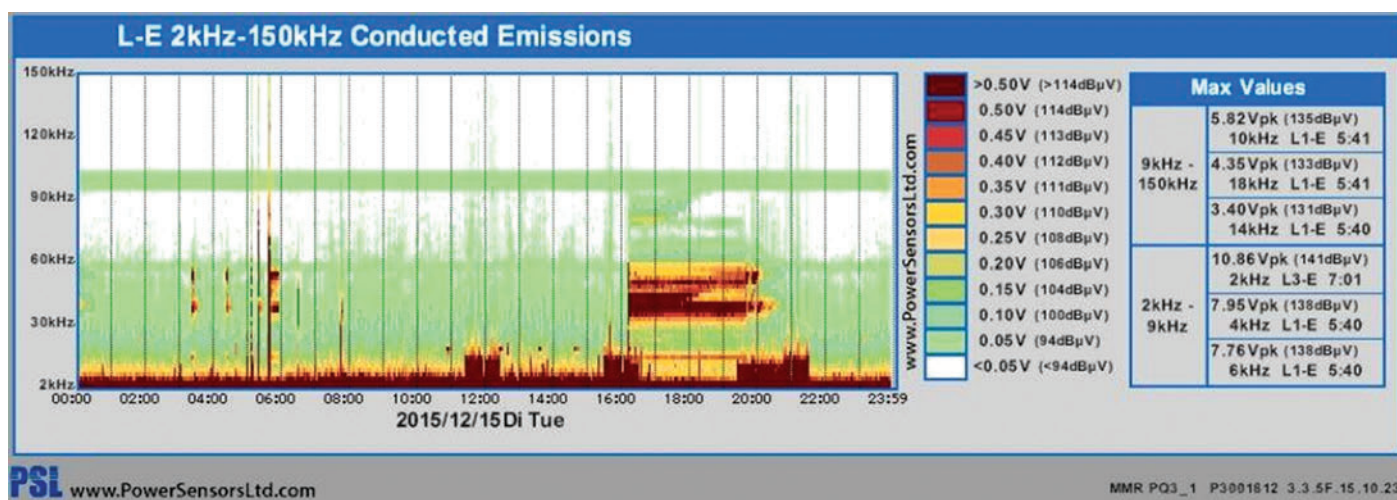
Pcube3 отправляет графики суперармоник по электронной почте, не требуя при этом программное обеспечение.

КАК ЧИТАТЬ ГРАФИК СУПЕРГАРМОНИК?

- горизонтальная ось графика представляет 1 день, 24 часа с полуночи до полуночи.
- вертикальная ось графика представляет помехи частотного спектра от 2 кГц (внизу) до 150 кГц (вверху).
- цветная карта показывает пиковую амплитуду в

данный момент времени (с интервалом в 1 минуту) и с заданной частотой. Это выражается в Вольт и dBμV (единицы измерения, используемые для оценки уровня совместимости).

- в нижней части графика показаны 2 таблицы:
 - 3 самых высоких пиковых значения в диапазоне 9 кГц–150 кГц, и их соответствующие частоты и время появления.
 - 3 максимальных пиковых значения в диапазоне 2–9 кГц, и их соответствующие частоты и время появления.



**ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ:
КОНДУКТИВНЫЕ ПОМЕХИ
В ДИАПАЗОНЕ 2–150 кГц**

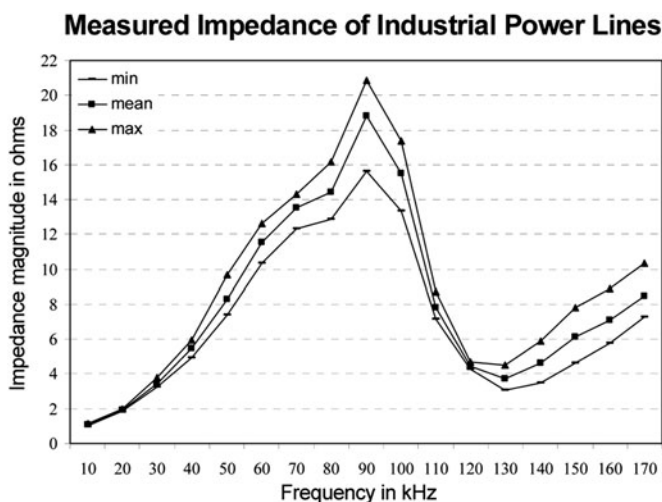
■ Как супергармоники перемещаются в электросети?



Рис. 4. 2–150 кГц генерация помех распространяется через воздушные и подземные линии электропередач

Электрические сети предназначены для передачи энергии на частоте 50 или 60 Гц. Однако эти сети могут работать на более высоких частотах, примерно до 150 кГц. При частоте около 100 кГц импеданс сети обычно достигает пика, максимизируя преобразование супергармонического тока в напряжение.

Эти кондуктивные помехи распространяются по воздушным линиям, подземным кабелям и проводке здания. Они также проходят через высокоэффективные трансформаторы из-за их большей, чем обычно, емкости между обмотками. Конденсаторы с поправкой на коэффициент мощности не задерживают эти супергармонические помехи, потому что они часто фильтруются для работы только на частоте 50 или 60 Гц. Коммутаторы ВЧ связи по ЛЭП по своей конструкции обеспечивают путь с низким импедансом для излучений в этом диапазоне частот. Таким образом, сеть рассчитана на передачу электроэнергии



Karadeniz, E., Determining of Impedance and Attenuation on Power Line Communication System, MSc Thesis, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey, 2006

на частоте 50/60 Гц, но, к сожалению, она также достаточно эффективно работает с частотой 2–150 кГц.

■ Что генерирует супергармонические помехи?

Оборудование, которое генерирует супергармоники, не делает ничего противоречащего в отношении стандартов, но может нанести вред другому оборудованию.

Фотоэлектрические инверторы, ТВЕЛы, некоторые ветряные турбины и почти все другое оборудование для преобразования постоянного тока в переменный вынужденно генерируют помехи при 2–150 кГц.

Источники питания, частотно-регулируемые привода и другие устройства преобразования переменного тока в постоянный могут производить утечку помех при 2 кГц до 150 кГц. Высокочастотная связь по ЛЭП генерирует помехи преднамеренно. В целях передачи данных они обеспечивают связь для частот от 2 кГц до 150 кГц через барьеры в сети.



Рис. 5. Фотоэлектрические инверторы генерируют “вынужденно помехи” от 2 кГц до 150 кГц в сеть

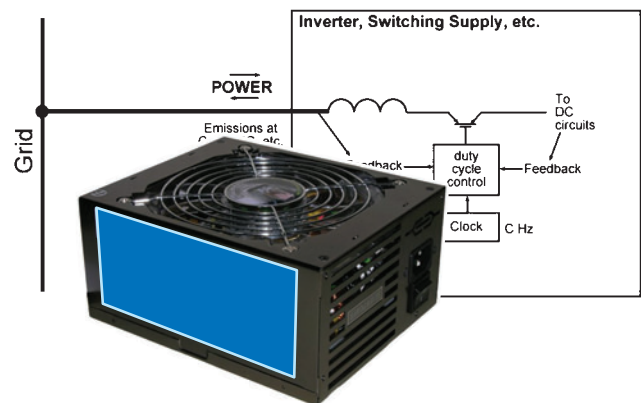


Рис. 6. Импульсные источники питания помех

**ПРОБЛЕМЫ, ВЫЗВАННЫЕ
ГЕНЕРАЦИЕЙ СУПЕРГАРМОНИК**

■ Перегрев конденсаторов

Конденсаторы, обычно встречающиеся во входных фильтрах LC, рассчитаны для нормальной работы на частоте 50/60 Гц.

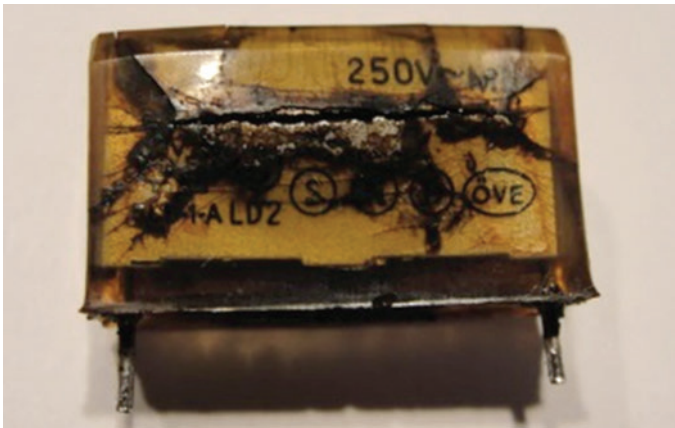


Рис. 7. Конденсатор поврежден чрезмерно высокочастотными токами

Так, например, ток 1 мА на землю протекает в фильтре при 230 В, 50 Гц.

Импеданс конденсатора, равный $1/2\pi fC$, является функцией обратной частоты. Таким образом, при напряжении всего 2,3 В при частоте 50 кГц ток конденсатора превышает нормальный ток 50 Гц в 10 раз. Этот повышенный ток разрушает конденсаторы, отключает защиту GFI и даже создает проблемы безопасности.

■ **Точность показаний счетчика электроэнергии**

Помехи супергармоник могут сильно влиять на точность счетчиков энергии, если только они не оснащены специальной защитой от этого диапазона частот (и хорошая новость! Теперь разработан новый стандарт устойчивости счетчиков: **МЭК 61000-4-19**).

■ **Помехи в связи ПЛК**

Эти системы обмениваются данными в диапазоне частот от 3 кГц до нескольких сотен килогерц. Диапазон совпадает с излучением коммутирующих устройств, таких как инверторы. Это может существенно снизить надежность или сделать невозможной связь.

Кондуктивные помехи увеличиваются из-за быстрого роста мощных инверторов, частотно-регулируемых электроприводов, высокочастотных фильтров (высокотехнологичного оборудования), а также использования ПЛК для показаний счетчиков, что повышает чувствительность к помехам.

Полный список проблем, связанных с помехами 2–150 кГц, приведен в стандарте **IEC 61000-4-19**.

■ **Стандарты эмиссии, помехоустойчивости и измерений**

В настоящее время в разработке находятся следующие стандарты для диапазона 2–150 кГц:

- **CISPR-16** — приборы и методы измерений помех и помехоустойчивости к ним на частотах выше 9 кГц;
- **IEC 61000-4-19** — тестирование измерителей на помехоустойчивость;
- **МЭК 61000-4-30 Ed3** — измерения на месте генерации помех при 2–150 кГц — PQube® 3 реализует методы измерения, рекомендуемые для генерации помех при 2–150 кГц.

ПОЧЕМУ PQUBE 3 — ЛУЧШЕЕ РЕШЕНИЕ?

■ **PQube 3 имеет крошечный размер!** Это самый маленький высокоточный монитор качества и энергии. Его можно устанавливать практически везде, где нужно зарегистрировать помехи. Он может быть установлен на DIN-рейке в электрической панели, встроен в чувствительное оборудование, установлен в ячейке на подстанции или установлен на опорах. **PQube3** измеряет напряжение до 830 В (L-L).

■ **PQube 3 записывает непрерывно 24/7, несмотря ни на что!** Он может питаться от 24 В переменного тока, 24–48 В постоянного тока, POE (Ethernet) или от 100–240 В переменного тока (опция). Он поставляется с дополнительным резервным аккумулятором ИБП, который можно настроить на срок до 3 часов.

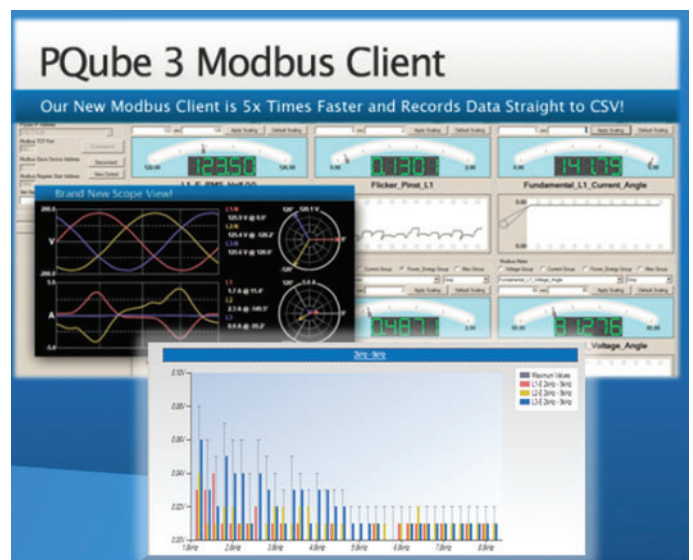
■ **PQube3 каждую минуту записывает минимальные / средние / пиковые амплитуды в каждом диапазоне частот.** Он также сообщает о максимальных пиковых значениях, достигнутых в течение дня, и об их диапазоне частот.

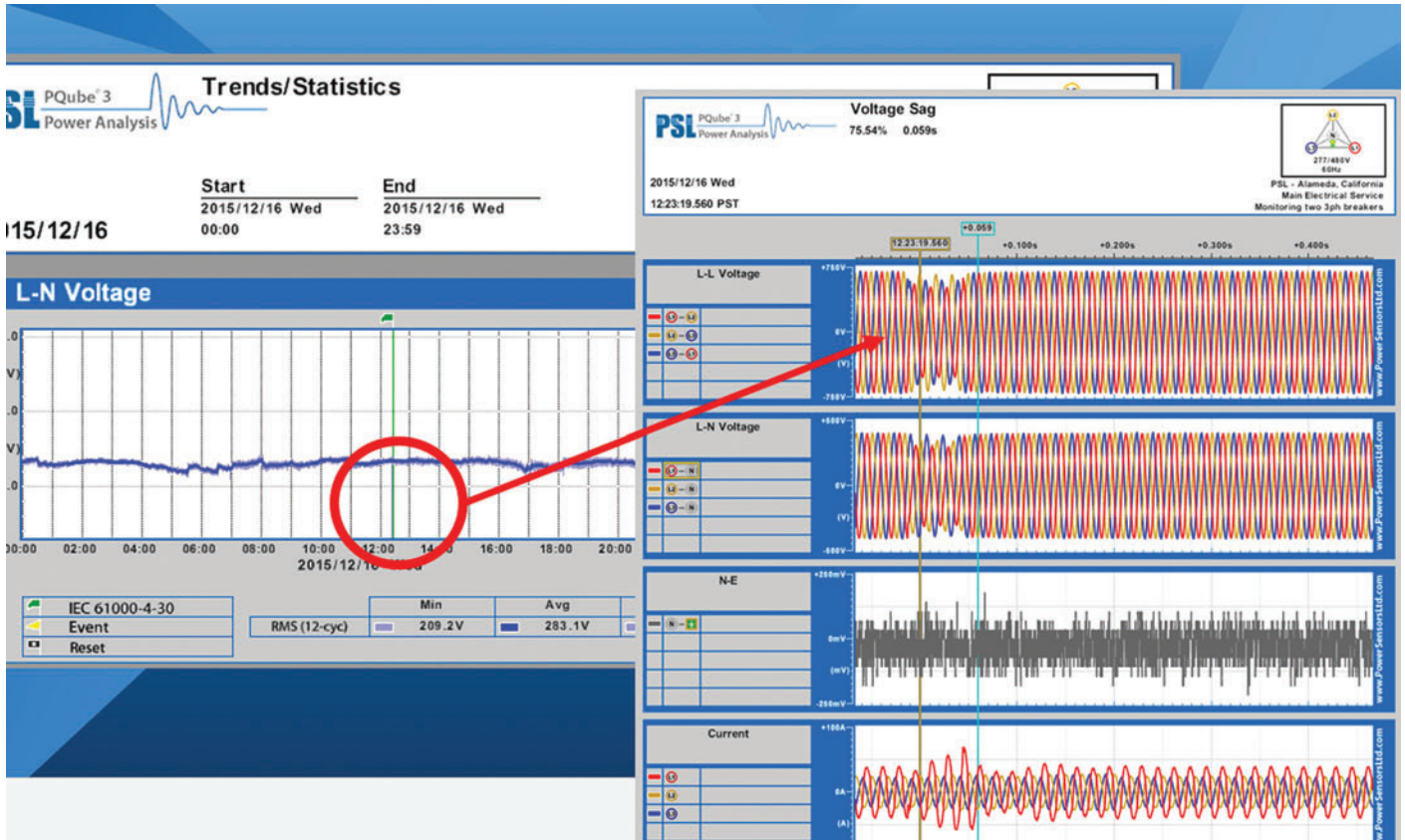
■ **PQube3 поставляется с 4-мя дополнительными входами напряжения переменного или постоянного тока, 8–14 каналов по току, цифровым входом и до 2-х дополнительных датчиков окружающей среды (температура, влажность, давление, механические удары...).** Он идеально подходит для корреляции значений супергармоник с внешними параметрами, такими как солнечное излучение, скорость ветра, скорость вращения ветряных турбин...

■ **PQube3 автоматически отправляет ежедневно электронное письмо с вложениями:** файл ASCII (CSV) и графиками (GIF), а также отправляет электронное письмо при возникновении нарушений качества электроэнергии...

■ Если имеется доступ к LAN-соединению, то **PQube 3** сообщит о супергармонических помехах в режиме реального времени (через Modbus TCP)!

Если нет доступа к сети, то можно использовать флешку USB для настройки **PQube3** и загрузки запи-





санных измерений (или с помощью извлекаемой карты micro SD). Измерения хранятся в течение нескольких месяцев во внутренней памяти 16 Гб.

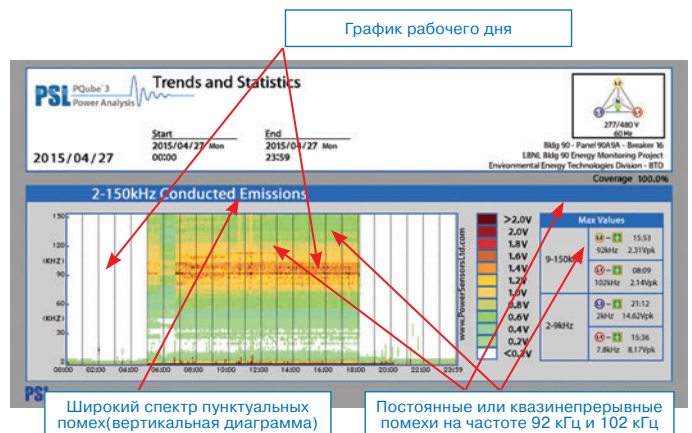
PQUBE 3: ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗМЕРЕНИЙ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ 2–150 кГц

Диапазон амплитуды	0–60 V _{pk}
Диапазон частоты	2–9 кГц и
	8–150 кГц
Метод измерения	Полностью соответствует и сертифицировано по МЭК 61000-4-30 Ред. 3, Приложение С
	Разрешение частот в диапазоне от 2 кГц до 9 кГц — 200 Гц бин Разрешение частот в диапазоне от 8 кГц до 150 кГц — 2000 Гц бин
	Основные измерения: амплитуды для каждого бина, каждые 10/12 периодов
	Интервал накопления: 1 мин
	Параметры: минимальные, усредненные и максимальные (максимальные), достигнутые за интервал
Запись	Ежедневная запись в виде файла CSV и графического файла GIF
Точность амплитуды	5% типично (5–100% FS)

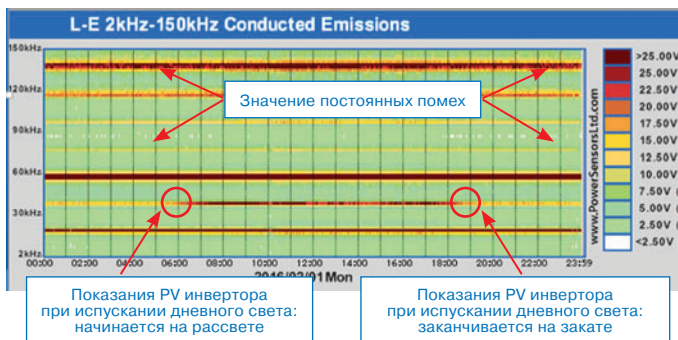
ПРИМЕРЫ ИЗМЕРЕНИЙ ДИАПАЗОНА 2–150 кГц

Пример, приведенный ниже, взят во время проводимых в будние дни выбросов в Национальной лаборатории Лоуренса в Беркли, штат Калифорния.

Существует четкая схема с (низкой амплитудой) излучениями, начинающимися точно в 5:00 по местному времени и заканчивающимися вскоре после 18:00. Оранжевая горизонтальная полоса указывает на непрерывные помехи в течение рабочего дня преимущественно при 92 кГц и 102 кГц с периодом простоя с 5:50 до 6:50.



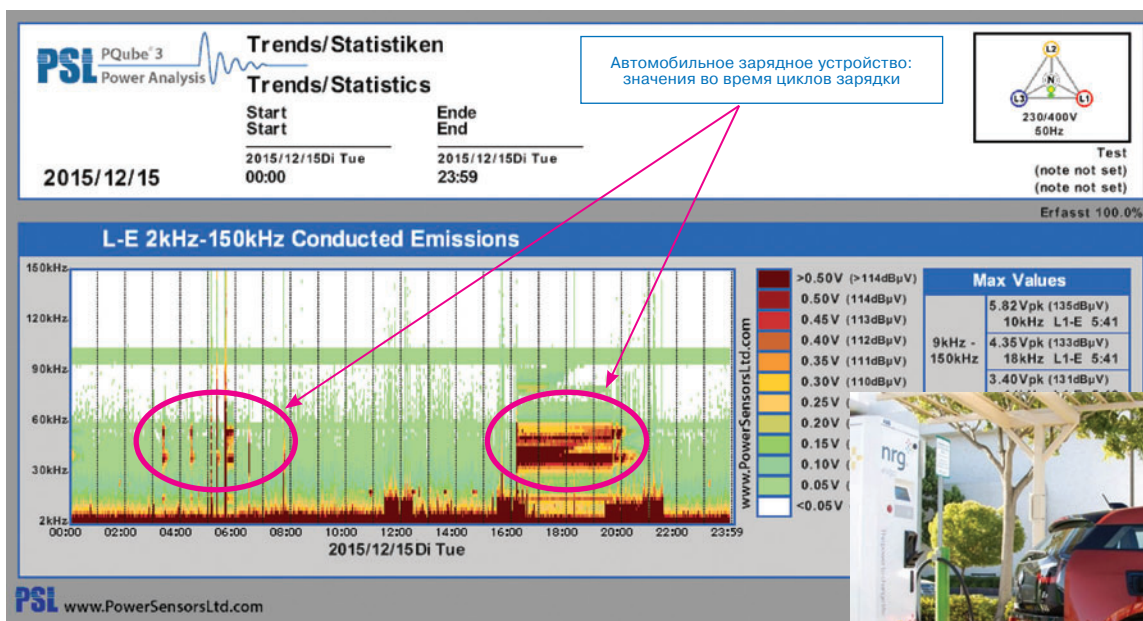
Второй пример ясно подтверждает, насколько серьезными могут быть помехи от фотоэлектрических инверторов! Это было сделано с использованием диапазона цветовой карты от 0 до 25 В. Эта частотная характеристика излучения инвертора находится на частоте 40 кГц.



Третій приклад вимірювання в робочих умовах — автомобільне зарядне пристрій, підключене до розподільчої мережі низької напруги: шуми типових значень во время циклов зарядки легко ідентифікуються.

За додатковою інформацією звертайтеся по адресу:

Email: powertessa@gmail.com
 Web site: www.pqube3.com



Я. С. Бедерак, В. І. Тарадай

Забезпечення надійної роботи ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК СПОЖИВАЧІВ

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК СПОЖИВАЧІВ

Я. С. Бедерак, В. І. Тарадай

У видавництві "Форт" м. Харків в грудні 2020 року побачив світ навчальний посібник "Забезпечення надійної роботи електроустановок споживачів". У посібнику розглянуто різноманітні причини несправностей електрообладнання та його виходу з ладу.

Приведені докладні настанови з огляду електроустановок споживачів, детальні переліки дефектів, що їх зазвичай виявляють на етапі огляду. Узагальнено заходи, спрямовані на підтримку справного стану обладнання. Книга призначена для інженерно-технічних працівників у сфері забезпечення електропостачання підприємств, а також електромонтерів, які займаються експлуатацією електроустаткування напругою до і понад 1000 В у різних галузях народного господарства.

Посилання на сторінку інтернет-магазину видавництва:

http://www.fort.kharkiv.com/news.php?action=view&cont_id=488

УДК 621.316

ЩОДО ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ



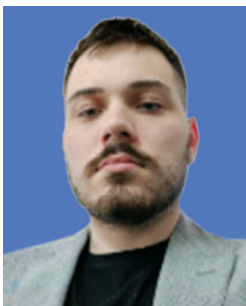
Р.О. Буйний,
к.т.н., доцент



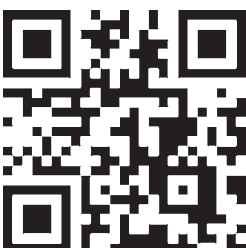
О.В. Гай,
к.т.н., доцент



І.В. Діхтярук,
к.т.н.



А.О. Ворушило,
інженер
НЕК "Укренерго"



ВСТУП

Розрахунок надійності розподільних установок (РУ) підстанцій (ПС) ґрунтується на питомих показниках надійності елементів, які входять до РУ (роз'єднувачі, вимикачі потужності, силові трансформатори, вимірювальні трансформатори струму та напруги тощо), та питомих показників надійності повітряних (ПЛ) або кабельних ліній (КЛ) електропередавання, які можуть забезпечувати живленням РУ ПС від зовнішніх центрів живлення. Якість показників надійності елементів електричних мереж об'єктів буде впливати на використовувані схеми та очікувані показники надійності РУ ПС (або фрагментів електричної мережі) і подальші шляхи вирішення задач, пов'язаних із підвищенням надійності.

В даній роботі систематизовано питомі показники надійності елементів електричних мереж.

ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ретроспективним дослідженням показників надійності функціонування елементів електричних мереж присвячено багато робіт, з яких найбільш систематизованими та всеохоплюючими є [1–3].

Дослідження вітчизняних та іноземних науковців вказують на те, що суттєвий вплив на надійність транзиту та видачі потужності в енергосистемі має не тільки надійність елементів, а і схема їх з'єднання. Саме тому, при вирішенні задач підвищення надійності необхідною умовою є об'єктивна та коректна оцінка параметрів надійності основного та допоміжного енергетичного обладнання. Під час оцінки надійності транзиту та видачі потужності в енергосистемі важливу роль відіграє надійність РУ ПС як цілісного об'єкта, що виконує важливу функцію. Надійність РУ ПС визначається надійністю елементів, з яких вона складається, та схемою з'єднання цих елементів у певну структуру.

На початку 1970-х років в країнах СРСР та ряді Європейських країн під егідою Дослідницького Комітету 13 СІГРЕ почалися роботи з вивчення надійності елементів РУ шляхом збору, зіставлення та аналізу статистичної інформації щодо відмов [4]. До теперішнього часу було проведено велику кількість досліджень відмов різних видів енергетичного обладнання, що дозволило прогнозувати відмови та планувати періодичність обслуговування енергетичного обладнання. Такі дослідження дозволили класифікувати види відмов та встановити причино-наслідковий зв'язок між факторами, що зумовлюють розвиток відмов та зв'язок між самими відмовами [5].

Результати досліджень свідчать про те, що більшість відмов РУ ПС пов'язана із вимикачами потужності, оскільки вихід з ладу вимикача може призвести до розриву транзиту чи припинення видачі потужності в енергосистемі. Вимикач є основним та найбільш критичним елементом РУ ПС напругою 10 (6) – 750 кВ [6–12]. Під час обробки статистичних даних враховували не тільки сам факт відмови елемента схеми ПС, а й причину відмови. Так, наприклад, в роботі [13] було розглянуто 607 відмов високовольтних вимикачів за період з 1989 по 2010 роки, які були розділені на три основні групи:

- відмови струмовідних частин;
- відмови ізоляції;
- відмови механічної частини.

Для кожної групи було визначено частоту відмов та середнє напрацювання до відмови.

Високовольтні вимикачі потужності використовуються на всіх класах напруги для відключення робочих та аварійних струмів. Вони є досить надійним елементом, проте відключення струмів в аварійних режимах приводить до значного зношування їх контактної системи. До недавніх часів конструкція високовольтних вимикачів (повітряних і оливних) вимагала частого їх обслуговування, періодичних оглядів та капітальних ремонтів, що, в свою чергу, висувало підвищені вимоги до надійності та ступеня резервування схеми РУ ПС під час виведення з роботи таких вимикачів. Натомість сучасні високовольтні вимикачі (елегазові та вакуумні) є високонадій-

ними комутаційними апаратами, які практично не потребують обслуговування протягом всього терміну експлуатації [14], що дозволяє спростити вимоги до виконання схем РУ ПС. Саме така тенденція спостерігається у провідних країнах ЄС та США [14–18].

Роз'єднувачі призначені для створення видимого розриву і, здебільшого, використовуються просто неба, де піддаються впливу зовнішнього середовища протягом багатьох років. Це та особливості конструкції роз'єднувачів традиційних типів привели до пошкодження та механічного руйнуван-

ня їх елементів. Зважаючи на те, що в схемах РУ ПС різних класів напруг присутня велика кількість роз'єднувачів, вона значно знижують надійність схеми РУ як елемента електричної мережі. Сучасні роз'єднувачі, які мають покращену кінематику, полімерну ізоляцію та використовують антикорозійні та протизносні покриття металевих елементів, дозволяють підвищити надійність РУ напругою 10 (6) – 750 кВ. Проте, через значну їх кількість в схемах РУ більш високих класів напруги, значного підвищення надійності схем РУ напругою 10 (6) – 750 кВ не спостерігається (див. **табл.**).

Показники надійності елементів електричних мереж напругою 10 (6) – 750 кВ

Назва елемента	Значення статистичного показника надійності			
	Частота відмов, рік ⁻¹	Середня тривалість відновлення, годин	Частота профілактичних відключень, рік ⁻¹	Середня тривалість профілактичного відключення, годин
Вимикач потужності:				
– вакуумний 6–10 кВ	0,009	12	0,1	8
– вакуумний 35 кВ	0,006	18	0,1	14
– вакуумний 110 кВ	0,003	28	0,1	24
– оливний 6–10 кВ	0,045	8	2,2	7
– оливний 35 кВ	0,043	11	2,2	9
– оливний 110 кВ	0,042	24	2,2	28
– оливний 220 кВ	0,03	42	2,2	55
– повітряний 110 кВ	0,043	35	2,2	45
– повітряний 220 кВ	0,031	55	2,2	90
– повітряний 330–750 кВ	0,13	60	2,2	180
– елегазовий 110кВ	0,003	44	0,31	41
– елегазовий 220кВ	0,003	45	0,25	45
– елегазовий 330кВ	0,003	40	0,25	44
– елегазовий 500кВ	0,003	50	0,43	92
– елегазовий 750кВ	0,003	60	0,5	105
Роз'єднувач традиційний:				
– 6–10 кВ		4		4
– 35 кВ		6		6
– 110 кВ	0,01	8	0,17	8
– 220 кВ		9		13
– 330 кВ		10		18
– 500 кВ		12		31
– 750 кВ		14		81
Роз'єднувач сучасний:				
– 6–10 кВ		5		5
– 35 кВ		7		10
– 110 кВ	0,005	10	0,14	14
– 220 кВ		11		17
– 330 кВ		12		24
– 500 кВ		16		62
– 750 кВ		18		70
Розрядник	0,08	3,5	—	—
Обмежувач перенапруги	0	0	—	—
Шини РУ (на 1 приєднання):				
– ЗРУ 6–10 кВ		2,5		
– ВРУ 35 кВ		2,0		
– ЗРУ 35 кВ		2,5		
– ВРУ 110 кВ	0,001	2,0	0,17	5
– ВРУ 220 кВ		3,0		
– ВРУ 330 кВ		4,0		
– ВРУ 500 кВ		6,0		
– ВРУ 750 кВ		7,0		

Назва елемента	Значення статистичного показника надійності			
	Частота відмов, рік ⁻¹	Середня тривалість відновлення, годин	Частота профілактичних відключень, рік ⁻¹	Середня тривалість профілактичного відключення, годин
Трансформатори і автотрансформатори з вищою напругою:				
– 6–10 кВ	0,15	8	2,5	4,5
– 35 кВ	0,008	21	6,3	8,5
– 110 кВ	0,009	55	6,3	10,5
– 220 кВ	0,014	70	6,3	12
– 330 кВ	0,034	120	6,3	12,8
– 500 кВ	0,025	180	6,3	14
– 750 кВ	0,035	220	6,3	14
Вимірювальні ТН та ТС:				
– 6–10 кВ	0,05	8		
– 35 кВ	0,004	15		
– 110 кВ	0,002	17		
– 220 кВ	0,002	25	–	–
– 330 кВ	0,003	36		
– 500 кВ	0,004	48		
– 750 кВ	0,005	64		
Повітряні лінії:				
– 10 кВ	3,50*	7,5	2,0*	4,5
– 35 кВ	1,00*	7,2	9,0*	5,5
– 110 кВ	0,81*	4,4	14,6*	4,2
– 220 кВ	0,56*	5,9	13,2*	5,9
– 330 кВ	0,45*	7,1	12,0*	7,8
– 500 кВ	0,37*	8,6	10,0*	12,0
– 750 кВ	0,30*	9,5	8,0*	14,0

* Частота відмов ПЛ на 100 км.

Аналіз статистичних даних [1–19] та власні дослідження авторів [20–23] (які знайшли застосування у нормативних документах [24–25]) свідчать, що показники надійності елементів електричних мереж коливаються в широких межах залежно від рівня експлуатаційного обслуговування, географічного району проходження та багатьох інших факторів. Шляхом співставлення результатів досліджень [1–3, 13, 19–23] з умовами експлуатації електричних мереж в Україні складено і запропоновано до використання систематизовану таблицю із усередненими показниками надійності її окремих елементів напругою 10 (6) – 750 кВ (табл.). У якості вихідних показників в розрахунках надійності передбачено використовувати:

- частоту та середню тривалість відмов (аварійних відключень);
- частоту та середню тривалість профілактичних відключень.

Слід зазначити, що більшість результатів ретроспективного аналізу показників надійності елементів РУ ПС, які знаходяться у вільному доступі відносяться до застарілого обладнання, яке вичерпало свій життєвий ресурс [1]. Для новітнього обладнання дуже важно отримати показники надійності, оскільки сучасна елегазова та вакуумна техніка є високонадійною, і, до моменту першої відмови, проходить дуже багато часу. Відмови сучасного обладнання, яке використовується в РУ ПС середньої та високої напруги, практично не відбуваються протягом

всього розрахункового терміну експлуатації, що вказує на високу надійність. У багатьох випадках це не дозволяє отримати однозначну достовірну інформацію про показники надійності електротехнічного обладнання, яку виробники і користувачі відносять до комерційної таємниці.

Варто зазначити, що РУ ПС об'єднаної енергосистеми України зазнають суттєвих руйнувань унаслідок збройної агресії російської федерації, а їх відновлення до первісного стану буде потребувати значних інвестицій. Враховуючи, що більшість пошкодженого електрообладнання не виробляється, а сучасне електрообладнання має кращі показники надійності, доцільним вважається перегляд принципів побудови схем РУ ПС, регламентованих до застосування в Україні. На думку авторів існує можливість спрощення (і відповідного здешевлення) схем РУ ПС в умовах обмежених інвестицій без погіршення характеристик надійності у разі застосування новітнього обладнання з характеристиками, наведеними в таблиці.

ВИСНОВКИ

1. Результати аналізу літературних джерел [1–23] свідчать про те, що більшість відмов РУ ПС пов'язана із вимикачами потужності.

2. За результатами досліджень визначено показники надійності найбільш поширених в Україні традиційних і новітніх елементів електричних мереж напругою (6) 10 – 750 кВ, які наведено в таблиці.

3. Встановлено, що показники надійності новітнього електрообладнання значно кращі, ніж електрообладнання, що тривалий час знаходиться в експлуатації та вичерпало свій життєвий ресурс. Це створює передумови до перегляду принципів побудови схем електричних принципів РУ ПС

напругою 6–750 кВ, які регламентовані чинними нормативними документами, у разі застосування новітніх комутаційних апаратів.

4. Наведені в **таблиці** показники надійності можуть бути використані під час аналізу структурної надійності діючих електромережових об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Показатели надежности работы основного Электрооборудования, сборных шин РУ, воздушных и кабельных линий за 1976 г. 1972–1976 гг. Для служебного пользования. Экз. 010778. Служба передового опыта и информации союзтехэнерго. Москва, 1978.
2. *Непомнящий В.А.* Надежность оборудования энергосистем. — М.: “Электроэнергия. Передача и распределение”, 2013. — 196 с.
3. *Bollen, MhJ Math.* Literature search for reliability data of components in electric distribution networks. Technische Universiteit Eindhoven, 1993. — 161 p.
4. *Mazza G., Michaca R.* The first international enquiry on circuit-breaker failures and in service // *Electra*. — 1981. — № 79. — P. 21–91.
5. Надежность систем энергетики и их оборудования. Справочник: в 4-х т. / Под общ. ред. Ю.Н. Руденко. Т. 2. Надежность электро-энергетических систем. Справочник / Под ред. М.Н. Розанова — М.: Энергоатомиздат, 2000. — 568 с.
6. *Choonhapran P., Balzer G.* Study of stresses of circuit-breakers: combined statistical method, in: 9th Int. Conf. on Probabilistic Methods Applied to Power Systems KTH, Stockholm, Sweden, 11–15 June, 2006.
7. *Mazza G., Michaca R.* The first international enquiry on circuit breaker failures & defects in service // *ELECTRA*. — 1985. — Vol. 79. — P. 21–91.
8. *Michaca R., Heising C.R., Koppf G.* Summary of Cigré Working Group 13-06 studies on the test and control methods intended to assure the reliability of high voltage circuit breakers // *ELECTRA*, — 1985. —Vol. 102. — P. 133–175.
9. *Bargigia A., Heising C.R., Janssen A.L.J., Maaskola J., Michaca R.* Interim report on the second international enquiry of the reliability of high voltage single pressure SF6 circuit breakers, CIGRÉ, No. 23–107, Paris, 27 August –1 September, 1990.
10. *Bargigia A., Degen W., Heising C.R., Ishikawa M., Janssen A.L.J., Maaskola J.E., Michaca R., Tudrej M.* High voltage circuit breaker reliability data for use in system reliability studies-interim report, Cigré 13-06 Working Group, CIGRÉ, No. 2-01, Montreal, Canada, 16–18 September, 1991.
11. Cigré WG 13-06, Final report on high voltage circuit breaker reliability data for use in substation and system studies, CIGRÉ, No. 13-201, Paris, 28 August-3 September, 1994.
12. Cigré WG 13.06, Final report of the second international enquiry on high voltage circuit-breaker failures and defects in service, CIGRÉ, Technical Brochure, No. 83, Paris, 1994.
13. Failure Rate Analysis of Power Circuit Breaker in High Voltage Substation / T. Suwanasri, M. T. Hlaing and C. Suwanasri // *GMSARN International Journal*. — 2014. — Vol. 8. — P. 1–6.
14. ABB Switchgear Manual, Cornelsen Verlag, Berlin, 10th revised edition, 2004, 903 p.
15. Standardowa Specyfikacja Funkcjonalna Stacje elektroenergetyczne najwyższych napięć PSE — SF.STACJE/2015.
16. Standard techniczny nr 4/2014 — konfiguracje rozdzielnic 110 kV w sieci dystrybucyjnej 110 kV. TAURON Dystrybucja S.A. (wersja druga). Kraków, październik 2020 r.
17. Załącznik nr 1 do Standardu technicznego nr 4/2014 — konfiguracje rozdzielnic 110 kV w sieci dystrybucyjnej 110 kV TAURON Dystrybucja S.A. (wersja druga). “Katalog standardowych konfiguracji pól rozdzielnic 110 kV”. Kraków, październik 2020 r.
18. *Electric Power Substations Engineering, Second Edition / Edited by John D. McDonald.* 2006 by Taylor & Francis Group, LLC.
19. Reliability Analysis of Breaker Arrangements in High Voltage Stations: A Fault Tree Approach. Thesis for the Degree of Master of Science. Zongyu Liu Department of Energy and Environment Division of Electric Power Engineering CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. Göteborg, Sweden, 2008.
20. *Буйний Р.О., Зорін В.В., Квицинський А.О., Ключко В.П.* Обґрунтування переліку схем електричних з'єднань розподільних установок підстанцій напругою 110 кВ і більше з використанням елегазових вимикачів і КРУЕ // *Енергетика та електрифікація*. — 2012. — № 2. — С. 36–44.
21. *Буйний Р.О., Зорін В.В., Квицинський А.О.* Обґрунтування області використання схем електричних з'єднань розподільних установок підстанцій напругою 110 кВ і більше з елегазовими вимикачами і КРУЕ за економічними критеріями // *Енергетика та електрифікація*. — 2012. — № 6. — С.13–21.
22. *Буйний Р.О., Зорін В.В., Квицинський А.О.* Обґрунтування області використання схем електричних з'єднань розподільних установок напругою 330–750 кВ системних підстанцій з елегазовими вимикачами і КРУЕ // *Енергетика та електрифікація*. — 2012. — № 11. — С. 33–36.
23. *Буйний Р.О., Діхтярук І.В., Зорін В.В.* Автоматичне секціонування розподільних електричних мереж напругою 6–10 кВ із застосуванням роз'єднувачів нового покоління // *Технічна електродинаміка*. — 2014. — № 3. — С. 70–75.
24. СОУ-Н МЕВ 40.1-00100227-70:2012 Правила проектування підстанцій комплектними розподільними установками елегазовими (КРУЕ) напругою 110 кВ і вище.
25. СОУ МЕВ ЕЕ 40.1-00100227-01:2016 Стандарт операційної безпеки функціонування Об'єднаної енергетичної системи України. Побудова та експлуатація електричних мереж. Технічна політика. Частина 1, 2.

“ТПФ ДонТехПром”

Монтаж та будівництво. Проектування електрозабезпечення промислових, житлових та громадських об'єктів від 0,4 до 330 кВ.

+380 50 470 18 38 • www.dontechprom.ua

УДК 621.316

ПРО ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕЛІКУ СХЕМ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК ПІДСТАНЦІЙ НАПРУГОЮ 35–750 кВ І СФЕРУ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ



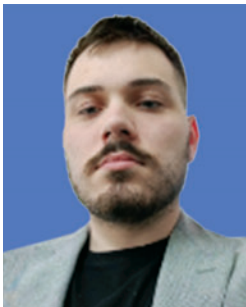
Р.О. Буйний,
к.т.н., доцент



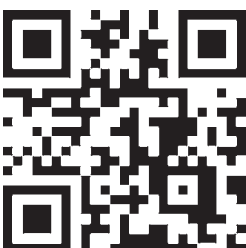
О.В. Гай,
к.т.н., доцент



І.В. Діхтярук,
к.т.н.



А.О. Ворушило,
інженер
НЕК "Укренерго"



ВСТУП

Сфери застосування схем електричних з'єднань розподільних установок (РУ) підстанцій (ПС) напругою 6–750 кВ, які регламентовані чинними нормативними документами в Україні [1–3], обґрунтовано у 50–60-х роках ХХ століття. У ті часи в РУ ПС застосовувалися виключно повітряні та оливні вимикачі, що обумовлювало організацію значних обсягів робіт з їх експлуатації великою кількістю обслуговуючого персоналу. Станом на сьогодні таке електрообладнання вже не виготовляється, проте продовжує використовуватися на підстанціях операторів систем розподілу (ОСР) та на деяких підстанціях оператора системи передачі (ОСП).

Загальносвітовим трендом розвитку енергетики є її декарбонізація (перехід до кліматично-нейтрального розвитку, наприклад, відповідно до "Європейської Зеленої угоди", досягнення нульової емісії CO₂ до 2070 року тощо), де Smart Grid розглядається у якості технологічної платформи, що забезпечує децентралізацію та диджиталізацію (цифровізацію) електроенергетики. Це підвищує вимоги до гнучкості електроенергетичної системи (здатності підлаштуватися до стохастичної генерації електричної енергії із використанням відновлюваних джерел енергії та змінного навантаження споживачів), які можуть бути задоволені узгодженим впровадженням засобів накопичення електричної енергії, керування навантаженням та конфігурацією електроенергетичної системи. Для реалізації останньої вимоги на мінімальному рівні слід виконати заміну морально застарілого та технічно зношеного силового комутаційного електрообладнання (оливні та повітряні вимикачі) на сучасне (елегазові та вакуумні вимикачі) із забезпеченням його інтелектуальної взаємодії та можливості телекерування. Оскільки основним елементом будь-якого мережевого об'єкту є його РУ, схема електричних з'єднань якої буде визначати гнучкість і надійність розподілу/передачі електричної енергії, виникає актуальна задача обґрунтування схем електричних з'єднань РУ ПС та сфер їх застосування. Той факт, що мережеві об'єкти ОСР та ОСП зазнали масштабних руйнувань внаслідок збройної агресії російської федерації і потребують відновлення підвищує актуальність перегляду підходів до їх побудови, а успішна реалізація щодобових графіків обмежень додає упевненості у правильності обраного шляху.

ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз літературних джерел [4–11] показав, що у провідних країнах світу застосовуються, як правило, більш прості схеми РУ ПС порівняно з [1–3], що не мають обхідної системи шин (останнє обумовлено застосуванням більш надійного електрообладнання, зокрема елегазових та вакуумних вимикачів). Слід зазначити, що чіткого обґрунтування області застосування більш простих схем автори не знайшли, що зумовило виконання власних досліджень [17], стислі результати яких наведені нижче.

Для обґрунтування доцільності використання тієї чи іншої схеми електричних з'єднань в РУ ПС використаний порівняльний метод. Було розраховано показники надійності схем РУ ПС зі "старим" обладнанням (оливними та повітряними вимикачами) для усього набору схем, передбачених [1], та з "новим" (елегазовими та вакуумними вимикачами), більш надійним обладнанням. Якщо більш проста і, як наслідок, більш наочна та безпечна в експлуатації схема з "новим" обладнанням мала кращі (або не гірші) показники надійності, ніж більш складна зі "старим" обладнанням, то перевагу надавали більш простій схемі, оскільки вона буде мати більшу структурну надійність.

Для розрахунку показників надійності схем РУ ПС було отримано схеми заміщення за надійністю для різних випадків їх застосування схем (РУ ВН, РУ СН) та режимів роботи (передача електроенергії з РУ ВН до РУ НН (РУ СН), транзит електроенергії

через РУ ВН). Функція працездатності схеми записувалася у вигляді найкоротших шляхів успішного функціонування (НШУФ) P_ℓ [12]:

$$P_\ell = \bigwedge_{i \in K_{P_\ell}} x_i, \quad (1)$$

де:

K_{P_ℓ} — множина номерів, що відповідають даному шляху;

x_i — i -й елемент у шляху, який забезпечує його функціонування.

У відповідних режимах роботи та застосуваннях кожна схема РУ ПС має певну кількість НШУФ ($\ell=1, 2, \dots, d$), тому її працездатність представлялася у вигляді:

$$y(x_1, \dots, x_n) = \bigvee_{\ell=1}^d P_\ell = \bigvee_{\ell=1}^d \left[\bigwedge_{i \in K_{P_\ell}} x_i \right]. \quad (2)$$

У якості вихідних показників надійності використані систематизовані результати досліджень авторів, наведені у [13]. Це дозволило обґрунтувати перелік схем електричних принципів РУ ПС із “новим” електрообладнанням та область їх застосування (див. **табл. 1**). За положенням в електричній мережі (**табл. 1**) усі ПС поділено на чотири види (по

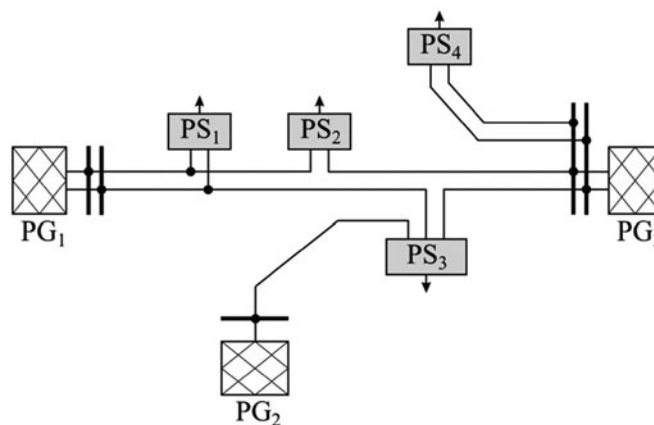


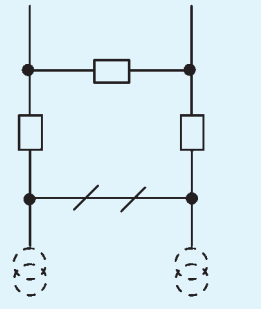
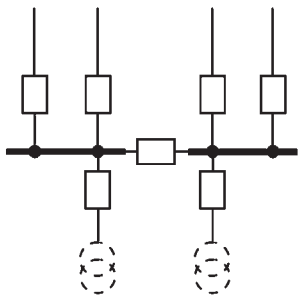
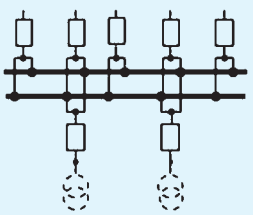
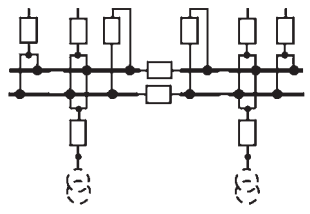
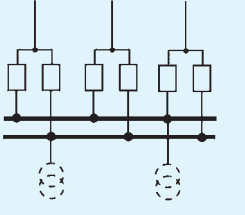
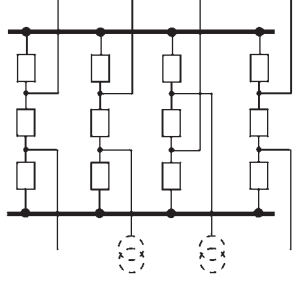
Рис. 1. Фрагмент районної електричної мережі: **PG** — power grid (зовнішня мережа — джерело живлення); **PS** — power substation (підстанція)

відношенню до РУ високої напруги (ВН): тупикові (кінцеві) — PS4; відгалужувальні — PS1; прохідні — PS2 та вузлові — PS3 (див. **рис. 1**).

Схема електричної мережі може розвиватися у просторі та часі, тому і вид підстанції може зазнавати змін. На першому етапі розвитку, ПС може бути відгалужувальною, прохідною або ж тупиковою, а далі,

Таблиця 1. Рекомендований перелік схем РУ ПС напругою від 35 кВ до 750 кВ і сфера їх застосування

Шифр	Найменування	Умове зображення	Сфера застосування			
			Напруга РУ, кВ	Сторона	Кількість лінійних приєднань	Умови та особливості застосування
35-1 110-1 150-1 220-1 330-1	Два блоки лінія – трансформатор з роз'єднувачами		35 110 150 220 330	ВН	2	Тупикові ПС у разі живлення одного трансформатора від однієї лінії, яка не має відгалужень
35-2 110-2 150-2 220-2	Два блоки лінія – трансформатор з вимикачами в колах трансформаторів і неавтоматичною перемичкою з боку ліній		35 110 150 220	ВН	2	Відгалужувальні (у разі приєднання до лінії електропередавання, що живить кілька ПС) та тупикові ПС, за потужності трансформаторів до 63 МВ·А
35-3 110-3 150-3 220-3	Місток з вимикачами в колах ліній і ремонтною перемичкою з боку ліній		35 110 150 220	ВН	2	Прохідні ПС, за необхідності секціонування ліній і збереження електропостачання споживачів в разі пошкодження однієї із ділянок транзиту, за потужності трансформаторів до 63 МВ·А

Шифр	Найменування	Умовне зображення	Сфера застосування			
			Напруга РУ, кВ	Сторона	Кількість лінійних приєднань	Умови та особливості застосування
35-4 110-4 150-4 220-4	Місток з вимикачами в колах трансформаторів і ремонтною перемичкою з боку трансформаторів		35 110 150 220	ВН	2	Прохідні ПС, за необхідності секціонування ліній і збереження транзиту в разі пошкодження трансформатора, за потужності трансформаторів до 63 МВ·А
35-5 110-5 150-5 220-5	Одна робоча, секціонована вимикачем, система шин		35	ВН СН НН	3-4*	Для ВН вузлових ПС мережі напругою 35 кВ та СН і НН на ПС напругою 110-220 кВ. * Для РП з ПС 35/0,4 кВ кількість ліній 35 кВ може бути збільшена до 8
			110 150 220	ВН	3-5**	Для ВН та СН вузлових ПС мережі напругою 110-220 кВ.
			110 150 220	СН	3-8**	** На першому етапі розвитку схеми дозволено приєднання двох ліній, по одній на кожен секцію
110-7 150-7 220-7	Дві робочі системи шин		110 150 220	СН	9-12	Для потужних вузлових ПС
110-8 150-8 220-8	Дві робочі, секціоновані двома шиноз'єднувальними вимикачами системи шин		110 150 220	СН	Понад 12	Для потужних вузлових ПС у випадку необхідності зниження струмів короткого замикання шляхом випереджального поділу мережі
220-10 330-10 500-10 750-10	Трансформатори-шини з приєднанням ліній через два вимикачі		220 330 500 750	ВН СН	2-3	Для РУ прохідних та вузлових ПС мережі напругою від 330 кВ до 750 кВ
330-11 500-11 750-11	Полуторна		330 500 750	ВН СН	Понад 3	Для РУ потужних вузлових ПС та електростанцій

Примітка. Роз'єднувачі, які використовують для відокремлення вимикачів, на схемах не наведено.

за побудови хоча б однієї лінії електропередавання (далі — ЛЕП), перетворитися у вузлову. Аналогічно відгалужувальна ПС може стати прохідною у випадку перепідключення її у розтин існуючої ПЛ. Також усі ПС умовно можна розділити на системні ПС, мережеві ПС та ПС споживачів.

Слід зазначити, що чинні нормативні документи [1–2] передбачають використання схеми 35-5 “одна робоча, секціонована вимикачем, система шин” тільки на напрузі 35 кВ. Розрахунки, виконані для схеми “35-5” у випадку її застосування на напругах 110–220 кВ із “новим” електрообладнанням [17], показали, що вона буде мати кращі показники надійності, ніж схема 110(150,220)-6 “одна робоча, секціонована вимикачем, і обхідна системи шин” зі “старим” обладнанням за будь-якої довжини живильних ЛЕП, які характерні для класів напруги 110–220 кВ. Тому під час спорудження нових або реконструкції існуючих ПС за схемою “110(150,220)-6” обхідну систему шин (ОСШ) можна не застосовувати і, як наслідок, схема “110(150,220)-6” набуває вигляду, аналогічного схемі “35-5”. Це вказує на можливість виключення із переліку схем у діючій нормативній документації [1–2] схеми “110(150,220)-6” та розширення сфери застосування схеми “35-5” класами напруги 110–220 кВ з шифром “35(110,150,220)-5”. Розрахунки показали [17], що використання схеми “35(110,150,220)-5” на напругах 110–220 кВ зі сторони РУ ВН доцільне за кількості лінійних приєднань, що не перевищує 5, а зі сторони РУ СН кількість лінійних приєднань не повинна перевищувати 8. За більшої кількості приєднань в РУ СН доцільно застосовувати схему з двома системами збірних шин.

Схема 110(150,220)-7 “дві робочі і обхідна системи шин” [1–2] є розвинутою модифікацією схеми “110(150,220)-6”, у якій усі приєднання підключаються до обох систем шин через розвилку із двох роз’єднувачів. Одним із основних недоліків цієї схеми є велика кількість роз’єднувачів, які використовуються під час переведення приєднань з однієї системи збірних шин на іншу. Розрахунки, виконані для схеми “110(150,220)-7” без ОСШ із застосуванням “нового” електрообладнання [17] показали, що вона буде мати кращі показники надійності, ніж така ж схема з ОСШ зі “старим” обладнанням за будь-якої довжини живильних ЛЕП, які характерні для класів напруги 110–220 кВ. Це вказує на можливість виключення ОСШ зі схеми “110(150,220)-7” у діючій нормативній документації [1–2] та дозволить споруджувати більш компактні та достатньо надійні РУ ПС.

Аналогічні дослідження були виконані для схеми 110(150,220)-8 “дві робочі, секціоновані вимикачами, і обхідна системи шин з двома обхідними й двома шиноз’єднувальними вимикачами” [17], яка є розвинутою модифікацією схеми “110(150,220)-7” [1–2]. Секціонування шин у даній схемі дозволяє виконувати випереджальний поділ електричної мережі на частини задля зменшення струмів КЗ, які будуть відключатися вимикачами лінійних та трансформаторних приєднань. Така схема за однакової кількості приєднань та зовнішніх джерел живлення буде мати гіршу структурну надійність, ніж схема “110(150,220)-7”. Проте її застосування регламен-

тується на вузлових системних ПС [1–2], на яких сходиться велика кількість ЛЕП, які можуть виконувати роль зовнішнього джерела. Кожне зовнішнє джерело додає додатковий шлях успішного функціонування до схеми заміщення за надійністю і суттєво поліпшує показники надійності функціонування схеми. Тому схема “110(150,220)-8” за показниками надійності функціонування буде кращою, ніж схема “110(150,220)-7”, яка має меншу кількість зовнішніх джерел живлення. Встановлено [17], що у випадку застосування “нового” електрообладнання схема “110(150,220)-8” без ОСШ буде мати кращі показники надійності функціонування, ніж схема “110(150,220)-8” з ОСШ та “старим” електрообладнанням. Тому під час спорудження нових ПС та реконструкції існуючих ОСШ у схемі “110(150,220)-8” можна не застосовувати.

Схема 220(330-750)-9 “чотирикутник” відноситься до сімейства кільцевих схем. Згідно з [2] в електричних мережах ОЕС України застосування кільцевих схем обмежено схемами “трикутник” і “чотирикутних”, оскільки збільшення кількості приєднань неприпустиме за вимогами до їх надійності, оскільки у деяких випадках, при пошкодженні окремих вимикачів, відбувається розрив транзитного потоку електроенергії. Перевагою усіх кільцевих схем є те, що роз’єднувачі використовуються тільки за прямим своїм призначенням — створення видимого розриву. Тому кількість операцій з роз’єднувачами порівняно невелика (у порівнянні із схемами “110(150,220)-7” та “110(150,220)-8”), що підвищує надійність функціонування таких схем. Враховуючи вагомні недоліки схеми “220(330,750)-9”, а також те, що вона є повністю аналогічною схемі 330(500,750)-10 “трансформатори-шини з приєднанням ліній через два вимикачі” за двох лінійних приєднань, пропонується виключити схему “220(330-750)-9” із регламентованого переліку схем та розширити сферу використання схеми “330(500,750)-10” класом напруги 220 кВ у [1–2].

Схема 330(500,750)-10 “трансформатори-шини з приєднанням ліній через два вимикачі” дозволяє виводити в ремонт будь-який вимикач без втрати лінійного приєднання. У разі пошкодження однієї системи шини автоматично вимикаються всі вимикачі, приєднані до пошкодженої системи шин, при цьому друга система шин і усі приєднання (за виключенням половини трансформаторних приєднань) залишаються в роботі. Дана схема забезпечує високу надійність, але вимагає значної кількості електрообладнання, особливо вимикачів. За пошкодження одного із трансформаторів повинні відключитися усі лінійні вимикачі, що приєднані до тієї ж системи шин, що і пошкоджений трансформатор. При цьому усі лінійні приєднання та один із трансформаторів залишаються у роботі. Зі збільшенням кількості лінійних приєднань збільшується кількість вимикачів, що будуть одночасно спрацьовувати під час пошкодження трансформаторів або систем шин. Тому дана схема застосовується за обмеженої кількості лінійних приєднань.

Особливістю схеми 330(500,750)-11 “полуторна” є те, що вона має дві системи збірних шин, а також

три вимикачі на два приєднання. Кожне приєднання включене через два вимикачі, які одночасно будуть спрацьовувати за пошкодження на приєднаннях. У разі пошкодження однієї системи шин автоматично вимикаються всі вимикачі, приєднані до неї, при цьому друга система шин і усі приєднання залишаються в роботі. Схема “330(500,750)-11” дозволяє виводити в ремонт будь-який вимикач без втрати приєднання. Дана схема дозволяє дуже легко нарощувати кількість приєднань. Вона забезпечує високу надійність, але вимагає значної кількості високовольтного електрообладнання. Роз’єднувачі в ній використовуються тільки для створення видимого розриву.

Розрахунки показують [17], що показники надійності схем “330(500,750)-10” та “330(500,750)-11” у разі застосування “нового” електрообладнання є сумірними за будь-якої кількості приєднань на напругах 330–750 кВ. Перевагу тій чи іншій схемі слід віддавати не за показниками надійності, а за іншими критеріями, наприклад:

- кількість вимикачів, що одночасно спрацьовують за пошкодження на шинах;
- вартість спорудження.

Для визначення кількості лінійних приєднань, за якої доцільно використовувати ту чи іншу схему, було використано поняття “зношування комутаційного ресурсу вимикачів схеми”, яке запропоноване авторами у роботах [14–16]. Під цим поняттям слід розуміти сумарну кількість відключень вимикачів у схемі за рік експлуатації. Кращою за цим критерієм буде та схема, у якої буде мінімальне зношування комутаційного ресурсу під час відключень вимикачів у разі

пошкодження шин і автотрансформаторів. У таблиці 2 наведено кількість вимикачів, що буде одночасно спрацьовувати у схемах РУ ПС “330(500,750)-10” та “330(500,750)-11”.

“Зношування комутаційного ресурсу” схеми можна розрахувати за формулою:

$$H = 2 \cdot \left(\sum_{i=1}^k \omega_i \cdot n_i \cdot N_{BB} + \sum_{j=1}^l \omega_j \cdot n_j \cdot N_{AT} \right), \quad (3)$$

де:

- ω_i — частота відмов елементів РУ ПС, пошкодження яких призводить до знеструмлення однієї шини вимикачами потужності;
- ω_j — частота відмов елементів РУ ПС, пошкодження яких призводить до знеструмлення одного автотрансформатора вимикачами потужності;
- n_i, n_j — кількість елементів i -го та j -го видів, які впливають на знеструмлення однієї шини та одного автотрансформатора відповідно;
- N_{BB}, N_{AT} — кількість вимикачів, що можуть одночасно спрацьовувати у схемі при пошкодженні на СШ та у автотрансформаторі відповідно.

Результати розрахунків параметра “зношування комутаційного ресурсу” зведено до таблиці 3.

З таблиці 3 видно, що для напруг 330, 500 та 750 кВ:

- за двох лінійних приєднань менше “зношування комутаційного ресурсу” буде мати схема “330(500,750)-10”;
- за трьох лінійних приєднань обидві схеми є майже однаковими за “зношуванням комутаційного ресурсу”;

Таблиця 2. Кількість вимикачів, що одночасно спрацьовує у схемах РУ ПС “330(500,750)-10” та “330(500,750)-11” у разі пошкодження збірних шин та автотрансформаторів

Шифр схеми	Кількість вимикачів, що одночасно спрацьовує у разі пошкодження за кількості лінійних приєднань, шт								
	2	3	4	5	6	7	8	9	
330(500-750)-10	2	3	4	5	6	7	8	9	
	2	3	4	5	6	7	8	9	
330(500-750)-11	2	3	3	4	4	5	5	6	
	2	2	2	2	2	2	2	2	

Примітка. У чисельнику — кількість вимикачів, що одночасно спрацьовує у разі пошкодження збірних шин, шт.
У знаменнику — кількість вимикачів, що одночасно спрацьовує у разі пошкодження автотрансформатора, шт.

Таблиця 3. Зношування комутаційного ресурсу вимикачів у схемах РУ ПС “330(500,750)-10” та “330(500,750)-11”

Шифр схеми	Значення показника “зношування комутаційного ресурсу схеми”, відкл./рік, за кількості лінійних приєднань								
	2	3	4	5	6	7	8	9	
330-10	0.244	0.402	0.584	0.790	1.020	1.274	1.552	1.854	
330-11	0.304	0.394	0.394	0.520	0.520	0.682	0.682	0.880	
500-10	0.208	0.348	0.512	0.700	0.912	1.148	1.408	1.692	
500-11	0.268	0.358	0.358	0.484	0.484	0.646	0.646	0.844	
750-10	0.248	0.408	0.592	0.800	1.032	1.288	1.568	1.872	
750-11	0.308	0.398	0.398	0.524	0.524	0.686	0.686	0.884	

Примітка. Без урахування пошкоджень на ПЛ.

- за чотирьох та більше лінійних приєднань кращою є схема “330(500,750)-11”.

Тому пропонується застосування схеми “330(500,750)-10” за кількості лінійних приєднань, що не перевищує 3-х для класів напруги 220–750 кВ. За більшої кількості приєднань перевагу слід віддавати схемі “330(500,750)-11”.

ВИСНОВКИ

1. Сфери застосування схем електричних з'єднань РУ ПС напругою 6–750 кВ, які регламентовано чинними нормативними документами, обґрунтовано у 50–60-х роках ХХ століття, коли застосовувалося електрообладнання з гіршими показниками надійності, експлуатаційними витратами, габаритам тощо.

2. Для обґрунтування сфери застосування тієї чи іншої схеми РУ ПС із “новим” обладнанням можна використовувати порівняльний метод. Перевагу слід надавати більш простій схемі із “новим” обладнанням у випадках, коли показники надійності такої схеми будуть кращими (не гіршими) за показники надійності більш складної схеми зі “старим” обладнанням.

3. Схему “35-5” доцільно використовувати на напругах 110–220 кВ. Показники надійності цієї схеми із “новим” обладнанням будуть кращими, ніж для схеми “110(150,220)-6” зі “старим” обладнанням, яка має ОСШ. Тобто, під час спорудження нових ПС та реконструкції існуючих ОСШ у схемі “110(150,220)-6” можна не застосовувати.

4. Встановлено, що у випадку використання “нового” обладнання показники надійності схем “110(150,220)-6”, “110(150,220)-7” та “110(150,220)-8”

без ОСШ будуть кращими за показники надійності цих схем зі “старим” обладнанням та наявною ОСШ. Це вказує на доцільність відмови від ОСШ під час спорудження нових ПС та реконструкції існуючих.

5. Встановлено, що схема “220(330-750)-9” є повним аналогом схеми “330(500,750)-10” за двох лінійних приєднань. Враховуючи те, що при пошкодженні окремих вимикачів у схемі “220(330-750)-9” відбувається розрив транзитного потоку електроенергії та зниження надійності, дану схему пропонується виключити із переліку рекомендованих схем та розширити сферу використання схеми “330(500,750)-10” класом напруги 220 кВ.

6. У разі застосування “нового” електрообладнання, показники надійності схем “330(500-750)-10” та “330(500-750)-11” є сумірними та дуже високими за будь-якої кількості приєднань на напругах 330, 500 та 750 кВ. Для визначення кількості лінійних приєднань, за якої доцільно використовувати ту чи іншу схему, введено поняття “зношування комутаційного ресурсу вимикачів схеми”. Результати розрахунків вказують на те, що для напруг 330, 500 та 750 кВ за двох лінійних приєднань менше “зношування комутаційного ресурсу” буде мати схема “330(500-750)-10”; за трьох лінійних приєднань обидві схеми є майже однаковими за “зношуванням комутаційного ресурсу”; за чотирьох та більше лінійних приєднань кращою є схема “330(500-750)-11”.

7. У відповідності до результатів розрахунків показників надійності РУ ПС сформовано результуючу **таблицю 1** із переліком рекомендованих схем електричних з'єднань РУ ПС з вищою напругою 35–750 кВ та сферами їх застосування, якою пропонується замінити **таблицю 4.2.10** чинних ПУЕ [1].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. — Видання офіційне. Міненерговугілля України. — Х.: Форт, 2017. — 760 с.
2. СОУ-Н ЕЕ 20.178:2008 Схеми принципів електричних розподільчих установок напругою від 6 до 750 кВ електричних підстанцій: Настанова.
3. ГКД 341.004.001-94 Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6–750 кВ.
4. Electric Power Substations Engineering, Second Edition. Edited by John D. McDonald. 2006 by Taylor & Francis Group, LLC.
5. ABB Switchgear Manual, Cornelsen Verlag, Berlin 10th, 10th revised edition, 2001. 903 с
6. Guide to Electrical Power Distribution Systems Sixth Edition. Anthony J. Pansini, EE, PE Life Fellow IEEE, Sr. Member ASTM. Published by The Fairmont Press, Inc. 700 Indian Trail Lilburn, GA 30047.
7. Transmission and Distribution Electrical Engineering Third edition Dr C. R. Bayliss CEng FIET and B. J. Hardy ACGI CEng FIET. 2007, Colin Bayliss and Brian Hardy. Published by Elsevier Ltd.
8. Substation switching schemes. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://electrical-engineering-portal.com/substation-switching-schemes>.
9. Standardowa Specyfikacja Funkcjonalna Stacje elektroenergetyczne najwyższych napięć PSE – SF.STACJE/2015.
10. Standard techniczny nr 4/2014 — konfiguracje rozdzielnic 110 kV w sieci dystrybucyjnej 110 kV TAURON Dystrybucja S.A. (wersja druga). Kraków, październik 2020 r.
11. Załącznik nr 1 do Standardu technicznego nr 4/2014 — konfiguracje rozdzielnic 110 kV w sieci dystrybucyjnej 110 kV TAURON Dystrybucja S.A. (wersja druga). “Katalog standardowych konfiguracji pól rozdzielnic 110 kV”. Kraków, październik 2020 r.
12. Надежность и эффективность в технике: справочник. В 10 т. / Ред. совет: В.С.Авдеевский и др. — М.: Машиностроение, 1988. — Т.5.: Проектный анализ надежности / Под ред. В.И. Патрушева и А.И. Рамбезы. — 316 с.
13. Буйний Р.О., Ворущило А.О., Гай О.В., Діхтярук І.В. Щодо показників надійності елементів електричних мереж // Промислова електроенергетика та електротехніка. — 2022. — № 3–4. — С. 12–15.
14. Буйний Р.О., Зорін В.В., Квицинський А.О., Ключко В.П. Обґрунтування переліку схем електричних з'єднань розподільних установок підстанцій напругою 110 кВ і більше з використанням елегазових вимикачів і КРУЕ // Енергетика та електрифікація. — 2012. — № 2. — С. 36–44.
15. Буйний Р.О., Зорін В.В., Квицинський А.О. Обґрунтування області використання схем електричних з'єднань розподільних установок підстанцій напругою 110 кВ і більше з елегазовими вимикачами і КРУЕ за економічними критеріями // Енергетика та електрифікація. — 2012. — № 6. — С. 13–21.
16. Буйний Р.О., Зорін В.В., Квицинський А.О. Обґрунтування області використання схем електричних з'єднань розподільних установок напругою 330–750 кВ системних підстанцій з елегазовими вимикачами і КРУЕ // Енергетика та електрифікація. — 2012. — № 11. — С. 33–36.
17. Звіт про науково-дослідну роботу (заключний). Розробка пропозицій щодо оптимізації застосування схем розподільних установок електричних підстанцій з елегазовими та вакуумними вимикачами. — К.: НЕК “Укренерго”, 2022. — 241 с.



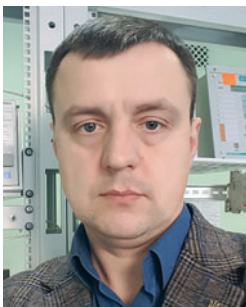
Надійшла
Received 25.10.2022



В.М. Слинько,
канд. техн. наук
ст. наук. співроб.



А.В. Панов,
канд. техн. наук,
наук. співроб.



О.В. Сподинський,
провідний інженер



ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ПРИЛАДІВ ЦЕНТРУ КОЛЕКТИВНОГО КОРИСТУВАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ

ЗАВДАННЯ ЛАБОРАТОРІЇ

- Основні завдання сучасних лабораторій полягають у наступному:
- формування загального розуміння процесу системної інтеграції продуктів та інжинірингу систем;
 - пошук та усунення невідповідностей між вимогами стандарту та можливостями продуктів;
 - покращення системних рішень в частині архітектури, швидкодії та інтеграції;
 - зменшення термінів виконання дослідницьких проектів.

ПІДГОТОВКА МЕТОДИЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

У відповідності до вимог МЕК61850-10 розроблено методичну документацію для проведення випробувань пристроїв, систем та програмного забезпечення, яка включає:

- методи та загальні набори тестів для перевірки на відповідність клієнтських, серверних та SV пристроїв, що використовуються в системах автоматизації об'єктів енергетики;
- методи та загальні набори тестів для перевірки на відповідність інструментальних засобів, що використовуються в системах автоматизації;
- показники, що вимірюються в пристроях у відповідності з вимогами МЕК 61850-5.

ПЕРЕВІРКА ПРИСТРОЇВ З АНАЛОГОВИМИ ТА ЦИФРОВИМИ ВХОДАМИ

На **рисунку 1** наведені схеми перевірки лічильників електроенергії та реєстраторів і цифрових терміналів.

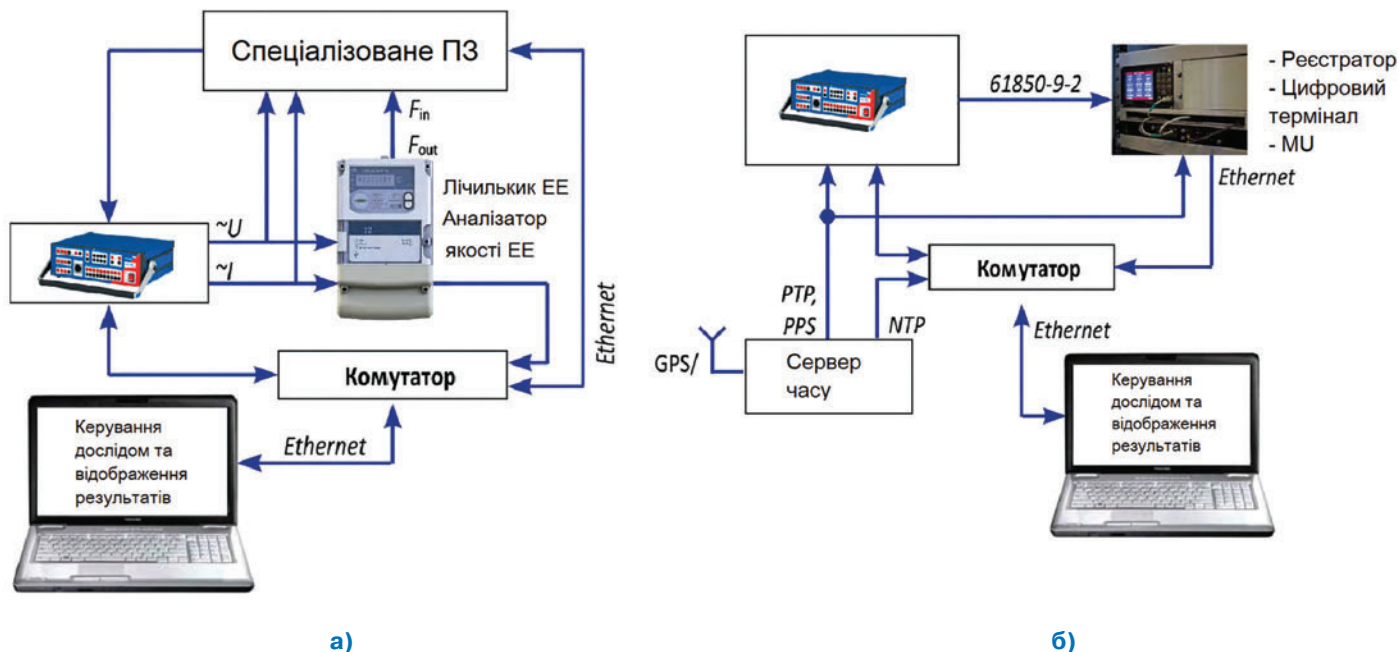


Рис. 1. Схеми перевірки лічильників електроенергії (а) та реєстраторів і цифрових терміналів (б)

ПЕРЕВІРКА ПРОДУКТИВНОСТІ GOOSE ПОВІДОМЛЕНЬ

На **рисунку 2** наведена схема тестової системи перевірки продуктивності Goose повідомлень.

Вимірювання інтервалів часу робляться між зміною фізичного входу (або повідомлення) і появою повідомлення на вихідному носії (або фізичному виході):

- вихідна затримка GOOSE-повідомлення;
- вихідна затримка вибіркового значення;
- вихідна затримка звіту;
- вихідна затримка управління (Control).

Випробувальна система повинна вимірювати час вихідний затримки, генеруючи послідовність фізичних вхідних пускових сигналів для ІЕП і вимірюючи тимчасову затримку на відповідне повідомлення,

що генерується ІЕП. Найгірший випадок, середнє значення тимчасової затримки і середньоквадратичне відхилення обчислюються по реакції на 1 000 вхідних пускових сигналів. Постачальник повинен визначити та задокументувати величину тимчасової затримки, яка відноситься до оцінюваного вихідного часу обробки.

ПЕРЕВІРКА ТОЧНОСТІ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЧАСУ ПРИБРОМ OMICRON З ДОДАТКОВИМ МОДУЛЕМ PTP V2 СИНХРОНІЗАЦІЇ

На **рисунку 3** наведена схема перевірки синхронізації часу за допомогою пристрою Omicron з додатковим модулем.

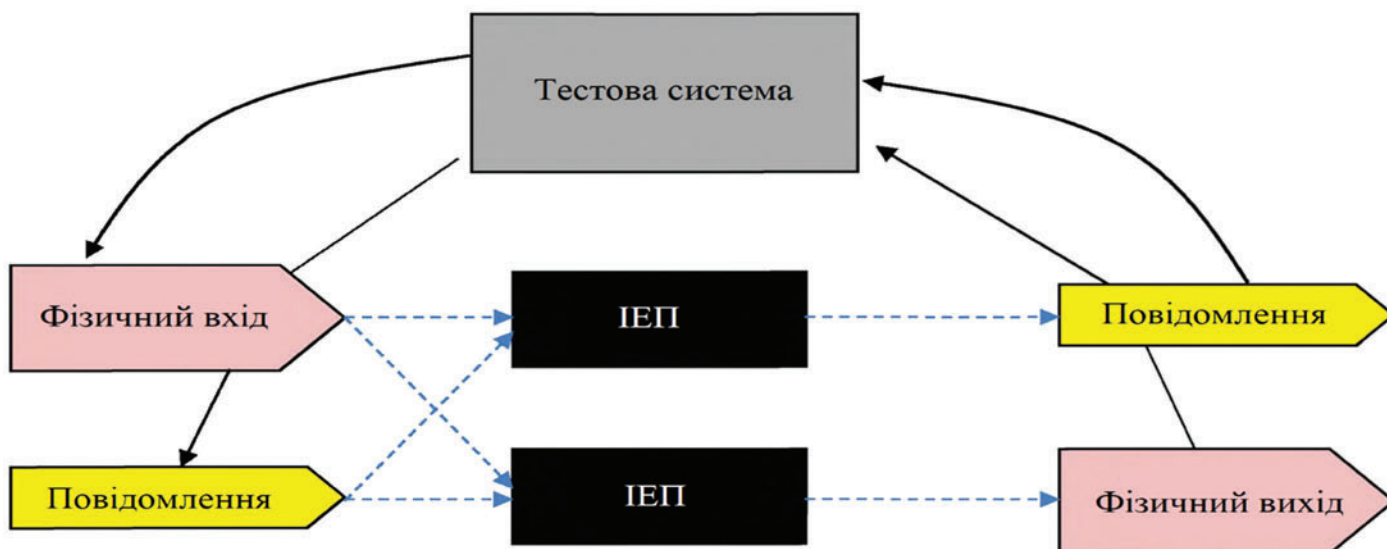


Рис. 2. Схема тестової системи перевірки продуктивності Goose повідомлень

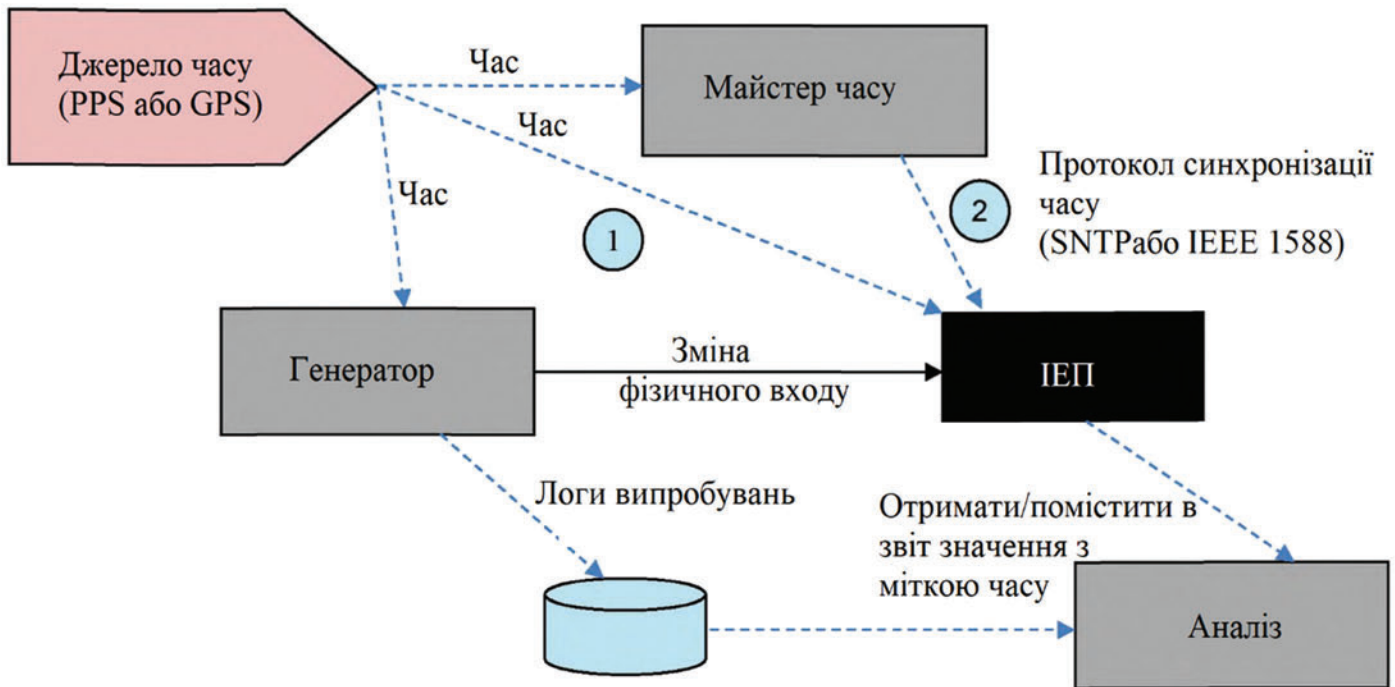


Рис. 3. Схема перевірки синхронізації часу

Для перевірки синхронізації часу потрібно випробувальна система, що реалізує функцію генератора зміни даних і функцію майстра часу, кожна з яких пов'язана із загальним зовнішнім джерелом синхронізації (наприклад, радіо- чи супутниковими годинниками). Функція генератора змін пускає фізичні події в ІЕП з точним часом, записаним для кожної події. Функція аналізатора випробувальної системи зчитує мітку часу кожної події з ІЕП і порівнює її з записаним часом генерації події.

Вимір проводиться за допомогою ІЕП з використанням протоколу синхронізації часу (наприклад, SNTP або IEEE 1588) з функцією майстра часу в випробувальній системі. Генерується послідовність з 1000 подій зміни фізичного входу і обчислені середнього лінійного і середньоквадратичного відхилення від середнього значення різниці між часом подій і отриманими мітками часу. Зазначена різниця - загальна точність міток часу, що включає точність установки годин, відхилення годинників між періо-

дами синхронізації і період сканування введення-виведення.

Точність синхронізації часу повинна перевірятися щодо UTC (що забезпечується прив'язкою до часу, що використовується в тестовому генераторі). ІЕП повинні перевірятися на відповідність класу точності (згідно IEC 61850-5), на який вони розраховані.

ПЕРЕВІРКА ЦИФРОВИХ ПОТОКІВ SV

Архітектури випробувальних систем для перевірки пристроїв наведені на рис. 4 і 5, а загальна схема — на рис. 6.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Комплексна автоматизація об'єктів енергетики потребує вирішення низки проблем, пов'язаних із застосуванням цифрових трансформаторів, реєстраторів, перетворювачів, а також створенням конкурентоспроможного середовища та умов для ефективної промислової експлуатації (рис. 7–11).

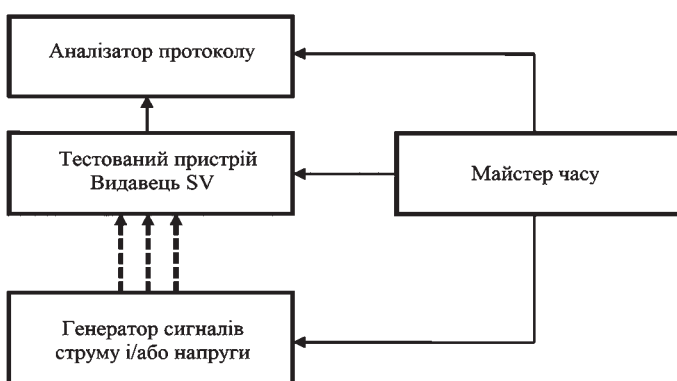


Рис. 4. Архітектура випробувальної системи для перевірки пристрою, який публікує вибіркові значення



Рис. 5. Архітектура випробувальної системи для перевірки пристрою — підписника вибірових значень

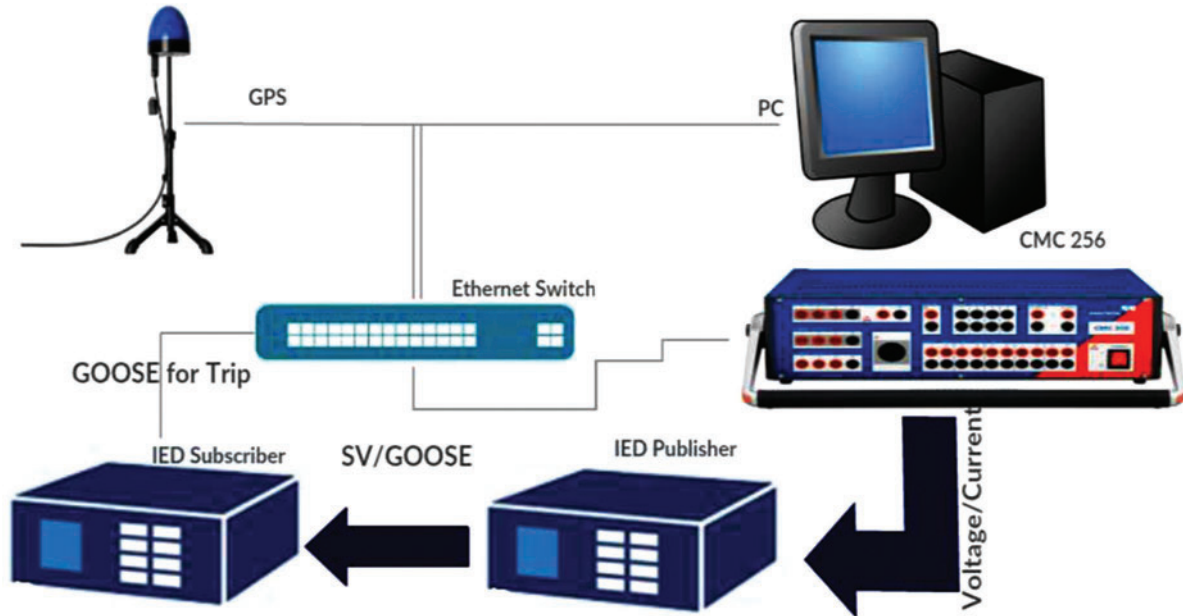


Рис. 6. Загальна схема перевірки цифрових потоків SV

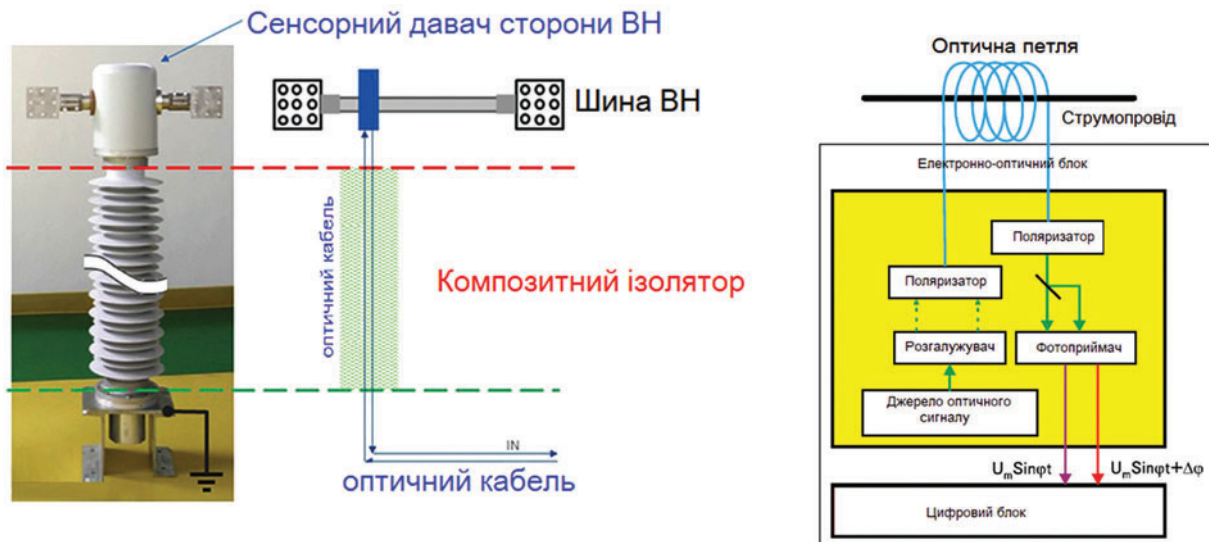


Рис. 7. Цифровий трансформатор

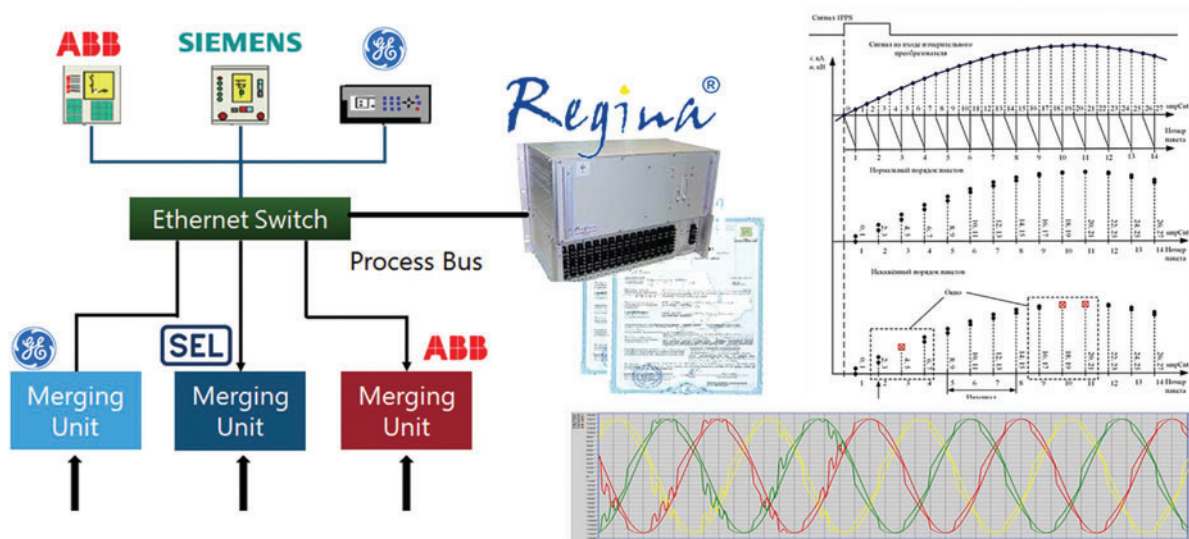


Рис. 8. Реєстратор цифрових потоків

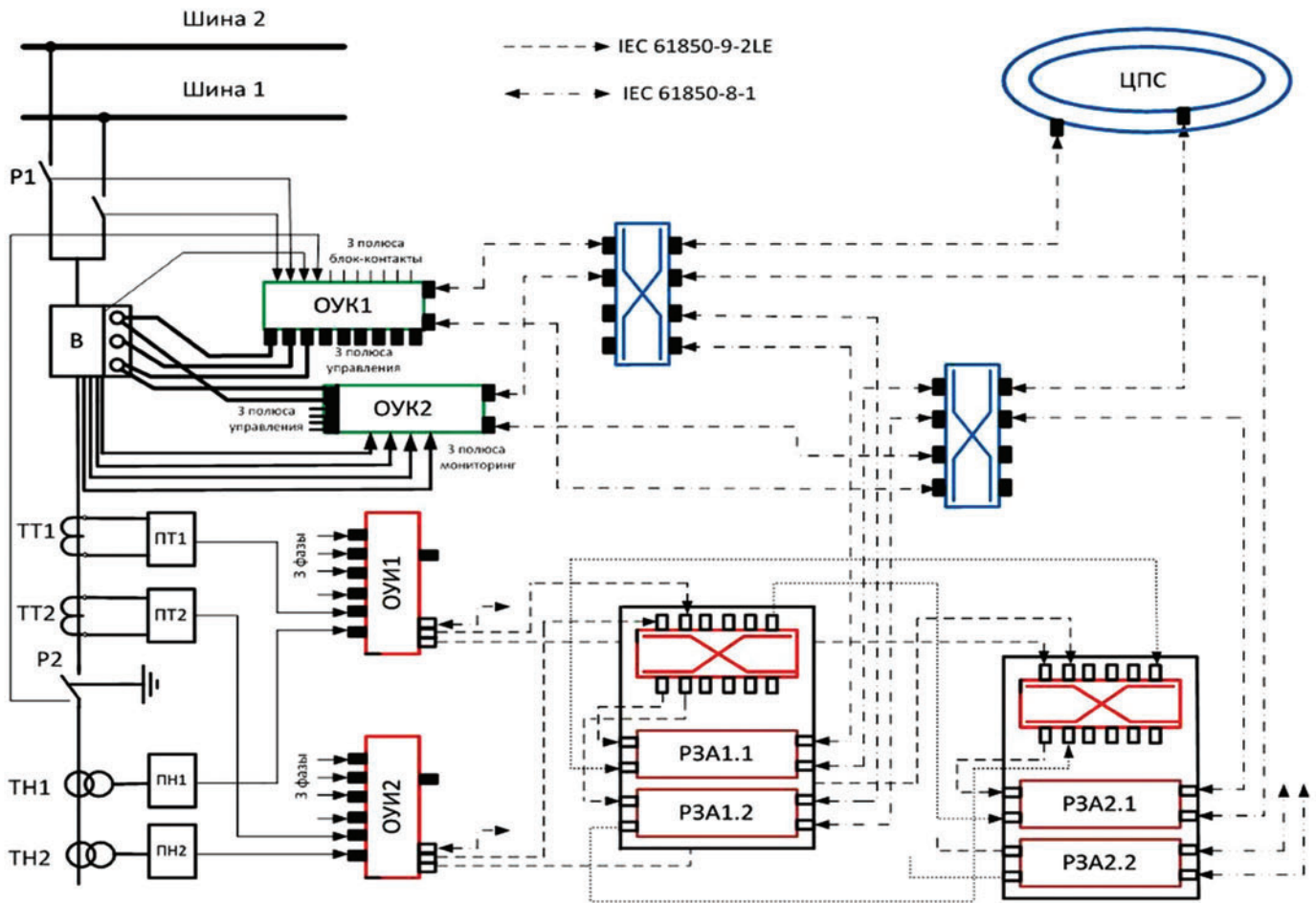


Рис. 9. Схема перетворювача

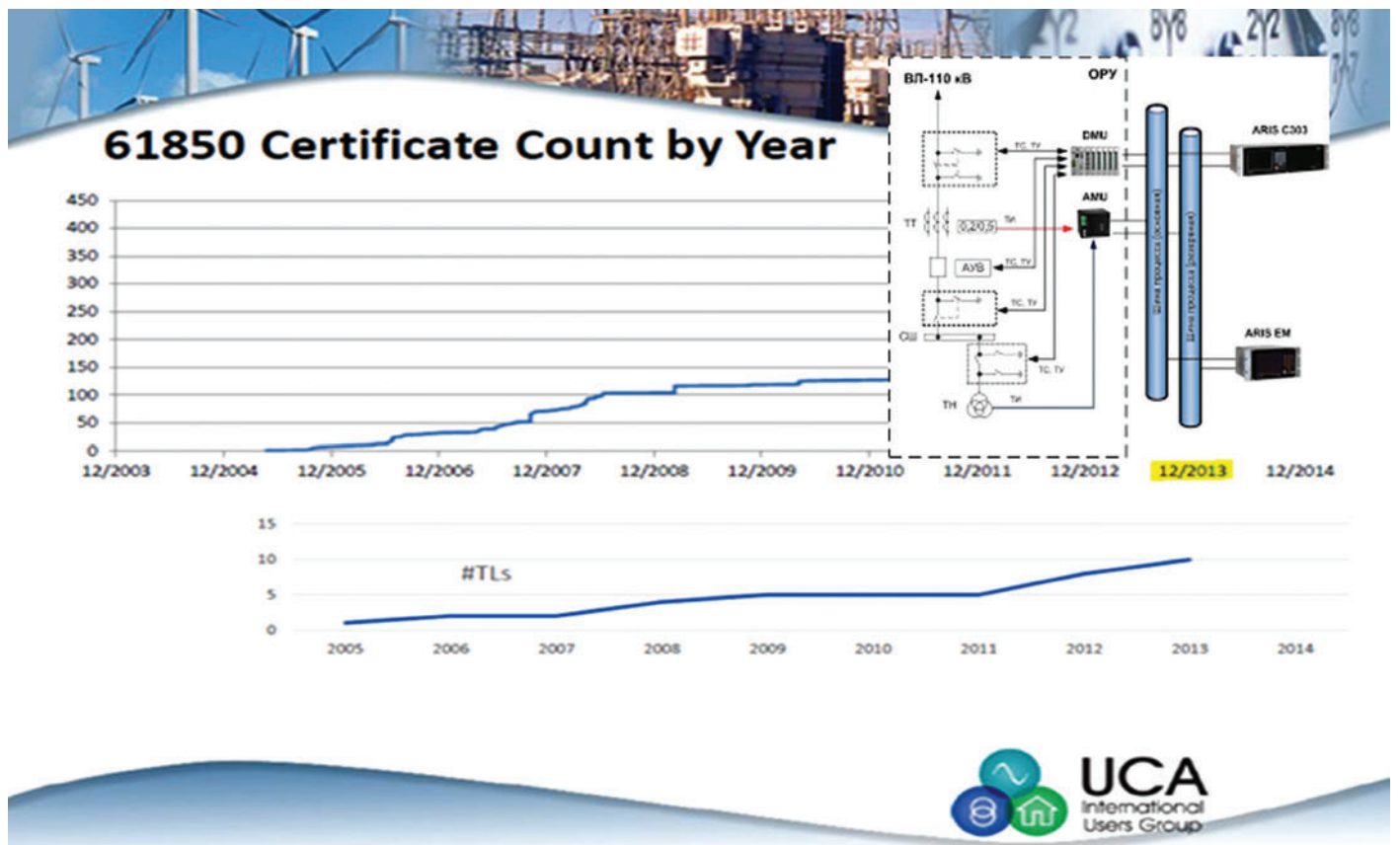


Рис. 10. Конкурентоспроможне середовище

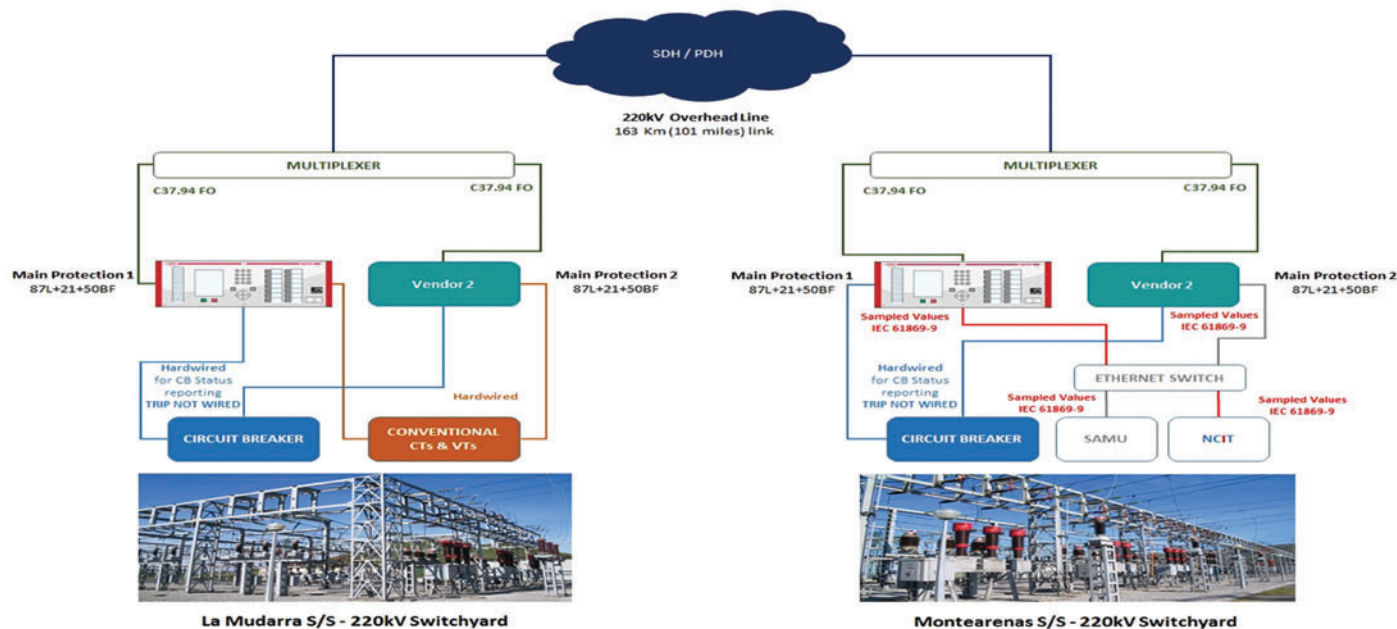


Рис. 11. Промислова експлуатація

ПРОПОНУЄМО КОМПАНІЯМ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКИ НАПРУГОЮ ПОНАД 1 кВ ЗВЕРНУТИСЯ ДО НАШИХ СПЕЦІАЛІСТІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ДІАГНОСТИКИ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ

НДПКІ "Молнія" НТУ "ХПІ"
 Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ТА ПРОЄКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ ІНСТИТУТ "МОЛНІЯ" НТУ "ХПІ"

E-mail: nio5_molniya@ukr.net
 Тел.: +380 57 707 62 80
 Сайт: web.kpi.kharkov.ua/molnia/uk/sklad-institutu/

KG KASKAD GROUP

Заземлення Блискавкозахист

ТОВ "ВИРОБНИЧО-КОМЕРЦІЙНА ФІРМА "КАСКАД-ГРУП"

E-mail: kaskadgroup.dp@gmail.com
 Тел.: +380 67 630 42 24
 Сайт: grounding.com.ua

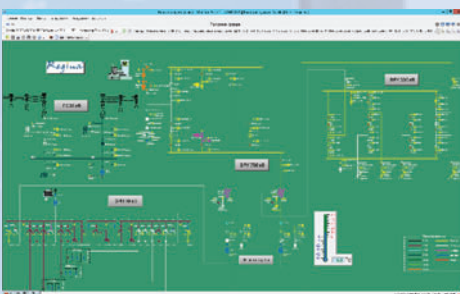
Мале приватне підприємство “АНІГЕР” (МПП “АНІГЕР”) — це українське підприємство, яке має багаторічний успішний досвід розробки та впровадження автоматизованих систем керування та систем моніторингу в електроенергетиці в Україні та за кордоном. Продукція та технічні рішення МПП “АНІГЕР” широко використовуються на об’єктах ДП НЕК “Укренерго” (електропідстанції 750–330 кВ), ДП “Енергоатом” (АЕС), ДП “Укрзалізниця” (тягові підстанції) та обленерго (електропідстанції 110 кВ).

МПП “АНІГЕР” РОЗРОБЛЯЄ ТАКІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ:

1 АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ (АСК ТП)

Керування технологічними процесами електропідстанції шляхом:

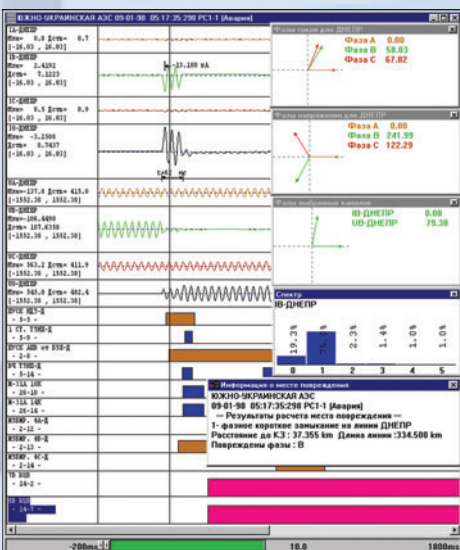
- створення надійного інформаційного забезпечення персоналу про параметри технологічного процесу об’єкта в нормальних, аварійних та післяаварійних режимах;
- мінімізації впливу людського фактору на процес збирання, обробки, передачі та аналізу інформації;
- мінімізації часу оперативних перемикань;
- створення єдиного комплексу технічних та програмних засобів з інтеграцією систем РЗ та ПА, вимірювань та керування обладнанням ПС;
- розширення функціональних можливостей керування підстанцією в порівнянні з традиційними системами за рахунок використання можливостей сучасних технологій у мікропроцесорній техніці;
- створення систем управління з використанням сучасних міжнародних стандартів та протоколів обміну інформацією;
- зниження експлуатаційних витрат завдяки оптимізації роботи обладнання та забезпеченню нормативних режимів, зниження витрат на технічне обслуговування підстанції;
- створення умов для безпечної експлуатації обладнання та підвищення рівня охорони праці персоналу.

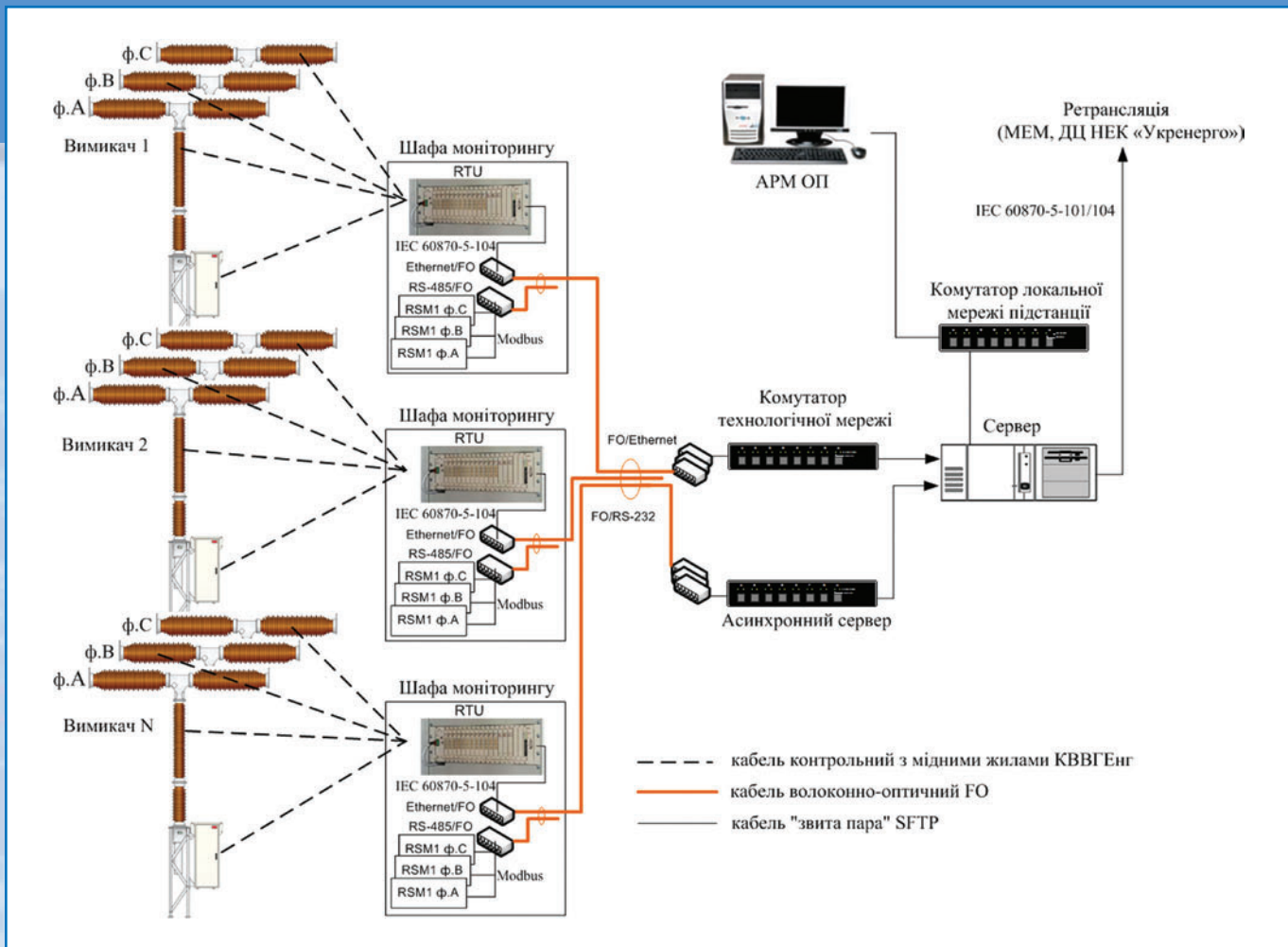


2 ІНФОРМАЦІЙНО-ДІАГНОСТИЧНИЙ КОМПЛЕКС “РЕГІНА” (ІДК “РЕГІНА”)

Аналіз розвитку аварійних ситуацій з визначенням місця пошкодження та правильності функціонування пристроїв захисту, автоматики, прогнозування залишкового ресурсу високовольтних вимикачів, а також:

- реєстрація аналогових та дискретних сигналів з фіксацією аварійних подій з використанням уставок пуску, зміни дискретного сигналу або зовнішнього пуску;
- виведення інформації у вигляді текстових повідомлень, графіків та таблиць на екран дисплея та на друк;
- ретрансляція зареєстрованої інформації.





3 СИСТЕМА МОНІТИНГУ ПАРАМЕТРІВ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЕЛЕГАЗОВИХ ВИМИКАЧІВ «РЕГІНА-Е»

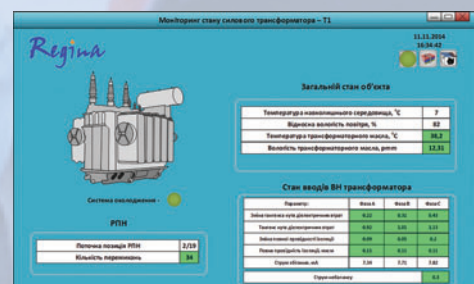
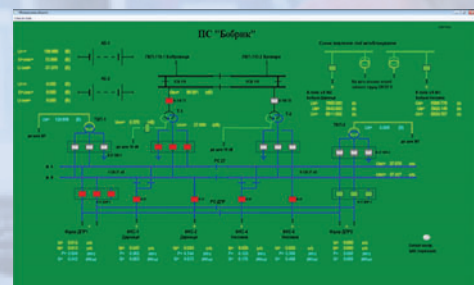
Он-лайн моніторинг роботи високовольтних елегазових вимикачів та прогнозування залишкового ресурсу з функціями:

- контролю комутаційних операцій;
- контролю параметрів газової суміші;
- контролю кіл власних потреб та оперативного постійного струму;
- контроль роботи приводного механізму;
- візуалізації отриманих даних;
- обробки, накопичення та архівації даних у системі;
- ретрансляція даних на верхній рівень управління.

4 СИСТЕМА МОНІТИНГУ ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ (СМОТП)

Контроль стану та визначення тенденції до погіршення параметрів обладнання шляхом:

- реєстрація аналогових та дискретних сигналів;
- визначення відстані до місця пошкодження на ФКС, ДПР, СЦБ, ПЛ;
- моніторинг стану силових трансформаторів;
- моніторинг ізоляції високовольтних вводів;
- передача зареєстрованої інформації на найвищі івні управління за стандартними протоколами передачі даних.





А.В. Красножон,
к.т.н., доцент



А.М. Манілов,
інженер



С.О. Товстюк,
інженер

УДК 621.31

Надійшла
Received 26.12.2022

ОЦІНЮВАННЯ ВЕЛИЧИНИ МАГНІТНОГО ПОЛЯ КАБЕЛЬНОГО ОБІГРІВУ ЖИТЛОВИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ З ТОЧКИ ЗОРУ ЙОГО БЕЗПЕКИ ДЛЯ ЛЮДИНИ

Останнім часом набули великої популярності різноманітні електричні кабельні системи опалення та підігріву підлоги. Основним фактором впливу на людей та навколишнє середовище з боку кабельних систем обігріву є магнітне поле промислової частоти. Відповідно до додатку Е [1] допустиме значення індукції магнітного поля промислової частоти у житлових та громадських приміщеннях на висоті 0,5 м від підлоги становить 0,1 мкТл, а у промислових приміщеннях — 0,5 мкТл. У [2] також наведено тимчасові гранично допустимі рівні магнітного поля, створюваного підземними кабельними лініями змінного струму промислової частоти, де нормативне значення магнітної індукції для житлових приміщень становить 0,5 мкТл.

Індукцію магнітного поля за відомим значенням його напруженості можна визначити за відомою формулою:

$$B = \mu_0 \mu_r H, \quad (1)$$

де:

- μ_0 — магнітна постійна ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м);
- μ_r — магнітна проникність середовища (для повітря дорівнює 1);
- H — напруженість магнітного поля, А/м.

Напруженість можна визначити за наступними формулами:

- для окремо прокладеного одножильного провідника:

$$H = I_p / (2\pi \cdot r); \quad (2)$$

- для окремо прокладеного двожильного кабелю:

$$H = (I_p \cdot d) / (2\pi \cdot r^2), \quad (3)$$

де:

- I_p — струм у провіднику, А;
- r — найкоротша відстань від кабелю до розрахункової точки, м;
- d — відстань між жилами двожильного кабелю.

Значення індукції магнітного поля залежить від відстані до нагрівального кабелю та зменшується у міру віддалення від нього. Вимірювання потенційно шкідливих

чинників слід проводити у зоні можливо близького перебування життєво важливих органів людей, тому в нормативах зазначено відстань 0,5 м від підлоги. Однак, у приміщеннях з можливим тривалим перебуванням дітей (дитячий садок, школа, дитяча лікарня та ін.) або з тривалим перебуванням людей на підлозі доцільним є виконання вимірювань на поверхні підлоги, а не на висоті 0,5 м.

У розділі 10.3 [1] вказується, що у приміщеннях з постійним знаходженням людей необхідно використовувати екранований нагрівальний кабель, а в приміщеннях лікарень, шкіл, дитячих садків, притулків для людей похилого віку та інвалідів — екранований двожильний кабель. У приміщеннях з тимчасовою присутністю людей допускається використовувати неекранований нагрівальний кабель з накладенням на нього сітки зі сталевого дроту, яку приєднують до пристрою вирівнювання потенціалів. У цих приміщеннях і прилеглих до них забороняється постійне перебування людей під час роботи кабельної системи обігріву. Очевидно, що під суміжними приміщеннями необхідно в деяких випадках розуміти приміщення, що знаходяться поверхом нижче.

Однак, додаток Е [1], що стосується допустимого значення індукції магнітного поля, є довідковим, тому ні проектувальники, ні заводи-виробники, як правило, не розраховують і не вимірюють її.

На **рис. 1** наведено план розміщення кабелів обігріву у житловому приміщенні площею 15 м² [1]. Для прикладу взято двожильний нагрівальний кабель діаметром 6,9 мм (відстань між жилами 2,5 мм), що має суцільний алюмінієвий екран. Глибина закла-

дення кабелю 0,12 м при кроці укладання 12,5 см. Струм кабельної системи обігріву становить 9 А.

Індукція магнітного поля одного кабелю відносно до **(1)** і **(3)** на поверхні підлоги становить:

$$B = (4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 9 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}) / (2\pi \cdot 0,12^2) = 0,31 \cdot 10^{-6} \text{ Тл} = 0,31 \text{ мкТл}.$$

Таким чином, індукція магнітного поля від одного кабелю поверхні підлоги перевищує значення 0,1 мкТл. При цьому слід зазначити, що такий розрахунок є дуже орієнтовним, оскільки враховує лише одну пару нагрівальних провідників. Насправді ж маємо достатньо велику кількість нагрівальних ниток зі струмом, які формують загальну картину магнітного поля.

Для побудови та розрахунку загальної картини розподілу магнітного поля варто застосувати спеціальні програмні пакети, які дозволяють враховувати геометрію розташування провідників та отримувати значення індукції в усіх точках простору з врахуванням впливу усіх провідників.

Подібна модель була реалізована в одному з таких пакетів для випадку застосування одножильного та двожильного кабелів (див. **рис. 2**).

Кольорова карта розподілу в просторі магнітної індукції (в мкТл) для випадку використання одножильного кабелю показана на **рис. 3**.

Очевидно, що спостерігаються дуже значні величини індукції в просторі кімнати (одиниці мкТл) та маємо суттєве перевищення норми в 0,1 мкТл.

Для більшої наочності наведемо графік розподілу магнітної індукції вздовж лінії, що знаходиться на

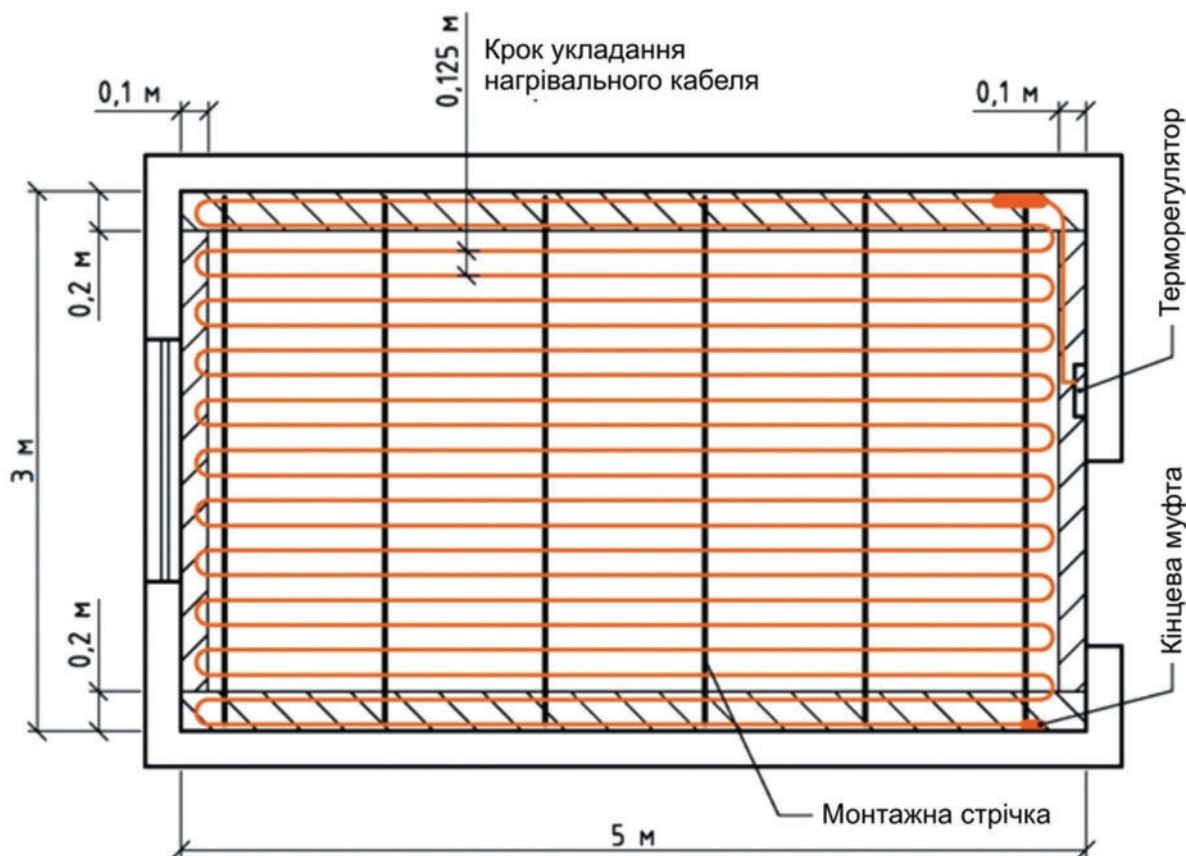


Рис. 1. План розміщення кабелів системи обігріву у приміщенні

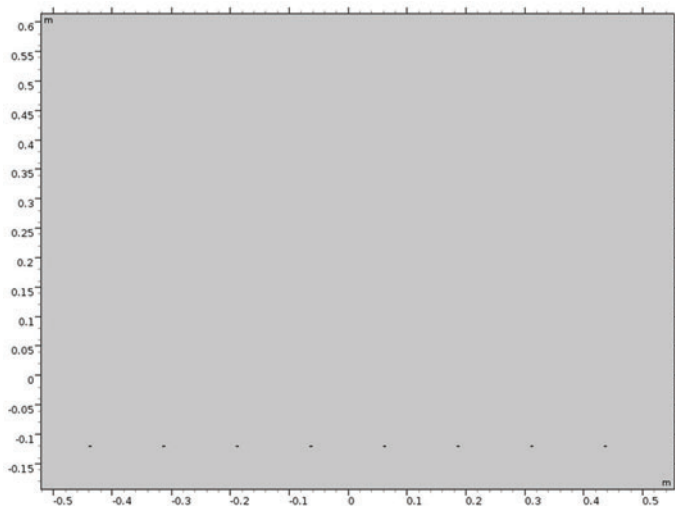


Рис. 2. Модель “теплої” підлоги (розріз)

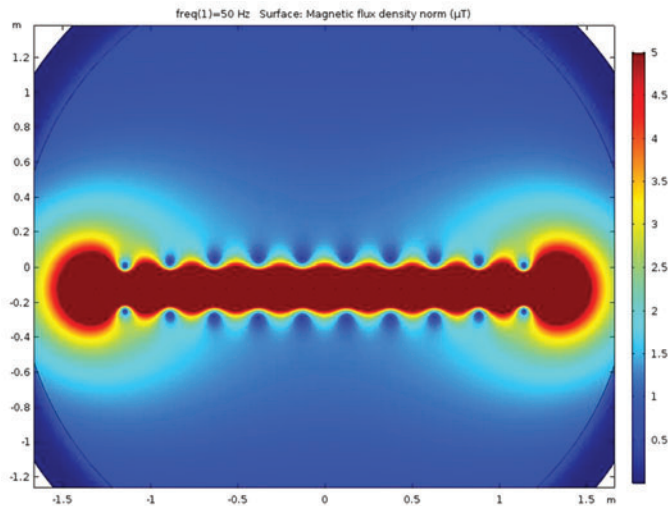


Рис. 3. Кольорова карта розподілу в просторі магнітної індукції при використанні одножильного кабелю

рівні підлоги в центрі кімнати в напрямку, перпендикулярному нагрівальним провідникам **рис. 4**.

З **рис. 4** бачимо, що значення індукції на рівні підлоги можуть сягати позначки 10 мкТл.

Аналогічний графік для лінії, що знаходиться на висоті 0,5 м від підлоги, показано на **рис. 5**.

Таким чином, на рівні 0,5 м від полу також маємо значення в діапазоні від 1,1 мкТл до 1,46 мкТл, що значно перевищує нормативне значення у 0,5 мкТл.

Аналогічний аналіз було проведено і для випадку застосування дво жильного нагрівального кабелю. В цьому випадку доцільно розглянути варіанти прокладання кабелю звичайним способом, без транспозиції, та з транспозицією, як показано на **рис. 6**.

На **рис. 7** показано кольорову карту розподілу індукції в просторі кімнати за умови прокладки дво жильного кабелю без транспозиції.

Легко бачити, що при використанні дво жильного кабелю значення індукції в кімнаті стають значно меншими, маємо десяті долі мкТл. Таким чином,

варіант з дво жильним кабелем є набагато кращим, ніж одножильний.

На **рис. 8** показано аналогічну карту у випадку прокладання дво жильного кабелю з транспозицією.

Згідно отриманої карти, маємо більшу величину індукції на рівні підлоги, але менші значення на висоті 0,5 м від підлоги. Проілюструємо отриманий результат графіками, аналогічними **рис. 4** та **5**, при цьому будемо одночасно розглядати варіант прокладання дво жильного кабелю з транспозицією та без неї.

На **рис. 9** видно, що є локальні сплески індукції над місцями, де знаходяться провідники, крім того, маємо найбільші значення індукції над крайніми парами провідників (з обох боків приміщення), що відповідають приблизним розрахункам за формулами **(1)** і **(3)**. В центрі кімнати маємо значення індукції, що не перевищують 0,1 мкТл.

Згідно **рис. 12** бачимо, що транспозицію призводить до значного збільшення магнітної індукції

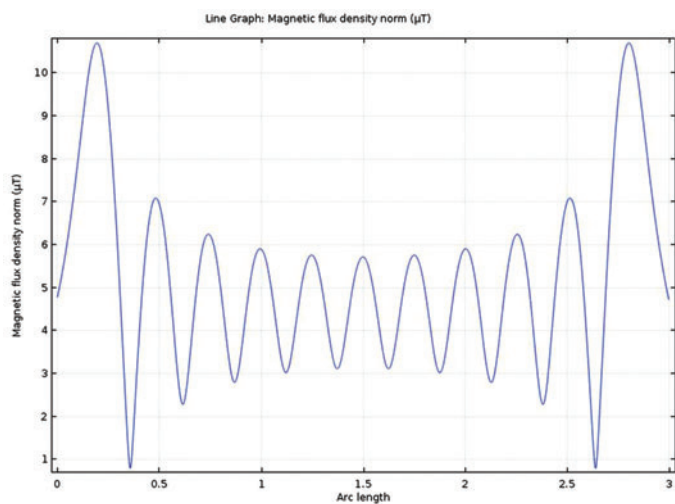


Рис. 4. Графік розподілу магнітної індукції на рівні підлоги при використанні одножильного нагрівального кабелю

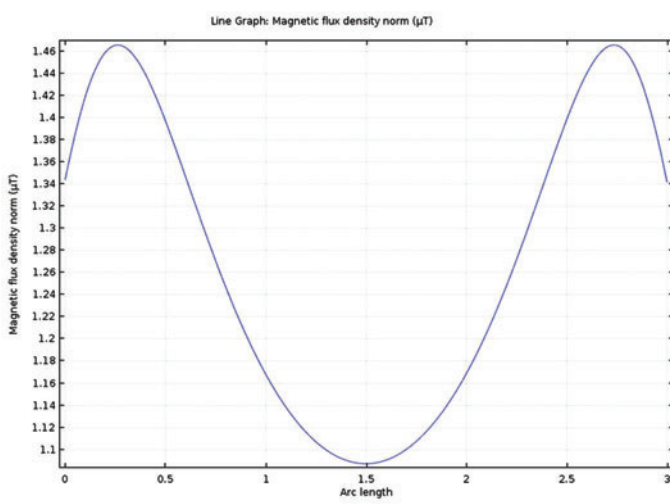


Рис. 5. Графік розподілу магнітної індукції на рівні 0,5 м від підлоги при використанні одножильного нагрівального кабелю

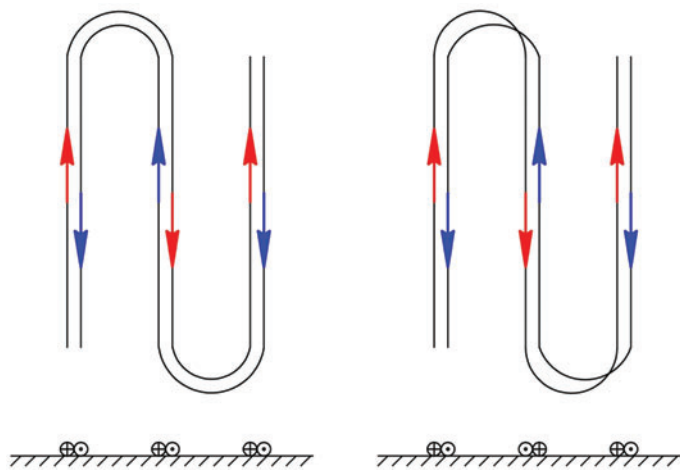


Рис. 6. Прокладання двожильного кабелю звичайним способом та з транспозицією на поворотах

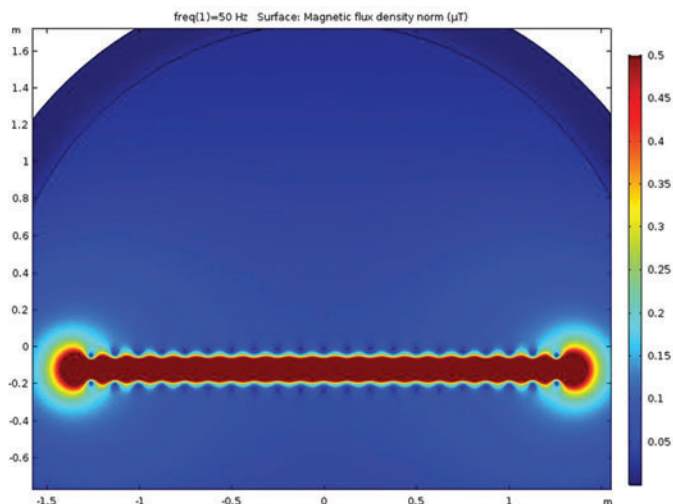


Рис. 7. Кольорова карта розподілу в просторі магнітної індукції при використанні двожильного кабелю з прокладанням звичайним способом

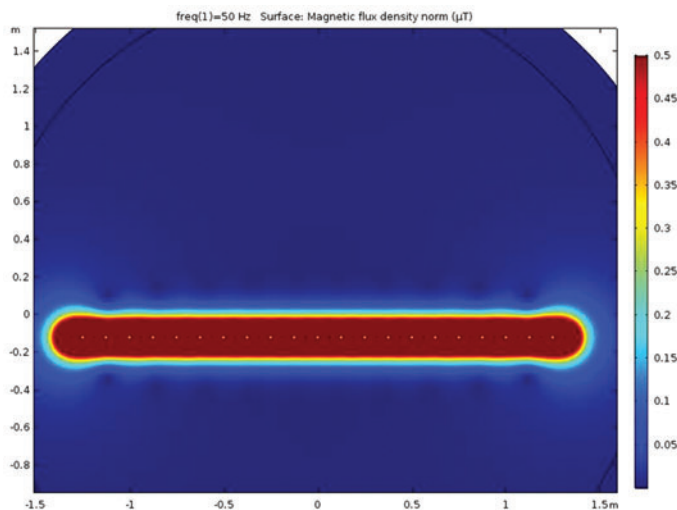


Рис. 8. Кольорова карта розподілу в просторі магнітної індукції при використанні двожильного кабелю, прокладання з транспозицією

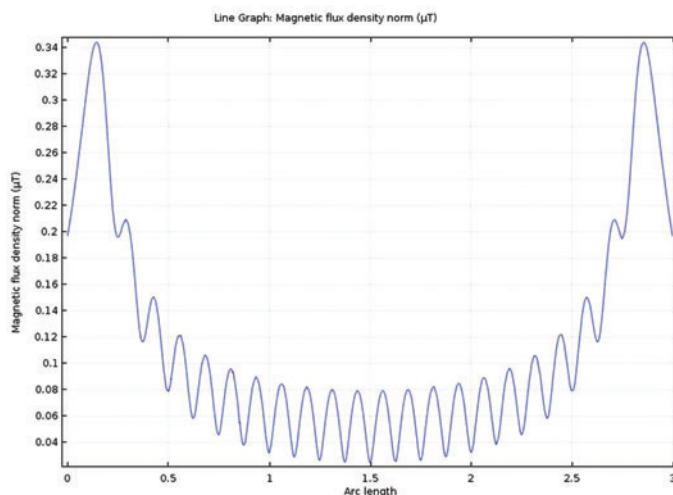


Рис. 9. Графік розподілу магнітної індукції на рівні підлоги при використанні двожильного нагрівального кабелю з прокладанням без транспозиції

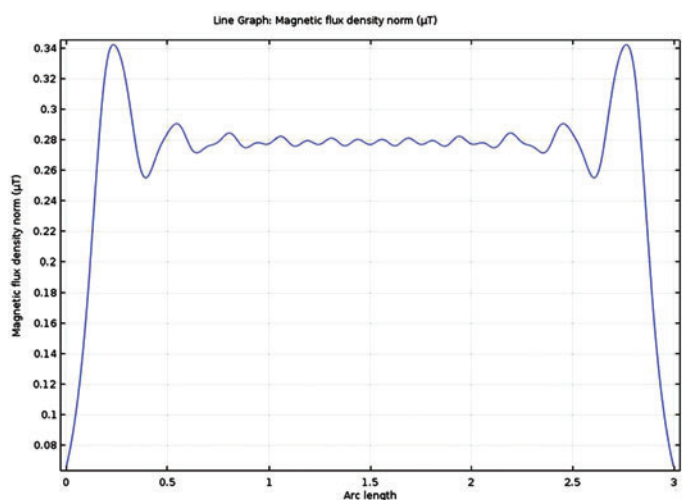


Рис. 10. Графік розподілу магнітної індукції на рівні підлоги при використанні двожильного нагрівального кабелю, прокладання з транспозицією

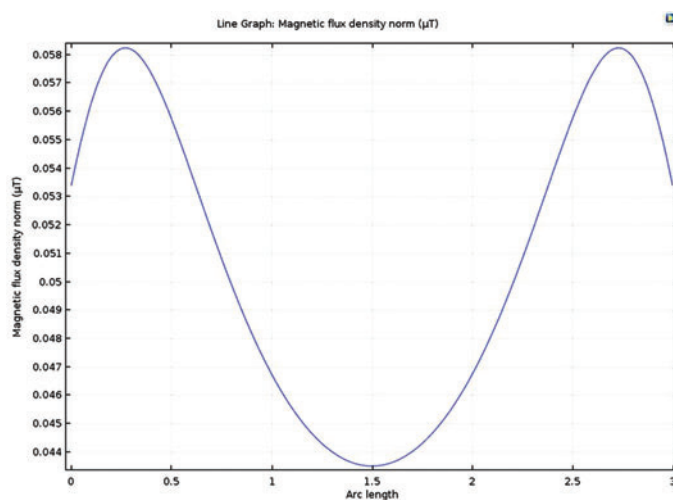


Рис. 11. Графік розподілу магнітної індукції на рівні 0,5 м від підлоги при використанні двожильного нагрівального кабелю з прокладанням без транспозиції

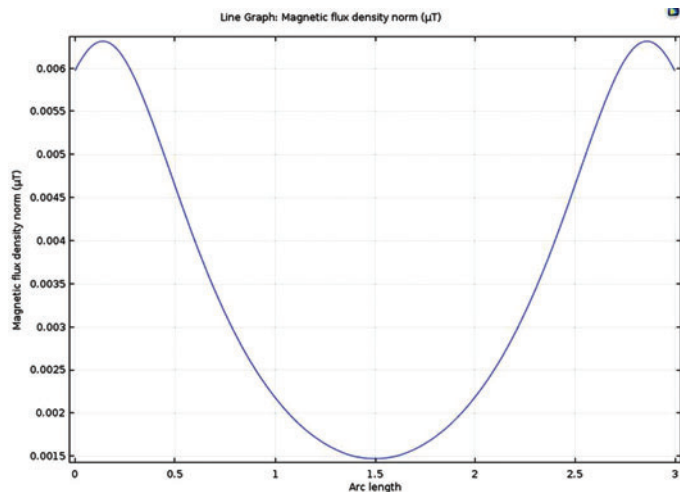


Рис. 12. Графік розподілу магнітної індукції на рівні 0,5 м від підлоги при використанні двожильного нагрівального кабелю, прокладання з транспозицією

ції на рівні підлоги (навіть в центрі кімнати маємо 0,28 мкТл), при цьому значення індукції над крайніми парами провідників практично ті ж самі, що і у випадку укладання без транспозиції.

Графіки розподілу індукції магнітного поля на висоті 0,5 м за умови використання двожильного кабелю з прокладанням звичайним способом та з транспозицією показано на **рис. 11** та **12** відповідно.

На графіку **рис. 11** бачимо, що магнітне поле на позначці 0,5 м має безпечні значення, при цьому з боків індукція дещо вище, ніж в центрі кімнати.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-24:2012 Електрична кабельна система опалення.
2. СОУ-Н ЕЕ 20.179:2008 Розрахунок електричного і магнітного полів лінії електропередавання. Методика.

Згідно **рис. 12** бачимо, що транспозиція дозволяє значно знизити поле на рівні 0,5 м від підлоги порівняно з варіантом прокладання без транспозиції (див. **рис. 11**).

Загалом можна зробити висновок, що транспозиція не покращує ситуації з магнітним полем, тому що поле на рівні підлоги в такому випадку помітно зростає, що особливо погано для житлових приміщень, де можуть тривалий час знаходитись діти. На рівні 0,5 м від підлоги транспозиція зменшує магнітне поле, однак, і у випадку без транспозиції значення магнітного поля на цьому рівні є безпечними для людини.

ВИСНОВКИ

1. Вимірювання магнітної індукції електричних систем кабельного обігріву у приміщеннях тривалого перебування дітей слід проводити не тільки на рівні 0,5 м від підлоги, а також і на рівні підлоги.
2. Використання одножильного кабелю в системах типу “тепла” підлога не рекомендується, оскільки при цьому спостерігаються дуже значні рівні індукції (одиниці мкТл).
3. У випадку використання двожильних нагрівальних кабелів не рекомендується виконувати транспозицію, оскільки вона призводить до суттєвого збільшення індукції на рівні підлоги.
4. При проектуванні кабельних систем обігріву доцільно виконувати розрахунок величини індукції магнітного поля у приміщенні, а на етапі монтажу таких систем — її вимірювання.



Автори можуть виконувати розрахунки рівня електромагнітного поля промислової частоти будь-якої складності на електромережових об'єктах (ЛЕП, РУ ПС та електростанцій, промислових та комунальних підприємствах) та виконувати відповідні вимірювання

**E-mail: krasnozhon08@gmail.com
Тел.: +38 066 612 14 87**



А.М. МАНИЛОВ, С.А. ТОВСТЮК

**МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК
НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ И ВЫШЕ**



**А.М. Манилов, С.А. Товстюк
МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ
НАДЕЖНОСТИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ И ВЫШЕ**

В монографии представлены материалы, касающиеся повышения надежности защиты трансформаторов, генераторов, электродвигателей, линий, шин и автоматики путем усовершенствования проектируемых, реконструируемых и существующих электроустановок. Исследования базируются на анализе опыта проектирования и эксплуатации релейной защиты и автоматики электроустановок до 1 кВ и выше.

В монографии приведены: схемы, обеспечивающие действие токовой отсечки при КЗ в любом месте трансформатора, защиты при КЗ и ОЗЗ в любом месте электродвигателя; схемы, повышающие чувствительность защит трансформаторов, линий, электродвигателей; защиты шкафов и шин КРУ, действующие при ОЗЗ до перехода в КЗ. Схемные решения направлены на увеличение скорости срабатывания, например, МТЗ трансформатора. Повышение чувствительности и уменьшение времени срабатывания обеспечивается логической блоки-

ровкой, действующей при внешнем КЗ. Также приведены обоснования необходимости релейной защиты трансформатора с выключателем нагрузки и предохранителем в его цепи для обеспечения термической устойчивости трансформатора, защита от обрыва фазы с падением или без падения провода на землю, защиты на солнечных электростанциях с учетом того, что токи КЗ и токи генерации соизмеримы, схемы дальнего резервирования в сетях до и выше 1 кВ, способы исключения пожаров при КЗ в сети до 1 кВ, схемы блокировки включения электродвигателя на короткое замыкание в нем, схема защиты трансформатора тока от повреждения при обрыве в токовых цепях, а также ряд других схем. Схемы могут быть выполнены с использованием любой элементной базы.

Монография включает следующие разделы: 1. Защита трансформаторов; 2. Защита от коротких замыканий воздушных и кабельных линий в сетях напряжением 6 кВ и выше; 3. Защита от однофазных замыканий на землю и от разрыва фаз в сетях напряжением 6–35 кВ; 4. Альтернативные источники электроэнергии; 5. Защита шин и шкафов напряжением выше и до 1 кВ; 6. Защита электродвигателей и генераторов; 7. Защита от коротких замыканий в сетях напряжением до 1 кВ; 8. Общие вопросы.

ТОВ “ЕТІН”

Засновано у 1996 р. ЄДРПОУ 22970839

+380 44 228 82 68

+380 98 721 71 76

electricityon@gmail.com



- КОНСУЛЬТАЦІЇ
- ПРОЕКТУВАННЯ
- ЕКСПЕРТИЗА
- МОНТАЖ
- ПРОДАЖ ОБЛАДНАННЯ
- СЕРВІСНИЙ СУПРОВІД
- РОБОТИ “ПІД КЛЮЧ”

**ЕЛЕКТРИЧНЕ ОПАЛЕННЯ
ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЯ
ЗАРЯДНІ СТАНЦІЇ
ДЛЯ АВТОПАРКІНГІВ
ОБЛІК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
СИСТЕМА АСКОЕ
ДВОКРАТНА ЕКОНОМІЯ
ЗА НІЧНОГО ТАРИФУ**

**ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДО 110 кВ
ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ
КАБЕЛЬНІ / ПОВІТРЯНІ МЕРЕЖІ
РОЗПОДІЛЬЧІ ЩИТИ
БЛИСКАВКОЗАХИСТ / ЗАЗЕМЛЕННЯ
ПРОМИСЛОВИЙ ОБІГРІВ ЄМНОСТЕЙ
ОБІГРІВ ТРУБОПРОВІДІВ, ПАНДУСІВ
ОСВІТЛЕННЯ ЗОВНІШНЄ / ВНУТРІШНЄ**

РОЗРОБКА ОБ’ЄКТІВ КЛАСІВ НАСЛІДКІВ СС1, СС2

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ



ПРОГРАМА ВИКОНАННЯ ПРОЄКТІВ, ПЕРЕДБАЧЕНИХ “СПІЛЬНОЮ ЗАЯВОЮ США ТА НІМЕЧЧИНИ ВІД 21 ЛИПНЯ 2021 РОКУ ПРО ПІДТРИМКУ УКРАЇНИ В РАМКАХ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ”

Надійшла
Received 03.11.2022

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ

- **Проектно-консалтингова компанія “WIND FARM”:**
директор, керівник експертної ради **Юрій ЖАБСЬКИЙ**
- **Енергетична Асоціація “Українська воднева Рада”:**
президент **Олександр РЕПКІН**
- **Українська вітроенергетична асоціація:**
президент **Андрій КОНЕЧЕНКОВ**
- **ДП “Виробниче об’єднання Південний машинобудівний завод ім. О. М. Макарова”**
генеральний директор **Сергій ВОЙТ**
- **Ракетно-космічне конструкторське бюро “ПІВДЕННЕ”:**
генеральний директор **Олександр КУШНАРЬОВ**
керівник проекту **Анатолій АГАРКОВ**
керівник напрямку **Сергій ЛОСЬ**
- **Асоціація високотехнологічних підприємств “КОСМОС”:**
керівник Ради асоціації, генеральний директор
ВО “Київприлад” **Олександр ОСАДЧИЙ**
- **Інститут відновлювальної енергетики
Національної Академії Наук України:**
директор, член-кор. НАН України, професор **Степан КУДРЯ**
- **Експертна група по законодавству
(Фонд Гайнріха Бьоля (HEINRICH-BÖLL-STIFTUNG)):**
керівник — **Іван ГАЙДУЦЬКИЙ**



UKRAINIAN
HYDROGEN
COUNCIL



UKRAINIAN
WIND ENERGY
ASSOCIATION



YUZHNOYE
design office



МНТЦ
ТРАНСФЕРУ ТЕХНОЛОГІЙ
ВІДНОВЛЮВАНОЇ ТА
ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК ПРОГРАМИ:

Доктор технічних наук **Лев ДУЛЬНЕВ (США)**

ВСТУП

“Програма виконання проектів, передбачених “Спільною заявою (link) США та Германії від 21 липня 2021 року, (далі — СПІЛЬНА ЗАЯВА) по підтримці України в рамках Європейської енергетичної безпеки” була підготовлена на основі проектів, розроблених та впроваджених американськими організаціями та компаніями в Україні за період 1990–2008 років (далі — ПРОГРАМА).

У число вказаних проектів входять:

1. Проекти 1990–1992 років, які розроблялися американськими експертами в Україні в рамках проекту “Трансформація ССРСР у бік демократії та ринкової економіки”, який деякий час входив у програму Радянського Союзу з метою переходу до ринкової економіки.

2. Проекти 1993–1995 років, розробка яких виконувалась при прямому керуванні Світового банку, на основі проекту американської компанії “PATNEM, HAYS & BARTLET”, включаючи створення Оптового ринку електроенергії України.

3. Проекти 1993–2008 років, на основі яких була виконана передача українським оборонним

заводам американських ліцензій та технологій (з виплатою відповідних роялті) внаслідок чого в Україні була створена нова галузь відновлювальної енергетики на базі українських заводів.

Як слідує з вказаних вище проектів, які виконувалися в Україні протягом вісімнадцяти років, в їх центрі знаходилися три найважливіші напрямки розвитку України:

- реформування державної системи управління України під потреби ринкової реформи;
- реформування енергетики та створення оптового енергоринку України;
- реформування машинобудівної промисловості.

Таким чином вказані вище три проекти, виконані американськими експертами у 1990–2008 роках, є БАЗОВИМИ для розробки та впровадження проектів, передбачених **Спільною заявою** США та Германії.

При цьому враховується необхідність внесення значних змін у діюче на даний час законодавство, що неможливо виконати без участі американських експертів, компаній, які були розробниками вказаних вище БАЗОВИХ проектів.

Частина I

ПЕРЕЛІК ПРОЕКТІВ ТА РОБІТ, ПЕРЕДБАЧЕНИХ СПІЛЬНОЮ ЗАЯВОЮ США ТА НІМЕЧЧИНИ ВІД 21 ЛИПНЯ 2021 РОКУ

Перелік завдань та проектів, запланованих Спільною заявою США та Германії:

1. Підтримка енергетичної безпеки України, включаючи ключові засади, закріплені у Третньому енергетичному пакеті ЄС.

2. Мобілізація інвестицій у розробку, демонстрацію та масштабування інноваційних енергетичних технологій, на основі відновлюваних джерел енергії та використання зеленого водню.

3. Підтримка європейської енергетичної безпеки за рахунок зниження попиту на російській енергоносії.

4. США та Німеччина планують забезпечити технічну допомогу Україні щодо вирішення зазначених завдань у координації з ЄС та Агентством США з міжнародного розвитку з фінансуванням до 2027 р. в обсязі до \$1.7 млрд.

5. Німеччина зобов’язується створити та керувати Зеленим Фондом для України, і надати початковий внесок у розмірі не менше \$1 млрд.

6. США планує забезпечити технічну допомогу у підтримці інтеграції ринку і відновлюваних джерел енергії

7. Розробка практичних дорожніх карт щодо скорочення викидів, координації внутрішньої політики, декарбонізації економіки України.

8. США та Німеччина планують запустити пакет заходів щодо забезпечення стійкості та підтримки енергетичної безпеки України.

9. Німеччина підтримуватиме проекти, що становлять спільний інтерес

10. Реформування існуючого Оптового ринку електроенергії з урахуванням переходу до низьковуглецевої енергетики

11. Залучення нових технологій та ліцензій для виготовлення обладнання

12. Розробка, перегляд та прийняття законодавчих актів з урахуванням принципів низьковуглецевої економіки

13. Виробництво ліцензійного обладнання на заводах військово-промислового комплексу України, у тому числі для цілей конверсії

14. Впровадження нових технологій будівництва об’єктів низьковуглецевої енергетики

Наведений вище перелік проектів, розробка яких має бути виконана у період 2022–2027 роки, свідчить про те, що є три головних напрямки у реформуванні економіки України для забезпечення переходу до низьковуглецевої економіки:

- загальнодержавне реформування інститутів влади та діючого законодавства;
- втілення ліцензій та нових технологій на військових заводах України;
- реформування всієї галузі енергетики та розвиток енергоринку України.

Нижче наведено аналіз результатів американських проектів 1990–2008 років для використання їх при розробці та втіленні ПРОГРАМИ.

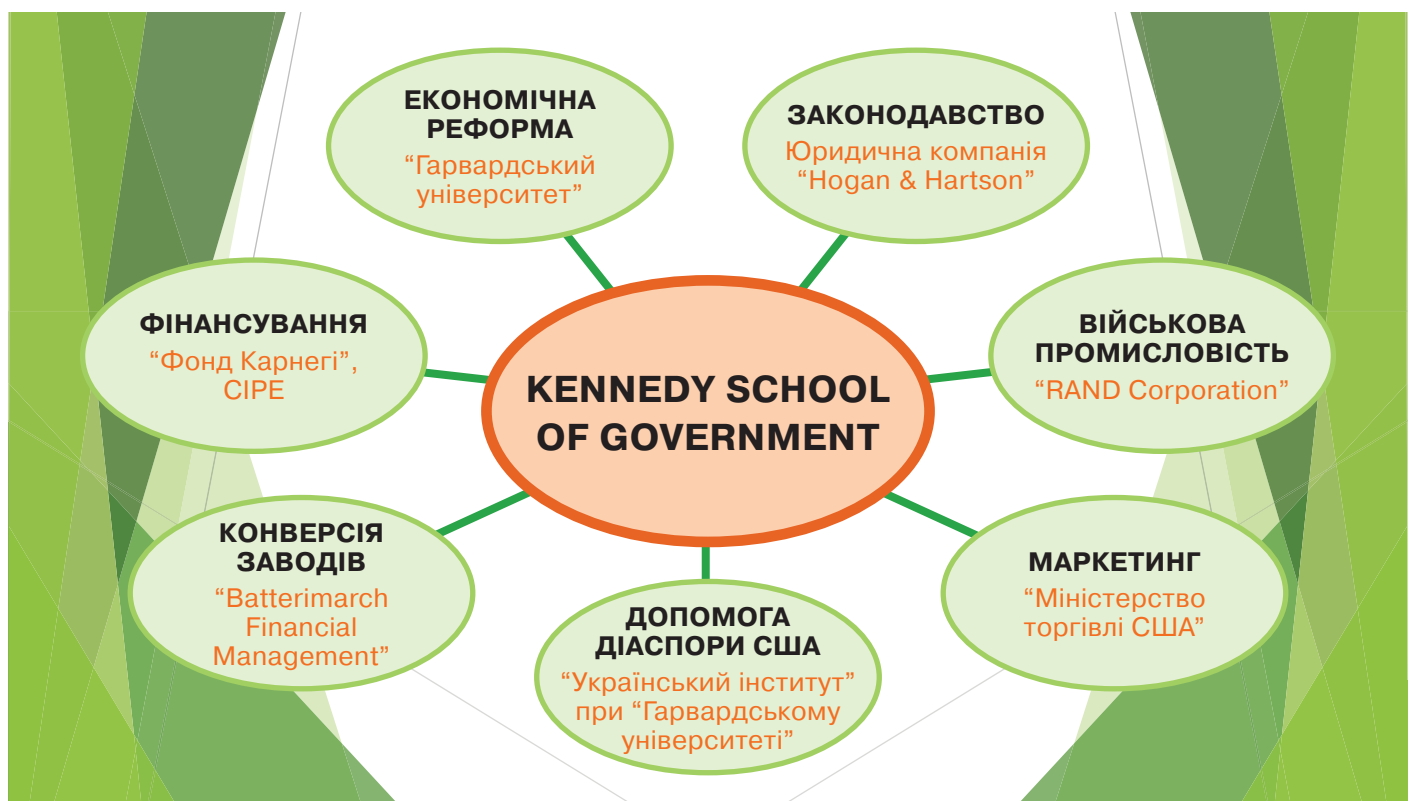
Частина II

РЕЗУЛЬТАТИ АМЕРИКАНСЬКОГО ПРОЄКТУ В УКРАЇНІ В 1990–1992 РОКАХ
(перехід України до ринкової економіки)

Проекти американських компаній в Україні, 1990–1992

№	Найменування проєктів	Найменування робіт	Найменування американських організацій	Керівники розробки проєктів
1	Реформування нового державного управління в Україні	Роботи в рамках проєкту “Трансформація СРСР у бік демократії та ринкової економіки”	<ul style="list-style-type: none"> Kennedy School of Government Batterimarch Financial Management 	Graham Allison, William Hogan, Dean LeBaron
2	Проєкт економічної реформи України (“PERU”)	Розробка Законів України та державних актів Кабінету Міністрів	<ul style="list-style-type: none"> F. Kennedy School of Government HOGAN & HARTSON 	William Hogan, Joseph Bell
3	Рекомендації щодо управління військово-промислового комплексу	Рекомендації та проєкти нормативних актів по переходу військових підприємств до ринкової економіки	<ul style="list-style-type: none"> RAND CORPORATION 	Franklin Lindsay, Clark Abt, Maxwell Brown
4	Проєкт конверсії військово-промислового комплексу України	Програма конверсії військово-промислових підприємств України	<ul style="list-style-type: none"> Batterimarch Financial Management 	Dean LeBaron
5	Організація участі української діаспори у взаємодії із державними інститутами України	Розробка пропозицій з питань розвитку державного управління України	<ul style="list-style-type: none"> Ukrainian institute of Harvard University Ministry of Trade of USA 	George Grabowicz, Andrey Bigun
6	Програма стажування у США військового персоналу України	Підготовка вищого військового керівництва методом стажування у США	<ul style="list-style-type: none"> RAND CORPORATION 	Franklin Lindsay, Clark Abt, Maxwell Brown
7	Програма взаємодії із українським керівництвом по ліквідації ядерної ракетної зброї в Україні	Розробка та впровадження процедур ліквідації ядерної зброї на ракетному заводі “ПІВДЕНМАШ”	<ul style="list-style-type: none"> RAND CORPORATION 	Franklin Lindsay, Clark Abt, Maxwell Brown

Участь американських компаній в проєктах в Україні (1990–1992 роки)



Оцінка № 1:

РЕЗУЛЬТАТИ АМЕРИКАНСЬКОГО ПРОЄКТУ 1990–1992 РОКІВ (перехід України до ринкової економіки)

На підставі наведеної вище схеми можна зробити наступні висновки:

а) підготовлені Kennedy School of Government рекомендації для уряду Радянського Союзу по переходу до ринкової економіки виявилися вельми ефективними;

б) участь американських експертів у безпосередній роботі з Верховною Радою України допомогла розробці нового українського законодавства;

в) велике значення мала проведена у кінці 1991 року перша в історії України міжнародна конференція у Гарвардському Університеті по ринковій реформі в Україні;

г) значний вплив на прискорений розвиток економіки України мав, створений на постійній основі при участі Kennedy School of Government, моніторинг взаємодії американських експертів та Верховної Ради України;

д) велике значення мала також участь експертів RAND CORPORATION та Batterimarch Financial Management у розробці “Рекомендації по переходу до ринкової економіки військово-промислових підприємств Україні”;

е) організоване у 1992–1993 роках, вперше в історії України, стажування у США вищих військових офіцерів України сприяло розвитку української армії;

є) участь експертів RAND CORPORATION у 1992–1993 роках у ліквідуванні ракет типу СС-24 сприяла виконанню Будапештського договору після відмови України від ядерної зброї.

ЧАСТИНА III

РЕЗУЛЬТАТИ АМЕРИКАНСЬКОГО ПРОЄКТУ В УКРАЇНІ В 1993–1995 РОКАХ (проект створення оптового ринку електроенергії України)

Проект створення оптового ринку електроенергії України

Назва проєкту	Зміст робіт	Найменування організацій та компаній	Керівники проєктів
Створення Оптового ринку електроенергії України	<p>Перелік виконаних робіт</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Створено нову систему керування енергетикою України ➤ Створено нову структуру підприємств із генерації електроенергії ➤ Створено нову структуру збутових компаній ➤ Створено компанію “Енергоринок” для продажу електроенергії ➤ Створено пакет нормативно-правових актів по управлінню Енергоринком та енергетикою ➤ Створена нова електронна система управління диспетчерським центром 	<ul style="list-style-type: none"> • Світовий банк • USAID • PUTNAM, HAYES & BARTLETT 	<p>17 компаній, відібраних на основі міжнародних тендерів</p> <p>HODSON THORNBUR (USA)</p>

Оцінка № 2:

РЕЗУЛЬТАТИ ПРОЄКТУ ОПТОВОГО РИНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ

Вказана оцінка зроблена на основі даних, наведених у таблиці.

На першій стадії створення Енергоринку по американському проєкту, енергетика України пройшла значну реорганізацію, яка включала:

- структурну реформу генеруючих електростанцій України, коли замість багатьох електростанцій були створені чотири комплексні компанії, спроможні конкурувати на українському енергоринку;
- створені 28 електричних збутових компаній по регіональному принципу;

- створений Антимонопольний комітет України;
- на основі Диспетчерського центру Міністерства енергетики була створена державна компанія Енергоринок;
- американськими експертами було розроблено нове законодавство, прийняте в подальшому Верховною Радою України.

За результатами роботи під контролем Світового банку та американської компанії PUTNAM, HAYES & BARTLETT по створенню Оптового ринку електроенергії, Україна стала третьою країною світу (після США та Великої Британії), які створили енергоринок на основі однакової американської технології управління енергетикою.

Частина IV

ПРОЄКТИ АМЕРИКАНСЬКИХ КОМПАНІЙ ДЛЯ УКРАЇНИ (1993–2008)
(передача ліцензії та технології оборонним заводам України)

Проекти 1993–2008 років по передачі українським заводам ліцензій та технологій

Найменування проєктів	Склад робіт	Найменування американських компаній	Керівники реалізації американських проєктів
Виготовлення вітрових турбін на українських заводах	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Передача заводам України ліцензій на виготовлення вітрових турбін на основі договорів оплати роялті ➤ Створення кооперації із 30 українських військових заводів для виробництва вузлів вітрових турбін ➤ Передача українським заводам оснастки для виготовлення вузлів вітрових турбін ➤ Стажування українського персоналу в США на підприємствах “KENETEK WINDPOWER” ➤ Навчання українського персоналу в Україні американськими експертами ➤ Експорт до “KENETEK WINDPOWER” вузлів вітрових турбін, виготовлених в Україні ➤ Будівництво в Україні перших шести у Радянському Союзі вітрових електростанцій 	Корпорація “KENETEK WINDPOWER”	Michael HAAS (США)

ОЦІНКА № 3:

РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ АМЕРИКАНСЬКОГО ПРОЄКТУ У 1993–2008 РОКАХ (передача українським заводам ліцензій та технологій)

Ці результати відносяться до проєкту, описаному на вище:

а) завданням корпорації “KENETEK WINDPOWER” стало залучення до виготовлення вітротурбін на оборонних заводах України:

- основним підприємством виготовлення вітротурбін став ракетний завод “Південмаш” та конструкторське бюро “Південне”;
- адаптація проєктної документації виконувалась ракетним конструкторським бюро “Південне” імені Янгеля;

- виготовлення трансмісій для вітротурбін виконувалося танковим заводом імені Малишева (місто Харків);
- генератори вітротурбін виготовлялися За заводом по виготовленню генераторів для підводних човнів (місто Херсон);
- інші деталі виготовлялися відповідними підприємствами України, які на даний час входять до асоціації “Космос”;

б) вперше в історії світової вітроенергетики станом на 2008 рік Україна виготовляла 100% комплектуючих для ліцензійних вітротурбін;

в) Україна вперше організувала експорт вузлів ліцензійних вітротурбін компанії Корпорації “KENETEK WINDPOWER”;

г) всього було збудовано 6 перших промислових вітрових електростанцій у країнах колишнього Радянського Союзу.

Частина V

СПІВСТАВЛЕННЯ СКЛАДНОСТІ БАЗОВИХ ПРОЄКТІВ У 1990–2008 РОКАХ З ПРОЄКТАМИ ДЛЯ ПРОГРАМИ НА 2023–2027 РОКИ

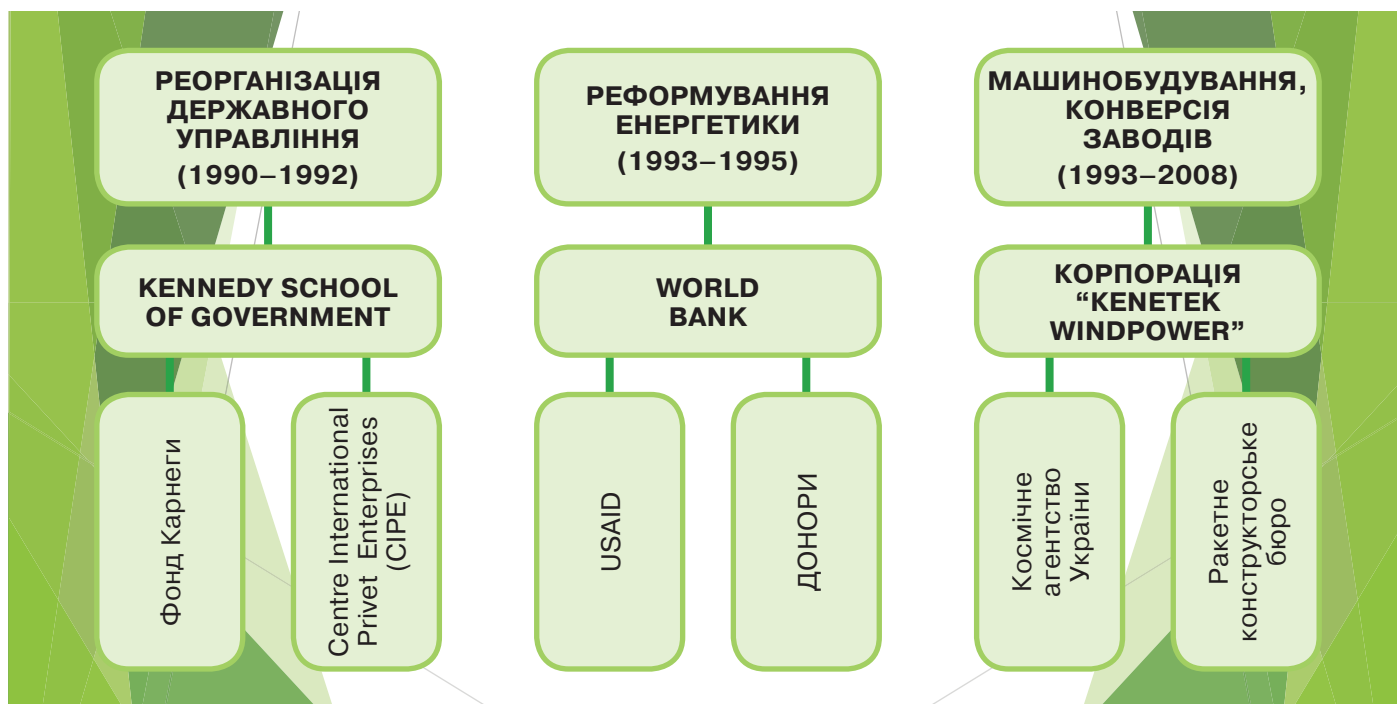
Оцінка № 4:

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ У 1990–2008 РОКАХ

Наведена нижче інформація свідчить про наступні особливості умов для розробки проєктів 1990–2008 років:

- на початку 90-х років Україна все ще була у складі Радянського союзу, і основними державними проблемами були встановлення незалежності країни та перехід до ринкової економіки;
- в Україні практично не було своїх спеціалістів, у тому числі кваліфікованих юристів, і тому

Управління американськими проектами в Україні у 1990–2008



американські експерти вимушені були самостійно здійснювати розробку проектів відповідних законів і державних регуляторних актів;

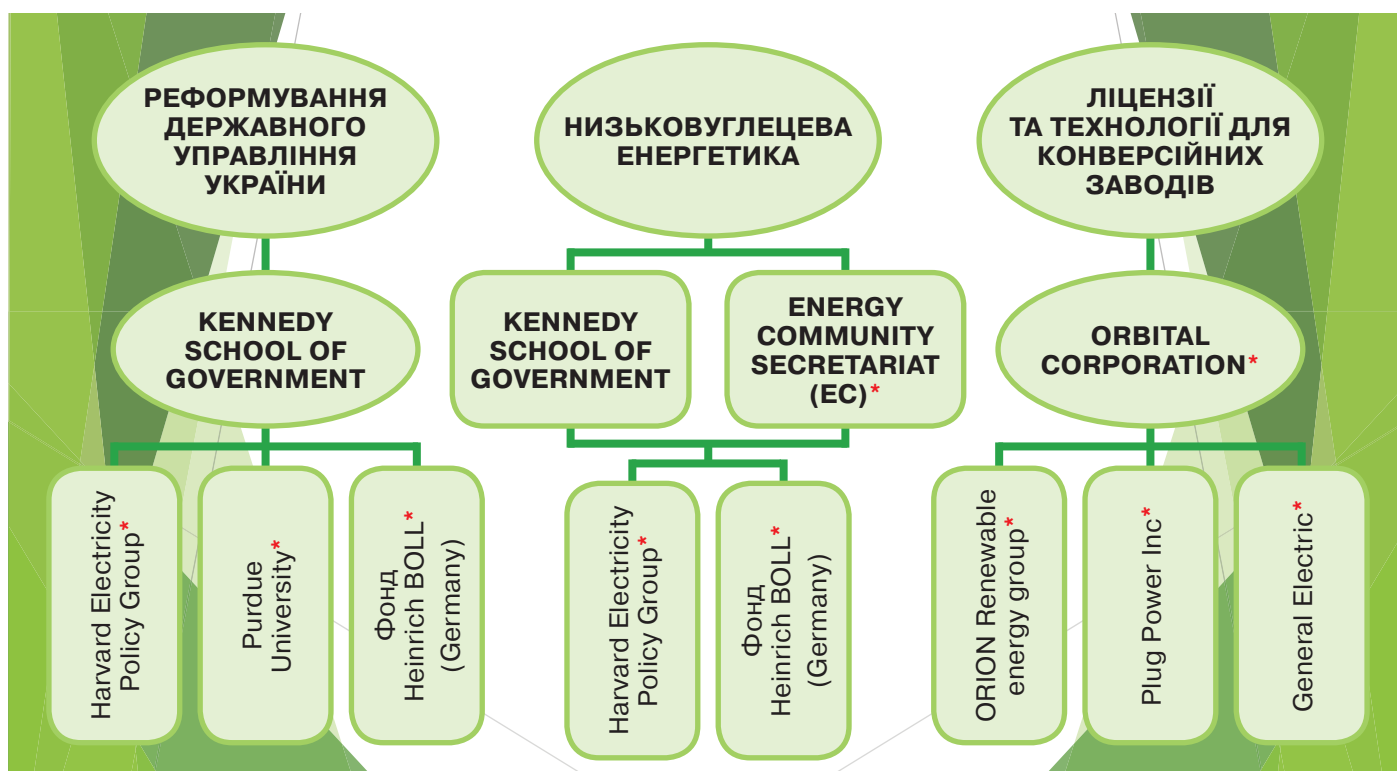
- найбільш значущий результат був досягнутий американськими експертами при розробці та втіленні проекту Оптового ринку електроенергії;
- подальше використання американських технологій і ліцензій у вітроенергетиці створили

умови для ефективного переходу до низьковуглецевої економіки.

Необхідно також брати до уваги складність та важливість вирішення за участі американських експертів у 1990–1992 роках проблем ліквідації української ядерної зброї, включаючи ті запаси, які знаходилися на ракетному заводі “Південмаш”.

У порівнянні проектів 1990–2008 років з проектами ПРОГРАМИ, останні виглядають більш складними, що видно із наведеного нижче.

Проект структури управління ПРОГРАМОЮ на період 2023–2027 років



* Нові американські та німецькі організації та компанії, необхідні для виконання ПРОГРАМИ

Оцінка № 5:

ПРОГНОЗ УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМОЮ У 2023–2027 РОКАХ

Як витікає із наведеного вище, схема управління ПРОГРАМОЮ може бути більш складною, у першу чергу за рахунок необхідності розділення вказаних функцій управління між США та німецькою стороною по причинам одночасного виконання ПРОГРАМИ із “Memorandum between Energy Community Secretariat EC and EBRD for Black Sea region” (далі — МЕМОРАНДУМ).

При цьому головні чинники відповідних проблем у цій справі полягають у наступному:

- німецький МЕМОРАНДУМ уже має більш значну історію свого виконання (з 19 червня 2017 року), та вкладені значні зусилля на начальньо-

му етапі, які були затрачені “Energy Community Secretariat EC”;

- сам проєкт не був успішним, через відсутність активних дій українського уряду, хоча перша редакція відповідної “Дорожньої карти” була підтримана Кабінетом Міністрів України);
- у німецького уряду залишилися перед чотирма причорноморськими країнами зобов’язання по переходу до низьковуглецевої економіки, однак тільки Україна має можливість вирішити цю проблему, базуючись на трьох базових проєктах, виконаних США у 1990–2008 роках;
- ця справа ускладнюється необхідністю відмовитися від “зеленого” тарифу, однак Україна має таку можливість та відповідну “Дорожню карту”.

Частина VI

УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМОЮ В УКРАЇНІ

Промислові асоціації України для відновлюваної енергетики

Назва	Учасник	Напрямок діяльності	Керівник асоціації
УКРАЇНЬСКА ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНА АСОЦІАЦІЯ	Українські та зарубіжні компанії вітроенергетики	Кооперація підприємств, які будують та експлуатують вітро-електростанції	Голова правління Асоціації Андрій КОНЕЧЕНКОВ Голова експертної Ради Юрій ЖАБСЬКИЙ*
АСОЦІАЦІЯ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ “КОСМОС”	Підприємства державного космічного агентства України, “Укроборонпром”	Кооперація підприємств високотехнологічного машинобудування	Керівник Ради асоціації Олександр ОСАДЧІЙ Заступник Керівника Ради Анатолій АГАРКОВ*
АСОЦІАЦІЯ МАШИНОБУДІВНОЇ ТА ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	Підприємства важкого машинобудування	Кооперація підприємств важкого машинобудування	Управляючий Асоціації, Степан КУДРЯ* , член кореспондент Національної Академії Наук України, професор
ЕНЕРГЕТИЧНА АСОЦІАЦІЯ “УКРАЇНЬСКА ВОДНЕВА РАДА”	Українські та зарубіжні компанії водню	Кооперація підприємств, які проєктують та будують водневі підприємства	Президент Асоціації Олександр РЕПКІН
РАДА НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ ІНСТИТУТІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ	Науково-дослідні інститути Національної Академії наук України	Розробка аналітичних та науково-дослідних документів низько вуглецевої енергетики	Перший віце-президент Національної Академії Наук України, академік Володимир ГОРБУЛІН*

* Учасники виконання проєктів США в Україні у 1990–2008 роках.

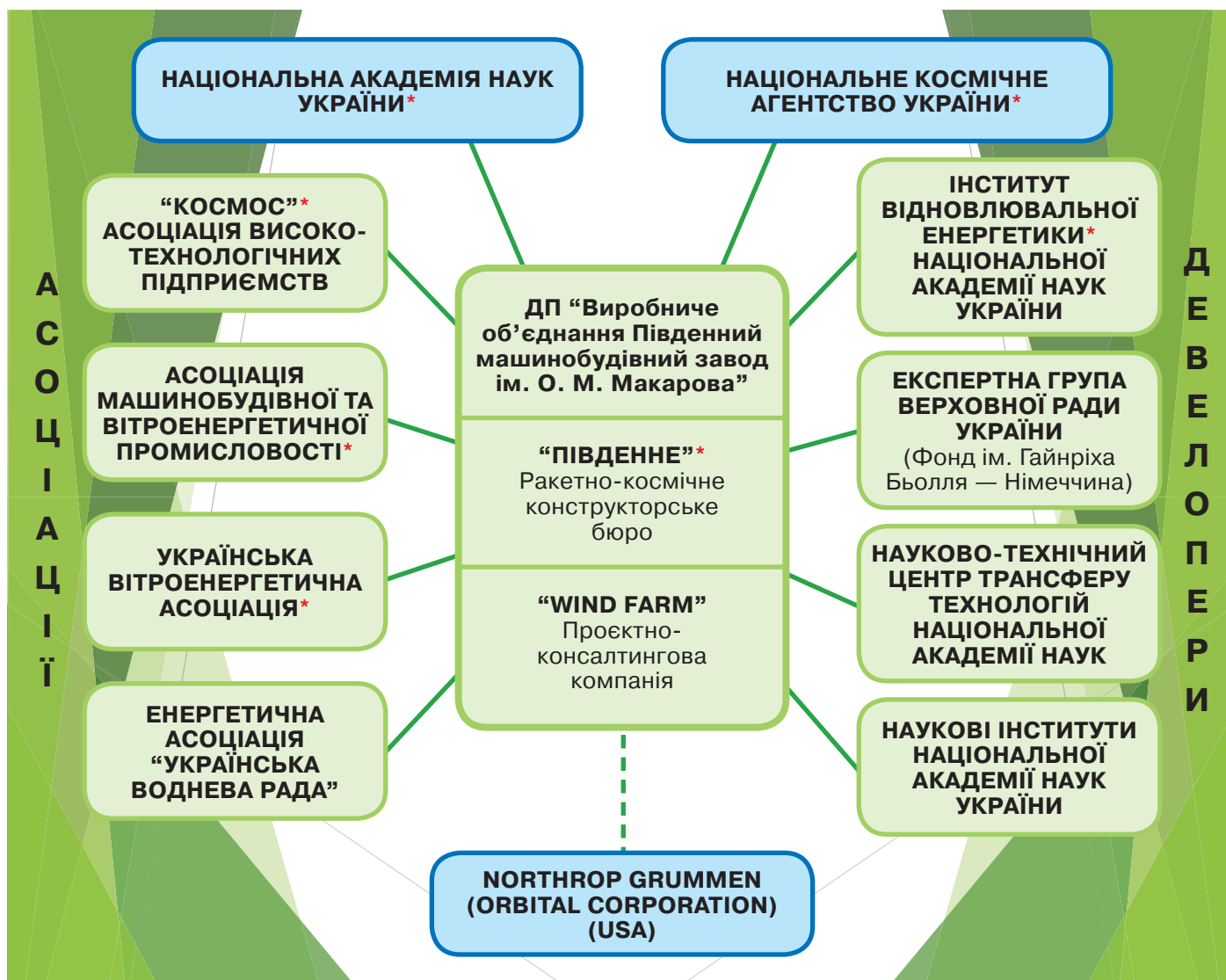
Розробка Дорожніх карт та концептуальних документів для ПРОГРАМИ

Назва	Зміст	Виконувач	Керівник від Виконувача
1. Дорожня карта переходу до низьковуглецевої економіки та енергетичної безпеки України	Розвиток вітроенергетики, виготовлення ліцензійних вітротурбін та будівництво вітростанції	Ракетно-космічне бюро “ПІВДЕННЕ” Інститут відновлюваної енергетики НАНУ	Генеральний директор Олександр КУШНАРЬОВ* , Анатолій АГАРКОВ , Сергій ЛОСЬ* Директор, член кореспондент Національної Академії Наук України Степан КУДРЯ*

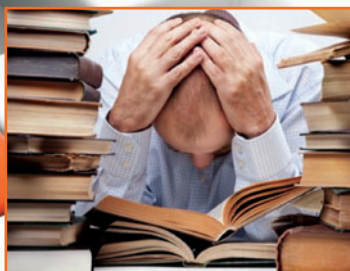
Назва	Зміст	Виконувач	Керівник від Виконувача
2. Дорожня карта розвитку вітрової енергетики на ринкових умовах	Пілотні проекти будівництва вітростанцій	Проектно-консалтингова компанія WIND FARM	Генеральний директор, Керівник експертної Ради Юрій ЖАБСЬКИЙ*
3. Розвиток зеленого водню в Україні	Створення водневої галузі в енергетиці України	Проектна компанія з водневої енергетики	Президент Олександр РЕПКІН
4. Декарбонізація та зелений розвиток	Імплементація рекомендацій Фонду ім. Гайнріха Бьолля (Німеччина)	Експертна група Верховної ради України	Доктор наук, Керівник експертної групи щодо законодавства Іван ГАЙДУЦЬКИЙ
5. Економічні особливості переходу на відновлювану енергетику до 2050 року	Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року	Інститут економічного прогнозування Академії наук	Директор Інституту розвитку економіки Валерій ГЕЄЦЬ*

* Учасники виконання проектів американськими компаніями у 1990–2008 роках.

Український Керуючий Комітет по управлінню ПРОГРАМОЮ



* Організації та компанії, які приймали участь у американських проектах у 1990–2008 роках.



Надійшла
Received 30.12.2022



С.В. Облакевич,

Відповідальний виконавець робочої групи Мінрегіону по розробці нової редакції ДБН

НОВА РЕДАКЦІЯ ДБН В.2.5-23:2022 “ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ОБ’ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ”

Завдяки багаторічній праці **Ю.С. Громадського** та за допомогою керівництва **Українського інститута сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського** і **Української асоціації “Укрелектрокабель”** Мінрегіон України видав замовлення на розроблення нової редакції ДБН. На сьогодні авторським колективом доопрацьована третя редакція та пройдено засідання науково-технічного ради Мінрегіону по схваленню норми.

В цілому текст норм виправлено, доповнено та перероблено доволі значно, але головні відмінності нової редакції від попередньої редакції 2010 року наступні:

1. Оскільки термін “цивільне будівництво” в нормативних документах України наразі не використовується, змінена назва норми на “Проектування електроустановок житлових та громадських будинків”.

2. Розширено і значно оновлено розділ “Нормативні посилання”. Наприклад, якщо редакція 2010 року мала посилання на 40 нормативних документів, то нова має посилання на 162. При цьому, важливо відзначити, що практично всі стандарти прийняті на сьогодні в Україні є гармонізовані з Міжнародною електротехнічною комісією та нормами Євросоюзу (ДСТУ IEC, ДСТУ EN) — тобто ми вже проектуємо, практично, за міжнародними нормами, що не може не радувати.

3. Доповнено розділ “Терміни та визначення понять” з посиланням на діючі стандарти і норми, що на наш погляд, дозволить виключити ряд помилок, пов’язаних з неправильним розумінням та тлумаченням “начебто знайомих” понять та термінів.

4. Спільно з фахівцями ДСНС та Мінрегіону доопрацьована таблиця категорій надійності електропостачання для різних споруд і електроприймачів з доповненням будівлями закладів охорони здоров’я та спорудами цивільного захисту. При цьому, для класифікації за кількістю поверхів застосована умовна висота будівлі.

5. Доопрацьовані вимоги до застосування дизельних електростанцій (ДЕС), в якості додаткового джерела живлення.

6. В розділі “Розрахункові електричні навантаження” перероблені формули для розрахункового навантаження житлових будинків від групи жител з різними питомими навантаженнями, які в деяких випадках давали помилку. Для виключення неправильного розуміння (та у зв’язку в великою кількістю запитань від проектувальників) в додатку ДБН наведено приклади визначення розрахункового навантаження житлових будинків від групи жител з різними питомими навантаженнями.



Не зважаючи на те, що за результатами досвіду експлуатації, до СП 256.1325800.2016 “Електроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа” прийнята Зміна № 4, в якій розрахункова потужність житлових будинків зменшується введенням коригуючого коефіцієнту 0,81...0,91 (а методика розрахунків ДБН В.2.5-23 подібна до СП 256.1325800.2016), автори нової редакції вирішили аналогічного не робити, оскільки припускається, що цей резерв потужності буде використано на більш широке використання станцій зарядки електромобілів, чого вимагає Зміна 3 до ДБН В.2.3-15 “Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів”.

7. Розділ “Внутрішні електричні мережі” зазнав найбільш змін, з яких головні:

- для протипожежного захисту електропроводок від іскріння, дугового пробою в групових лініях, штепсельних розетках, електроприладах та системах освітлення рекомендується використовувати пристрій виявлення дугового пробою (ПВДП)*. Для висвітлення питання застосування ПВДП розроблено новий додаток Б до ДБН. Звертаємо увагу проектувальників, що застосування ПВДП є обов'язковим для: будівель закладів дошкільної освіти, спеціалізованих будинків для людей похилого віку та осіб з інвалідністю та інвалідів, лікарень, спальних корпусів закладів освіти з пансіоном та дитячих організацій, будинків підприємств та закладів по обслуговуванню населення, будинків видовищних та культурно-просвітних установ та складських будівель, книгосховищ, архівів і складських приміщень.
- при улаштуванні внутрішніх електричних мереж змінено вимоги до вогнестійкості кабелів і проводів, що пов'язано зі змінами по їх класифікації за європейським нормативом ДСТУ EN 13501-6 “Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 6. Класифікація за результатами випробування щодо реакції на вогонь кабелів силових, контрольних та зв'язку (EN 13501-6:2018, IDT)” та врахуванням класу наслідків об'єктів будівництва;
- виключена вимога “через ... вбудовані гаражі і стоянки автомобілів не допускається відкрите прокладання транзитних кабелів і проводів”, що завжди ставить проектувальника в глухий кут, особливо у випадку коли в будівлі є вбудована в паркінг трансформаторна підстанція;
- також звертаємо вашу увагу на те, що в новій редакції ДБН вимоги ДСТУ HD 60364-5-52:2021 “Низьковольтні електричні установки. Частина 5-52. Вибирання та монтування електричного устаткування. Системи електропроводки (HD 60364-5-52:2011, IDT; IEC 60364-5-52:2009 modified + corrigendum Feb. 2011)” мають пріоритет над вимогами ПУЕ;
- додано Додаток В “Монтаж ліній електропроводки у житлових приміщеннях”, якій є ідентичний європейському стандарту DIN 18015-3 та встановлює

певні зони для монтажу прихованих електричних ліній (або труб для кабелів, проводів), а також розеток і вимикачів в житлових приміщеннях.

8. Розділ “Системи гарантованого електропостачання” значно скорочено, в зв'язку з прийняттям ДСТУ EN 50600-2-2:2018 “Інформаційні технології. Інфраструктура та устаткування центрів оброблення даних. Частина 2-2. Електропостачання (EN 50600-2-2:2014, IDT)”, який детально розглядає більшу частину питань при проектуванні гарантованого електропостачання.

9. Розділ “Електропостачання та електрообладнання висотних будинків та споруд” нової редакції ДБН доповнює відповідний розділ, раніше прийнятого, ДБН В.2.2-41:2019 “Висотні будівлі. Основні положення” в частині електропостачання та силового електрообладнання.

10. Додано новий розділ “Електропостачання та електрообладнання закладів охорони здоров'я”, в якому відповідно до європейських норм, введена класифікація категорій за ступенем надійності електропостачання електроспоживачів медичних приміщень та наведені основні норми проектування електропроводок та заходів електробезпеки в залежності від групи медичного приміщення, зокрема розглянуто питання проектування медичних ІТ-систем та вимоги до обладнання при їх виконанні.

11. Додано новий розділ “Основні технічні вимоги до автоматизованих систем обліку, контролю і управління”, оскільки, стала практика показує, що проектувальники електророзділу повинні не тільки враховувати ці системи, а й робити їх самостійно, або спільно з фахівцями слабострумових систем. В цьому розділі розглянуті питання з проектування автоматизованих систем моніторингу та управління будівель і споруд (АСМУ) — систем, які побудовані на основі програмно-технічних засобів та призначених для проведення моніторингу технологічних процесів і процесів забезпечення функціонування обладнання на об'єктах (будівлях і спорудах), передачі інформації про їх стан по каналах зв'язку у чергово-диспетчерські служби цих об'єктів для наступної обробки з метою оцінювання, запобігання і ліквідації наслідків дестабілізуючих факторів у режимі реального часу, а також для передачі інформації про надзвичайну ситуацію у чергово-диспетчерські служби вищого рівня

12. Перероблено Додаток “Розрахунок потужності автономної ДЕС, яка живить двигуни” в бік спрощення методики вибору потужності дизельної електростанції (ДЕС) з урахуванням прямого включення (пуску) асинхронних двигунів.

13. Додано Додаток “Станції зарядки електромобілів”, в якому розглянуті основні питання класифікація типів станцій зарядки електромобілів (СЗЕТ) за європейськими нормами та надані рекомендації щодо проектування зарядної інфраструктури.

* Також дивись статтю у журналі Промислова електроенергетика та електротехніка — № 3, 2020 р.



ВІКТОР ІВАНОВИЧ ШЕВЛЯКОВ

До енергетиків України прийшла сумна звістка: на 83 році життя 6 січня 2023 року покинув цей світ **Шевляков Віктор Іванович**.

Він народився 18 березня 1940 року в Курській області. Після закінчення в 1961 році Харківського інституту механізації та електрифікації сільського господарства направлений на роботу у Київську мехколону № 1 тресту “Київелектромережбуд”, де трудився майстром, а потім виконробом.

З 1965 року В.І. Шевляков працював в Українському відділенні Інституту “Сільенергопроект” старшим інженером, керівником групи кошторисного сектору, головним інженером проектів 0,4 кВ, начальником відділу перспективного розвитку електромереж, а з 1983 року — директором.

Віктор Іванович доклав багато зусиль і енергії для своєчасного забезпечення якісною проектною документацією будівництва і реконструкції електричних мереж напругою 0,4–154 кВ України.

Під безпосереднім керівництвом і за активної участі В.І. Шевлякова в 1986–1987 роках у надзвичайно короткі терміни було запроєктовано більше 40 важливих об’єктів в зоні Чорнобильської АЕС.

За ініціативи і під керівництвом Віктора Івановича було розроблено та затверджено на міністерському рівні ряд нормативно-методичних документів щодо надійності електропостачання, економічності технічних рішень, знижен-

ня технологічних втрат електроенергії, автоматизації процесів проектування.

Згодом більшість цих документів увійшла до оновленої нормативної бази енергетики незалежної України.

В.І. Шевлякову були притаманні такі риси, як: ґрунтовна різностороння інженерна підготовка, глибоке бачення проблем та оригінальних підходів до їх вирішення, масштабне мислення, талант душевного спілкування з людьми, сміливість і обережність в кадрових справах.

Окремо слід відзначити його рідкісне філігранне почуття гумору у будь-якій ситуації. Ця особливість удачі Віктора Івановича разом з вишуканою дотепністю завжди робили його центром уваги, душею колективу.

В 1990 році В.І. Шевляков був переведений на вищу посаду — директор Всесоюзного інституту “Сільенергопроект”.

Яскрава особистість Віктора Івановича та його вагомий внесок в енергетику України назавжди залишаться в пам’яті вдячних українців — друзів, співробітників з проектування та будівництва електромереж.

Тисячі кілометрів ліній електропередачі і сотні підстанцій, побудовані за проектами Віктора Івановича, ще довго слугуватимуть людям.

Царство йому небесне і вічна пам’ять.

*Друзі, колеги по роботі,
працівники енергоустанов і організацій,
які знали і шанували небіжчика.*

ПОРТАТИВНЫЙ МНОГОКАНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ PQUBE 3 (США)



ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- Прибор осуществляет мониторинг трехфазного, однофазного напряжения и расщепленной фазы 69-480 В L-N, 100-960 В L-L, 50/60/400 Гц. Не требует измерительных трансформаторов.
- **8 каналов тока** (позволяет одним прибором одновременно измерять две 3-фазные нагрузки. Отпадает необходимость в покупке 2 приборов)
- Автоконфигурация – автоматическое определение однофазного и многофазного напряжения, номинального напряжения, номинальной частоты
- Четыре аналоговых входа, один цифровой вход, один релейный выход
- Дополнительно подключается модуль ИБП с резервным питанием 30 минут
- Хранение данных во внутренней памяти 16 Гб
- Съёмная карта памяти microSD на 16 Гб и USB-флешка на 8 Гб с закрывающейся крышкой для ограниченного доступа
- Цветной сенсорный дисплей можно использовать в защитных перчатках
- Жесткий кейс для переноса прибора

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ Прибор класса А (Редакция 3)

- Сертифицированный класс А IEC 61000-4-30 Ed 3
- Высокоскоростное скачивание данных – 512 показаний за период
- Запись отклонений параметров качества электроэнергии с изображением формы волны и среднеквадратичного значения
- Провалы напряжения, перенапряжения и отключения, события повышенной частоты и снижения частоты, снимки мгновенных значений.
 - КИС напряжения, КИС тока; несимметрия напряжения и тока; VАР; VАР-час; Фликер (Pinst, PST, PLT).
- Гармоники напряжения и тока и интергармоники – до 63-й, со статистикой
- Регистрация и запись высокочастотных импульсов 1 МГц (до 4 МГц на одном канале)

- Измерение кондуктивных помех в диапазоне частот от 2 до 150 кГц
- Размеры прибора: 27×24.6×12.4 см
- Вес: 2,8 кг

ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГИИ (класс точности 0,2s)

- Под заказ поставляются высокоточные трансформаторы тока PSL, отвечающие требованиям стандартам IEC 62053-22 класса 0.2 и ANSI C12.20 класса 0.2
- Вт, ВА, VАР, Фактический коэффициент мощности, Вт-часы, ВА-часы, VАР-часы
- Двухнаправленная мощность – полученная и поставленная
- Пиковые средние значения – за один период, 1 минута, 15 минут и с выбранными пользователем интервалами
- Поддержка коэффициентов ТТ от 1:1 до 1:50000;
- Соотношение коэффициента ИТ поддерживается до 1:10000 (6 900 000) вольт
- Ежедневные, еженедельные, ежемесячные тренды; кривые длительности нагрузок
- Дополнительно 2 датчика температуры и влажности, атмосферного давления, вибрации, ускорения
- Два порта для датчика солнечного излучения (Вт/м²), термопары типа К и т.д.

НЕ ТРЕБУЕТСЯ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- Файлы графиков и таблиц снимаются с самого устройства PQube3
 - Прибор работает как самостоятельно, так и в режиме реального времени..
 - Может работать без каналов связи. PQube3 снимает все данные с SD карты, как цифровой фотоаппарат
- Удаленный доступ к встроенному веб-серверу
- Доступ к файлам данных через FTP
- Встроенный порт Ethernet
- Как опция Wi-Fi
- 2 порта USB 1.0, 1 порт USB 2.0 для передачи данных на флэш-накопитель
- Счетчики реального времени с Modbus-TCP и SNMP (v2 и v3)
- NTP и SNTP для синхронизации времени
- Безопасная зашифрованная связь с HTTPS
- МЭК 61850

НАКОПЛЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОЗВОЛЯЮТ

- Разработать мероприятия по оптимизации работы системы энергоснабжения
- Определить источник, который создает помехи в электросети
- Определить погрешность учета электроэнергии, которая зависит от качества электроэнергии

В качестве опции PQube3 может работать как микросинхрофазометр для предупреждения появления кибератаки в энергосистеме. Приборы PQube3 успешно используются на объектах: **Киевэнерго, Нафтогаз, Канбуд, Линде-Газ, Укрпластик, Днепр-Азот, Национальный университет «Львовская Политехника»** и др.



Консультации по адресу:
E-mail: powertessa@gmail.com
Тел.: +380 98 054 61 87

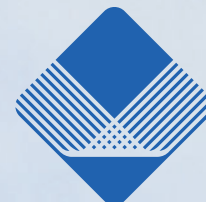


ТОВ "ТПФ Донтехпром"

ЄДРПОУ 39530665
69118, м. Запоріжжя,
вул. Автозаводська, 50, офіс 147
+380 50 470 18 38

kozenko@3g.ua
www.dontechprom.ua

ПОНАД 1300 ПРОЄКТІВ
ЗА 25 РОКІВ



Донтехпром

Керуючись принципами інноваційності, ТОВ "ТПФ Донтехпром" постійно вдосконалює всі аспекти своєї діяльності, використовуючи передові технологічні рішення та нові розробки.

Підприємство є успішною компанією, що динамічно розвивається, з року в рік незмінно підтверджує високий статус лідера, що розширює сферу діяльності та нарощує свій потенціал.

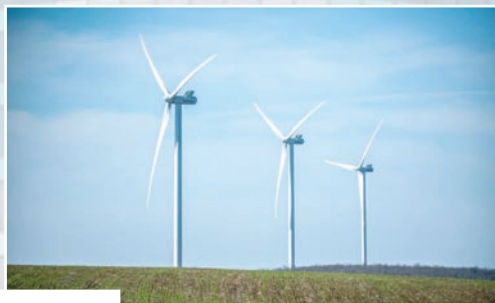


Проект будівництва
вітрової електростанції
"ВІНД ФАРМ"
потужністю 800 МВт
у Донецькій області



"БЕРДЯНСЬКА" ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ

потужністю 150 МВт,
Бердянський район
Запорізької області



"КУРАХОВСЬКА" ТЕС

м. Курахове
Донецької області

ЦЕХА ЛУТУГІНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО НАУКОВО-ВИРОБНИЧОГО ВАЛКОВОГО КОМБІНАТУ



ТОРГОВА МЕРЕЖА СУПЕРМАРКЕТІВ "АМСТОР"

36 торгових центрів загальною
площею близько 800 000 м² у містах:
Київ, Донецьк, Запоріжжя,
Миколаїв, Маріуполь, Северодонецьк,
Кременчук, Мелітополь, Краматорськ,
Горлівка, Святогірськ, Єнакієве,
Макіївка, Ясинувата



ТОРГОВО- РОЗВАЖАЛЬНИЙ ЦЕНТР ТОВ "ДОНЕЦЬК-СІТІ-ЦЕНТР" З БАГАТОРІВНЕВИМ ПАРКІНГОМ ТА АДМІНІСТРАТИВНИМ БУДИНКОМ

вул. Артема,
Київський район, Донецьк.
Загальна площа близько 115 000 м²

