

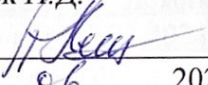
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська дипломна робота на тему:
МОНІТОРИНГ В ЗАДАЧАХ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ
МЕРЕЖ

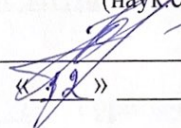
Виконав: студент 4 курсу, групи 2ЕЕ-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

Носур Н. О. 

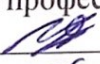
Керівник: д.т.н., професор, професор каф.
ЕСС Лежнюк П.Д.


« 12 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доцент, доц. каф. ЕСЕМ
(наук. ступінь, вч. звання, назва кафедри)

 Шум Ю. А.
« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В. О.


« 17 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.

« 1 » 03 2024 р.

З А В Д А Н Н Я **НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Носуру Назарію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Моніторинг в задачах інтелектуалізації електричних мереж»

Керівник роботи д.т.н., професор, професор каф. ЕСС Лежнюк П.Д.
затверджена наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 року № 80.

2. Термін подання студентом роботи 10 червня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи.
Посилання на періодичні видання.

4. Зміст текстової частини: Вступ. 1. Теоретичні основи моніторингу в інтелектуальних мережах 2. Застосування технологій Smart Grid для забезпечення інтелектуалізації електричних мереж 3. Прикладні задачі інтелектуалізації електричної мережі міського типу 4. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Система сучасних напрямів і технологій, поєднаних у концепції Smart Grid 2. Графік активного навантаження гуртожитків у зимовий період 3. Графік активного навантаження міських житлових будинків у літній період

період. 4 Схематичне зображення звичайної ТП. 5. Схематичне зображення цифрової ТП.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав
Спеціальна частина	Керівник роботи д.т.н., професор, професор каф. ЕСС Лежнюк П.Д.		
Охорона праці	Кобилянський О. В. д.п.н., проф., завідувач каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 16 січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи	
		початок	кінець
1	Вступ. Огляд літературних джерел	21.01.24	15.02.24
2	Теоретичні основи моніторингу в інтелектуальних мережах (розділ 1 БДР)	16.02.24	15.03.24
3	Застосування технологій Smart Grid для забезпечення інтелектуалізації електричних мереж (розділ 2)	16.03.24	10.04.24
4	Прикладні задачі інтелектуалізації електричної мережі міського типу (розділ 3 БДР)	11.04.24	11.05.24
5	Охорона праці (розділ 4 БДР)	12.04.24	19.05.24
6	Формування висновків по роботі. Оформлення пояснювальної записки	20.05.24	24.05.24
7	Виконання ілюстративної частини та оформлення презентації	25.05.24	04.06.24
	Перевірка БДР на плагіат. Попередній захист БДР	05.06.24	07.06.24
	Рецензування БДР	08.06.24	10.06.24
	Захист БДР		

За графіком

Студент

Керівник роботи


(підпис)

Н. О. Носур


(підпис)

П. Д. Лежнюк

АНОТАЦІЯ

Носур Назарій Олександрович «Моніторинг в задачах інтелектуалізації електричних мереж». Бакалаврська дипломна робота за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця : ВНТУ. 2024. 68 с.

Українською мовою. Бібліогр.: 32 назв; рис.: 6; табл. 13.

У бакалаврській дипломній роботі на тему "Моніторинг в задачах інтелектуалізації електричних мереж" досліджено основні аспекти впровадження моніторингових систем у розумні мережі (Smart Grid). Основну увагу приділено теоретичним засадам моніторингу, технологіям Smart Grid, а також прикладним задачам інтелектуалізації електричних мереж міського типу. Обґрунтовано значення моніторингу для забезпечення стабільної та ефективної роботи мереж, інтеграції відновлюваних джерел енергії та підвищення надійності електропостачання. Проведено аналіз впливу моніторингових систем на ефективність роботи електромереж, попередження аварійних ситуацій та оптимізацію споживання енергії. Розглянуто виклики та перспективи розвитку моніторингових систем в умовах сучасних технологічних вимог та кібербезпеки.

Ключові слова: Smart Grid, Інтелектуальні мережі, Електричні мережі, Відновлювані джерела енергії, Енергоефективність

ABSTRACT

Nosur Nazarii Oleksandrovych "Monitoring in the tasks of intellectualization of electrical networks". Bachelor's thesis on specialty 141 - Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics. Vinnytsia: VNTU. 2024. 68 p.

On ukrainian. Bibliography: 32 titles; Fig.: 6; table 13.

In the bachelor's thesis on the topic "Monitoring in the tasks of intellectualization of electrical networks", the main aspects of the implementation of monitoring systems in smart networks (Smart Grid) were investigated. The main attention is paid to the theoretical principles of monitoring, Smart Grid technologies, as well as applied tasks of intellectualization of city-type electrical networks. The importance of monitoring for ensuring stable and efficient operation of networks, integration of renewable energy sources and increasing the reliability of electricity supply is substantiated. An analysis of the influence of monitoring systems on the efficiency of power grids, prevention of emergency situations, and optimization of energy consumption was carried out. Challenges and prospects for the development of monitoring systems in the conditions of modern technological requirements and cyber security are considered.

Keywords: Smart Grid, Intelligent networks, Electric networks, Renewable energy sources, Energy efficiency

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОНІТОРИНГУ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ.....	10
Висновок до розділу 1:.....	17
РОЗДІЛ 2 ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ SMART GRID ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ.....	18
Висновок до розділу 2:.....	36
РОЗДІЛ 3 ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ МІСЬКОГО ТИПУ	37
3.1 Моніторингу роботи трансформаторної підстанції ТП-459.....	40
3.2 Економічна оцінка модернізації підстанції	45
Висновок до розділу 3:.....	47
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	48
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	48
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць на висоті .	48
4.1.2 Електробезпека	51
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	53
4.2.1 Мікроклімат	53
4.2.2 Склад повітря робочої зони.....	54
4.2.3 Виробниче освітлення	54
4.2.4 Виробничий шум	55
4.2.5 Виробнича вібрація.....	56
4.3 Пожежна безпека	57
Висновок до розділу 4:.....	59
ВИСНОВОК	60
ЛІТЕРАТУРА	64
ДОДАТКИ	68

ВСТУП

Енергетика стала тим сегментом економіки, що забезпечує функціонування широкого спектру галузей народного господарства, домінуючим серед яких є залізничний транспорт, підвищення рівня безпеки руху якого можливо шляхом організації високої надійності і якості функціонування тягових електричних мереж і силового електричного обладнання тягових підстанцій в процесі виробництва, передачі й споживання електроенергії залізницями. В умовах ринку електроенергії, до електротехнічної галузі висувається ряд підвищених вимог ефективна реалізація яких суттєво залежить, в першу чергу, від організації точності і синхронності виконання процедур вимірів у різних точках і сегментах тягової електричної мережі. Розглядаючи через призму фізичного та морального старіння електротехнічного обладнання, що знаходиться в експлуатації можна виявити ряд негативних впливів не тільки на економічність режимів і, відповідно, збільшення споживання електроенергії, а в деяких випадках і на погіршення надійності функціонування енергосистеми, що значно збільшує аварійність.

Інтелектуалізація електричних мереж, також відома як розумні мережі або смарт-грид, стала ключовою темою в сучасній енергетиці. Основна мета цієї концепції полягає у підвищенні ефективності, надійності, стійкості та інтеграції відновлюваних джерел енергії в електричні мережі. Одним із головних аспектів цієї трансформації є моніторинг, який забезпечує збір, аналіз та управління даними для підтримки стабільної роботи мережі.

Значення моніторингу в інтелектуальних мережах

Моніторинг є фундаментальною складовою інтелектуальних мереж, забезпечуючи постійне спостереження за станом електричної системи. Завдяки моніторингу, операційні центри можуть отримувати в реальному часі

дані про напругу, струм, частоту та інші параметри мережі. Це дозволяє виявляти аномалії, попереджувати аварії та оптимізувати роботу системи.

Ключові компоненти моніторингу

1. **Сенсори та датчики:** Вони встановлюються в різних точках мережі для вимірювання параметрів, таких як напруга, струм, температура та інші. Вони забезпечують точне та своєчасне отримання даних, що є критично важливим для стабільної роботи мережі.

2. **Системи збору даних:** Ці системи обробляють інформацію, отриману від сенсорів, і передають її до центрів управління. Вони можуть бути інтегровані з технологіями Інтернету речей (IoT), що дозволяє збільшити масштаб і точність моніторингу.

3. **Аналіз даних та машинне навчання:** Отримані дані аналізуються за допомогою алгоритмів машинного навчання та інших методів обробки даних. Це дозволяє передбачати можливі проблеми та приймати превентивні заходи.

4. **Інтерфейси управління та візуалізації:** Вони забезпечують операторів інструментами для перегляду стану мережі в реальному часі, аналізу історичних даних та прийняття рішень на основі отриманої інформації.

Вплив моніторингу на ефективність мережі

Моніторинг в інтелектуальних мережах сприяє підвищенню ефективності електричних систем у кількох аспектах:

1. **Оптимізація споживання енергії:** Збір та аналіз даних дозволяють краще розуміти патерни споживання енергії і оптимізувати її розподіл. Це допомагає знижувати втрати енергії та зменшувати пікові навантаження на мережу.

2. **Попередження та управління аварійними ситуаціями:** Своєчасне виявлення аномалій допомагає швидко реагувати на потенційні аварії, знижуючи ризик масштабних відключень та пошкоджень обладнання.

3. **Інтеграція відновлюваних джерел енергії:** Моніторинг дозволяє ефективно інтегрувати в мережу такі джерела, як сонячні та вітрові електростанції, забезпечуючи стабільність та балансування потужностей.

4. **Підвищення надійності та стабільності:** Постійний моніторинг допомагає підтримувати стабільну роботу мережі, знижуючи ймовірність відключень та підвищуючи загальну надійність електропостачання.

Виклики та перспективи розвитку

Попри значні переваги, впровадження систем моніторингу в інтелектуальні мережі стикається з рядом викликів:

1. **Кібербезпека:** Збільшення кількості підключених пристроїв та обміну даними підвищує ризики кібератак. Захист мережі від потенційних загроз стає пріоритетним завданням.

2. **Інтероперабельність:** Забезпечення сумісності між різними системами та пристроями від різних виробників потребує стандартів та протоколів, що можуть ускладнювати впровадження.

3. **Вартість впровадження:** Початкові витрати на встановлення сенсорів, збору даних та аналітичних систем можуть бути значними, що вимагає продуманого фінансового планування.

Проте, розвиток технологій та зниження вартості компонентів обіцяють подальше поширення інтелектуальних мереж. Удосконалення алгоритмів обробки даних, зростання обчислювальних потужностей та поява нових стандартів сприятимуть ширшому впровадженню систем моніторингу.

Моніторинг відіграє ключову роль у процесі інтелектуалізації електричних мереж, забезпечуючи стабільність, ефективність та інтеграцію відновлюваних джерел енергії. Завдяки сенсорам, системам збору та аналізу даних, інтелектуальні мережі можуть адаптуватися до сучасних вимог та викликів енергетичної галузі. Незважаючи на певні виклики, перспективи розвитку цієї технології обіцяють значні покращення в енергетичній безпеці.

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОНІТОРИНГУ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Інтелектуалізація електричних мереж, відома також як розумні мережі або смарт-грид, є важливою частиною сучасної енергетичної інфраструктури. В умовах зростаючого попиту на енергію, необхідності підвищення ефективності її використання та інтеграції відновлюваних джерел енергії, інтелектуальні мережі стають незамінним інструментом. Однією з основних складових цих мереж є системи моніторингу, які забезпечують безперервний збір, аналіз та управління даними, що дозволяє підтримувати стабільну і надійну роботу мережі.

Необхідно дослідити роль та значення моніторингу в задачах інтелектуалізації електричних мереж, проаналізувати ключові компоненти та технології моніторингу, а також оцінити їх вплив на ефективність та надійність електричних мереж. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання[1]:

- Визначити основні принципи та функції моніторингу в інтелектуальних мережах.
- Проаналізувати технології та обладнання, що використовуються для моніторингу.
- Розглянути приклади впровадження систем моніторингу в різних країнах та їх вплив на енергетичну систему.
- Оцінити виклики та перспективи розвитку моніторингових систем в інтелектуальних мережах.

Інтелектуальні мережі (smart grids) являють собою модернізовані електричні мережі, що використовують передові інформаційні та комунікаційні технології для покращення ефективності, надійності та стійкості електропостачання. Основні принципи інтелектуальних мереж включають:

- Інтеграцію відновлюваних джерел енергії.
- Використання децентралізованих генерацій.
- Автоматизацію та динамічне управління мережею.
- Застосування технологій Інтернету речей (IoT) для збору та аналізу даних.

Моніторинг в інтелектуальних мережах виконує кілька ключових функцій:

- **Збір даних:** моніторингові системи постійно збирають дані з різних точок мережі, що дозволяє отримувати актуальну інформацію про стан електропостачання.

- **Аналіз та обробка даних:** зібрані дані аналізуються в реальному часі для виявлення аномалій, прогнозування можливих проблем та оптимізації роботи мережі.

- **Управління та контроль:** на основі аналізу даних приймаються управлінські рішення, які можуть включати перерозподіл навантаження, активацію резервних джерел енергії тощо.

- **Прогнозування:** системи моніторингу дозволяють прогнозувати попит на електроенергію, що сприяє більш ефективному плануванню ресурсів.

Технології та обладнання для моніторингу

Сенсори та датчики є основними компонентами систем моніторингу, що забезпечують вимірювання параметрів електричної мережі, таких як напруга, струм, частота, температура тощо. Основні типи сенсорів включають:

- **Сенсори напруги:** Вимірюють рівень напруги в різних точках мережі.
- **Сенсори струму:** Вимірюють силу струму.
- **Температурні сенсори:** Контролюють температуру обладнання для запобігання перегріву.
- **Фазометричні сенсори:** Вимірюють фазовий кут між напругою і струмом для оцінки якості енергії.

Системи збору даних

Системи збору даних забезпечують обробку інформації, отриманої від сенсорів, і передають її до центрів управління. Вони можуть використовувати різні комунікаційні технології, такі як:

- **Провідні мережі:** Використовуються для передачі даних по електричним лініям або оптичним волокнам.

- **Бездротові мережі:** Використовуються для збору даних у віддалених або важкодоступних місцях. Зокрема, технології Wi-Fi, Zigbee, та LoRa є популярними рішеннями.

- **Інтернет речей (IoT):** Інтеграція сенсорів з платформами IoT дозволяє збільшити масштаб та точність моніторингу.

Алгоритми машинного навчання та аналітичні методи використовуються для обробки та аналізу даних, зібраних системами моніторингу. Це дозволяє:

- **Виявляти аномалії:** Алгоритми виявляють відхилення від нормальної роботи мережі, що може свідчити про можливі проблеми.

- **Прогнозувати споживання енергії:** Машинне навчання дозволяє створювати моделі для прогнозування майбутнього попиту на електроенергію.

- **Оптимізувати роботу мережі:** Аналіз даних допомагає знаходити оптимальні рішення для управління ресурсами мережі.

Інтерфейси управління та візуалізації забезпечують зручний доступ до інформації про стан мережі для операторів та інженерів. Вони включають:

- **Панелі моніторингу в реальному часі:** Відображають актуальні дані про стан мережі.

- **Інструменти аналізу історичних даних:** Дозволяють аналізувати тенденції та визначати причини минулих подій.

- **Системи попереджень:** Сповіщають операторів про критичні ситуації та надають рекомендації щодо дій[2].

Вплив моніторингу на ефективність та надійність мережі

Системи моніторингу дозволяють оптимізувати споживання енергії за рахунок: аналізу патернів споживання та динамічного управління. Аналіз патернів споживання: оозуміння патернів споживання допомагає знижувати пікові навантаження та рівномірно розподіляти навантаження. Динамічне управління: використання технологій попиту-реакції (demand response) дозволяє регулювати споживання енергії в залежності від поточних умов мережі.

Моніторингові системи грають ключову роль у попередженні та управлінні аварійними ситуаціями: виявлення аномалій: своєчасне виявлення аномалій дозволяє швидко реагувати на потенційні аварії, знижуючи ризик масштабних відключень; превентивне обслуговування: аналіз даних дозволяє прогнозувати зношення обладнання та проводити превентивне обслуговування.

Моніторинг сприяє ефективній інтеграції відновлюваних джерел енергії:

- Балансування потужностей: Моніторинг дозволяє забезпечити баланс між виробництвом та споживанням енергії з різних джерел.
- Прогнозування виробництва: Алгоритми прогнозування допомагають передбачати виробництво енергії з відновлюваних джерел, що дозволяє краще планувати роботу мережі.

Системи моніторингу значно підвищують надійність та стабільність електричних мереж:

- Моніторинг якості електроенергії: Системи контролюють параметри якості електроенергії, такі як напруга, частота та гармоніки, що дозволяє своєчасно виявляти та усувати проблеми.
- Адаптивне управління: Мережа може автоматично адаптуватися до змінних умов, наприклад, перенаправляти потоки енергії у разі пошкодження однієї з ліній[3].

Приклади впровадження моніторингових систем

В Європі активно впроваджуються технології смарт-грид з використанням систем моніторингу. Наприклад, у Німеччині проводиться інтеграція відновлюваних джерел енергії до національної мережі за допомогою систем моніторингу, що дозволяють забезпечити стабільність та надійність електропостачання.

У США та Канаді значна увага приділяється розвитку смарт-грид технологій. Наприклад, в рамках проекту Smart Grid Investment Grant, проводиться модернізація електричних мереж з впровадженням систем моніторингу, що дозволяють зменшити втрати енергії та підвищити надійність електропостачання.

В Азії, зокрема в Японії та Південній Кореї, активно розвиваються інтелектуальні мережі з акцентом на інтеграцію відновлюваних джерел енергії та використання сучасних систем моніторингу для підвищення ефективності та стабільності електропостачання[4].

Виклики та перспективи розвитку

Одним з головних викликів для систем моніторингу в інтелектуальних мережах є кібербезпека. Збільшення кількості підключених пристроїв та обміну даними підвищує ризики кібератак. Захист мережі від потенційних загроз стає пріоритетним завданням. Необхідно розробляти та впроваджувати сучасні технології захисту даних та кібербезпеки, щоб забезпечити безпечне функціонування систем моніторингу.

Забезпечення сумісності між різними системами та пристроями від різних виробників потребує стандартів та протоколів, що можуть ускладнювати впровадження. Розробка універсальних стандартів та протоколів для обміну даними є важливим завданням для забезпечення успішного функціонування інтелектуальних мереж.

Початкові витрати на встановлення сенсорів, систем збору даних та аналітичних систем можуть бути значними, що вимагає продуманого фінансового планування. Проте, зниження вартості компонентів та розвиток технологій роблять ці інвестиції більш доступними та виправданими в довгостроковій перспективі.

Незважаючи на виклики, перспективи розвитку систем моніторингу в інтелектуальних мережах є дуже обнадійливими. Удосконалення алгоритмів обробки даних, зростання обчислювальних потужностей та поява нових стандартів сприятимуть ширшому впровадженню систем моніторингу. Очікується, що майбутні системи моніторингу будуть ще більш інтегрованими, адаптивними та ефективними, що забезпечить високий рівень надійності та ефективності електричних мереж[5].

Основні принципи та функції моніторингу в інтелектуальних мережах

- Реальний час. Безперервний збір даних: мистеми моніторингу повинні забезпечувати безперервний збір даних з різних точок мережі для оперативного відображення її стану. Негайна обробка даних: обробка та аналіз даних повинні виконуватися в реальному часі для швидкого реагування на зміни та аномалії в мережі.

- Інтеграція та інтероперабельність. Взаємодія різних систем: моніторингові системи повинні бути здатні інтегруватися з іншими системами управління мережею та підтримувати обмін даними між різними компонентами. Стандартизація протоколів: використання стандартних протоколів для забезпечення сумісності між різними пристроями та системами.

- Масштабованість. Гнучкість розширення: системи повинні легко масштабуватися для підтримки зростаючих потреб мережі, включаючи додавання нових сенсорів та інших компонентів. Обробка великих обсягів

даних: системи повинні бути здатні ефективно обробляти великі обсяги даних, що надходять з різних джерел.

- Надійність та безпека: Кібербезпека: захист даних та системи від кібератак є критично важливим аспектом моніторингу. Безперервність роботи: системи повинні бути надійними і забезпечувати безперервну роботу навіть у випадку збоїв або відмов.

- Адаптивність. Адаптація до змін: системи моніторингу повинні бути здатні адаптуватися до змін у мережі, таких як додавання нових джерел енергії або зміни в споживанні. Автоматизація: впровадження автоматичних механізмів реагування на зміни для підтримання стабільності та ефективності мережі[7].

Основні функції моніторингу в інтелектуальних мережах

1. Збір даних:

- Вимірювання параметрів мережі: Сенсори та датчики вимірюють ключові параметри мережі, такі як напруга, струм, частота, температура та інші показники.

- Агрегація даних: Зібрані дані з різних точок мережі передаються до централізованих систем для подальшої обробки.

2. Аналіз даних:

- Реальний час та історичний аналіз: Дані аналізуються як в режимі реального часу, так і з використанням історичних даних для виявлення трендів та аномалій.

- Машинне навчання: Використання алгоритмів машинного навчання для прогнозування попиту, виявлення аномалій та оптимізації роботи мережі.

3. Управління та контроль:

- Реагування на інциденти: Системи моніторингу дозволяють оперативно реагувати на інциденти, такі як перевантаження, відмови обладнання або інші аварійні ситуації.

- Автоматичне управління: Використання автоматизованих систем для управління навантаженням, включення резервних джерел або перерозподілу енергії.

4. Прогнозування:

- Прогнозування попиту: Моделі прогнозування використовуються для передбачення майбутнього попиту на електроенергію, що дозволяє краще планувати генерацію та розподіл.

- Прогнозування виробництва: Прогнозування виробництва енергії з відновлюваних джерел, таких як сонячні та вітрові електростанції.

5. Візуалізація та звітність:

- Інтерфейси користувача: Забезпечення зручних інтерфейсів для перегляду стану мережі в реальному часі, аналізу історичних даних та створення звітів.

- Системи оповіщення: Сповіщення операторів про критичні ситуації та надання рекомендацій щодо необхідних дій.

6. Підтримка прийняття рішень:

- Аналіз ефективності: Оцінка ефективності роботи мережі та виявлення можливостей для покращення.

- Рекомендації: Надання рекомендацій для оптимізації роботи мережі, зниження витрат та підвищення надійності[7].

Висновок до розділу 1:

Інтелектуальні мережі стали невід'ємною частиною сучасної енергетичної інфраструктури, завдяки чому можливе підвищення ефективності використання енергії та інтеграції відновлюваних джерел енергії. Моніторинг відіграє ключову роль у підтримці стабільної і надійної роботи електричних мереж, збиранні та аналізі даних, виявленні аномалій та прогнозуванні майбутніх потреб. Основні компоненти моніторингових систем включають сенсори, системи збору даних, аналіз даних та інтерфейси управління.

РОЗДІЛ 2 ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ SMART GRID ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Розвиток електроенергетики в Україні, як і в усьому світі, спрямований на підвищення надійності енергопостачання, енергетичну безпеку, енергоефективність та екологічну гармонізацію. Це зумовлено необхідністю адаптації до нових викликів та вимог, що виникають у сучасному світі[8].

Пріоритетні напрямки розвитку електроенергетики:

- Забезпечення надійності енергопостачання (використання сучасних технологій для модернізації та вдосконалення енергетичних мереж та впровадження систем моніторингу та управління, що дозволяють оперативно реагувати на зміни в роботі мереж);
- Енергетична безпека (зниження залежності від імпортованих енергоресурсів шляхом розвитку власних джерел енергії та підвищення стійкості енергосистеми до зовнішніх та внутрішніх загроз);
- Енергоефективність (застосування енергоефективних технологій та обладнання та впровадження механізмів стимулювання економії енергії серед споживачів);
- Екологічна гармонізація (зниження впливу енергетичних об'єктів на навколишнє середовище і розвиток та впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), таких як сонячні, вітрові, гідро- та біоенергетичні установки);
- Відновлювані джерела енергії (активне впровадження сонячних, вітрових, гідроелектричних та біоенергетичних установок для зниження викидів парникових газів та залежності від традиційних викопних палив);
- Технології зберігання енергії (ESS) (використання систем акумулювання енергії для зменшення коливань у виробництві та споживанні електроенергії, що дозволяє забезпечити більш стабільну та надійну роботу енергосистеми).

Технологічні інновації в енергетиці:

1. Smart Grid

- Інтелектуальні енергомережі, що використовують передові технології для автоматизації, моніторингу та управління електроенергетичними системами.
- Зниження втрат енергії та підвищення ефективності роботи мереж.

2. Smart Metering

- Інтелектуальні системи обліку енергії, які забезпечують точний та своєчасний збір даних про споживання енергії.
- Надання споживачам можливості контролювати та управляти своїм споживанням енергії, що сприяє зниженню витрат на електроенергію.

3. Системи управління попитом (Demand Response, DR)

- Технології та програми, що дозволяють споживачам адаптувати своє споживання енергії відповідно до змін на ринку та стану енергосистеми.
- Зниження пікових навантажень та оптимізація використання енергетичних ресурсів.

4. Пристрої зберігання енергії (Energy Storage Devices, ESD)

- Використання акумуляторних систем для зберігання надлишкової енергії та її використання під час пікових навантажень.
- Забезпечення стабільності та надійності енергосистеми.

Перехід до інтелектуальних енергетичних систем є ключовим напрямком розвитку електроенергетики, що забезпечує сталий розвиток, підвищення ефективності використання енергії та зниження впливу на довкілля. Використання Smart Grid, Smart Metering, систем управління попитом та пристроїв зберігання енергії створює нові можливості для підвищення гнучкості та надійності енергосистеми, а також залучення споживачів до активного управління своїм споживанням енергії.

Досвід розвинених країн, таких як ЄС, США і Китай, показує, що вирішення сучасних проблем у рамках традиційної концепції екстенсивного розвитку електроенергетики є неможливим. Тому майбутній розвиток енергетики базується на впровадженні "інтелектуальних" технологій. Згідно зі звітами Міжнародного енергетичного агентства (IEA) [9], British Petroleum (BP) [10] та інших міжнародних організацій, у світі триває перехід на альтернативну енергетику – сонячну та вітрову, з розвитком систем розподіленої генерації (РГ). Стійкий розвиток відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та введення нових виробничих і енергетичних потужностей є загальною тенденцією.

Розвиток ВДЕ потребує перебудови мережевої інфраструктури та впровадження сучасних "інтелектуальних" систем – Smart Grid для автоматизації управління потоками енергії, регулювання перетоків і споживання електроенергії з використанням маневрових потужностей. Ключову роль у вирішенні цих завдань, включаючи задоволення зростаючого попиту, відіграватимуть інноваційні технології, спрямовані на розвиток "інтелектуальних" електромереж (Smart Grid), систем обліку та розрахунків (Smart Metering), управління попитом (Demand Response, DR), пристроїв зберігання енергії та зарядних станцій для електромобілів.

Відповідно до цих вимог, була розроблена нова концепція розвитку систем електропостачання під назвою "Smart Grid" [11, 12]. Термін "Smart Grid" набув популярності після публікації "Reliability demands drive automation investments" [13]. У міжнародній енергетичній практиці на державному рівні прийняті та успішно реалізуються національні концепції розвитку і фінансування "інтелектуальних" мереж у електроенергетиці та інших галузях.

Однак, незважаючи на значні досягнення світової практики, проблема формування комплексного підходу до інтелектуалізації енергосистеми України, як основи забезпечення національної енергетичної безпеки, залишається невирішеною. Тому актуальним є дослідження особливостей

Smart Grid, виділення концептуальних аспектів створення "інтелектуальних" мереж у електроенергетиці та розробка Smart-стратегій для інтелектуалізації. Впровадження інтелектуальних мереж і технологій управління попитом стало необхідним через масштабні зміни в енергетичній сфері за останні десятиліття. Відбулося значне зрушення від традиційної генерації на основі викопного палива до відновлюваних джерел енергії. Сучасні «розумні» енергетичні системи створюють середовище, де можливий інтелектуальний обмін інформацією. Ці системи здатні розуміти інші системи та їхнє оточення через інформаційне «спілкування» в межах певного протоколу, як між собою, так і з логістичними системами споживачів та постачальників. У разі зміни вимог, машини можуть автоматично приймати «розумні» рішення щодо перебудови технологічних процесів. Такі виробничі системи здатні до самодіагностики та самовідновлення, що зрештою призводить до підвищення гнучкості та індивідуалізації виробництва.

Інтелектуальні мережі (Smart Grid) поєднують комплексні маркетингові і контрольні інструменти з передовими інформаційними технологіями та засобами комунікації. Вони дозволяють автоматично виявляти найуразливіші, аварійні та небезпечні ділянки електромережі. Після цього мережа самостійно змінює свої характеристики і схему, щоб мінімізувати втрати і ризик виникнення аварійних ситуацій. Це забезпечує високий рівень продуктивності та якісне постачання електроенергії населенню[14].

Інтелектуалізація стає ключовою стратегією розвитку енергетики, забезпечуючи безперервність та узгодженість дій за такими напрямками:

- Енергозабезпечення: безперебійне постачання електроенергії належної якості.
- Енергодоступність: ефективне використання енергії та доступна ціна на електроенергію.
- Енергоприйнятність: мінімальний вплив на навколишнє середовище.

Ці напрями є основою для переходу до сучасних та перспективних інтелектуальних технологій. Впровадження інтелектуальних мереж сприятиме інтеграції відновлюваних джерел енергії в електромережу, підвищуючи її ефективність та стійкість.

Крім того, інтелектуальні енергетичні системи мають значний потенціал для зменшення викидів парникових газів, що сприяє зниженню впливу на клімат. Завдяки впровадженню інтелектуальних мереж можна досягти більш раціонального використання енергії, що, в свою чергу, дозволяє зменшити споживання викопного палива та збільшити частку відновлюваних джерел енергії в загальному енергобалансі.

Важливим аспектом є також кібербезпека інтелектуальних мереж. Оскільки ці системи залежать від складної інфраструктури інформаційних технологій, необхідно забезпечити надійний захист від кіберзагроз. Інтеграція передових засобів кібербезпеки є критично важливою для запобігання потенційним атакам та забезпечення стабільної роботи енергосистеми.

Інтелектуальні мережі також сприяють розвитку «розумних» міст, де технології управління енергоспоживанням дозволяють ефективніше використовувати ресурси, знижуючи енергетичні витрати та підвищуючи комфорт мешканців. Завдяки інтеграції з іншими системами міської інфраструктури, такими як транспорт і водопостачання, «розумні» міста можуть стати більш сталими та екологічно чистими[15].

Згідно з поясненням Міністерства енергетики США, інтелектуальні мережі (Smart Grid) володіють такими ключовими атрибутами [16]:

- здатність до самовідновлення після збоїв в подачі електроенергії;
- можливість активної участі споживачів у роботі мережі;
- стійкість до фізичних і кібернетичних втручань;
- забезпечення необхідної якості переданої електроенергії;
- забезпечення синхронної роботи джерел генерації та вузлів зберігання електроенергії;

- сприяння появі нових високотехнологічних продуктів і ринків;
- підвищення ефективності роботи енергосистеми в цілому.

Європейська Комісія, що займається питаннями розвитку технологічної платформи в області енергетики, виділяє наступні аспекти функціонування Smart Grid:

- Гнучкість. Мережа повинна адаптуватися під потреби споживачів електроенергії.
- Доступність. Мережа повинна бути доступна для нових користувачів, зокрема, для підключення користувацьких генеруючих джерел, включаючи відновлювані джерела енергії (ВДЕ) з нульовими або зниженими викидами CO₂.
- Надійність. Мережа повинна гарантувати захищеність і якість постачання електроенергії, відповідно до вимог цифрової економіки.
- Економічність. Інноваційні технології в побудові Smart Grid повинні мати найбільшу цінність у поєднанні з ефективним управлінням і регулюванням функціонування мережі.

Ці характеристики є концептуальним визначенням інтелектуальної мережі, що підкреслює важливу роль Smart Grid у подальшому технологічному, економічному та екологічному розвитку суспільства.

Крім вирішення завдань зі зниження навантаження на навколишнє середовище, зменшення енергетичного дефіциту завдяки використанню відновлюваних джерел енергії та підвищення якості і надійності роботи енергосистеми, концепція Smart Grid включає ще один важливий аспект: Smart Grid є каталізатором економічного підйому. Реалізація положень цієї концепції передбачає:

- розвиток інноваційних технологій;
- розширення масштабів виробництва високоінтелектуальної

продукції;

- більш інтенсивне застосування електричної енергії у транспортній інфраструктурі, зокрема, використання автомобілів з електродвигунами;
- розвиток нових ринкових відносин із залученням споживачів до енергетики як активних гравців ринку, що включає можливість продажу електроенергії з локальних генеруючих джерел.

Це все підвищує загальну ефективність, надійність і стійкість енергосистеми, сприяючи створенню більш сталого та розвиненого суспільства.

Нині технологічна структура економіки України представлена III – IV технологічними укладами. Водночас, найбільш успішні економіки світу вже перейшли до шостого технологічного укладу, який включає нано- та біотехнології, термоядерний синтез, молекулярну електроніку, штучний інтелект, оптоелектроніку, фотоніку та інші передові технології.

Дослідження показують, що випуск продукції V технологічного укладу в Україні становить близько 4%, а продукція VI технологічного укладу – менше 0,1%. Незважаючи на те, що продукція V-VI технологічного укладу складає основні мегатренди найбільш розвинених країн світу, становить основу системи економічної безпеки держави та забезпечує ключові конкурентні переваги на міжнародній арені, близько 58% виробленої українськими підприємствами продукції припадає на III рівень технологічного укладу, а приблизно 38% – на продукцію IV технологічного укладу.

Ця ситуація демонструє необхідність суттєвих змін у технологічній структурі економіки України. Перехід до більш високих технологічних укладів є критично важливим для підвищення конкурентоспроможності країни на світовому ринку. Впровадження передових технологій, таких як нано- і біотехнології, штучний інтелект та інші, сприятиме створенню нових

високотехнологічних галузей, які забезпечать економічне зростання та стійкий розвиток.

Для досягнення цих цілей необхідно здійснити низку заходів, зокрема:

1. Підтримка наукових досліджень та інновацій у ключових високотехнологічних галузях.
2. Розвиток інфраструктури для впровадження передових технологій.
3. Створення сприятливих умов для інвестицій у високотехнологічні галузі.
4. Підготовка кваліфікованих кадрів, здатних працювати з новітніми технологіями.

Лише за умови комплексного підходу та активної підтримки держави Україна зможе здійснити перехід до більш високих технологічних укладів і зайняти гідне місце серед найрозвиненіших економік світу.

Міністерство енергетики та вугільної промисловості затвердило прогнозний баланс електроенергії об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України на 2019 рік. Згідно з цим документом, прогнозне електроспоживання складає 153,5 млрд кВт·год, що на 1,2% більше порівняно з рівнем 2018 року. Експорт електроенергії передбачається в обсязі 6,42 млрд кВт·год, що на 9% більше, ніж у 2018 році.

Структура виробництва електроенергії для покриття попиту виглядає наступним чином:

- Атомні електростанції (АЕС): 83,05 млрд кВт·год (51,30%);
- Гідроелектростанції (ГЕС): 8,9 млрд кВт·год (5,50%) та гідроакумуючі електростанції (ГАЕС): 1,41 млрд кВт·год (0,87%);
- Теплоелектроцентралі (ТЕЦ) та когенераційні установки: 12,54 млрд кВт·год (7,75%);
- Блок-станції: 1,63 млрд кВт·год (1,00%);
- Альтернативні джерела енергії (вітрові, сонячні електростанції та

інші): 3,5 млрд кВт·год (2,16%);

- Теплові електростанції (ТЕС): 50,84 млрд кВт·год (31,41%).

Для забезпечення виробництва електроенергії на ТЕС та ТЕЦ прогнозується витрата 27,8 млн тонн вугілля.

Для порівняння, прогнозний баланс електроенергії ОЕС України на 2018 рік передбачав:

- Виробництво електроенергії на ТЕС: 49,76 млрд кВт·год.
- Виробництво електроенергії з альтернативних джерел: 2,03 млрд кВт·год.
- Витрата палива для ТЕС та ТЕЦ: 26,6 млн тонн вугілля.

Ці дані свідчать про поступове збільшення залежності від відновлюваних джерел енергії та невелике зростання споживання вугілля для теплових електростанцій. Збільшення виробництва електроенергії з альтернативних джерел вказує на поступовий перехід до більш стійких і екологічно чистих енергетичних технологій. Зокрема, значне зростання виробництва електроенергії з альтернативних джерел з 2,03 млрд кВт·год у 2018 році до 3,5 млрд кВт·год у 2019 році свідчить про активний розвиток сектору відновлюваної енергетики в Україні.

Цей прогнозний баланс відображає стратегічні напрямки розвитку енергетичної галузі, що спрямовані на підвищення ефективності та надійності енергопостачання, а також на зменшення екологічного навантаження шляхом впровадження новітніх технологій та використання відновлюваних джерел енергії. Отже, у 2019 році в Україні вироблення електроенергії здійснюється переважно на атомних електростанціях (АЕС) та теплових електростанціях (ТЕС). Основними енергоносіями залишаються атомна енергетика та вугілля. Альтернативні джерела енергії становлять близько 2% від загального обсягу виробництва.

Для вирішення проблем подальшого розвитку енергетичного комплексу України, який би відповідав світовим стандартам безпеки та екологічним

вимогам, а також найкращим показникам енергоефективності, необхідне впровадження інтелектуальних технологій. Вважається, що застосування таких технологій є ключовим фактором для досягнення цих цілей.

Кластер «Енергетика» має значний потенціал для сприяння економічному зростанню України. Згідно з оцінками, цей сектор може вносити до 11% у загальне зростання економіки країни. Це можливо завдяки підвищенню ефективності енергетичного комплексу, зменшенню витрат на енергію та зниженню екологічного навантаження через використання відновлюваних джерел енергії та впровадження інноваційних технологій.

Отже, для досягнення сталого розвитку енергетичного сектора та підвищення конкурентоспроможності України на міжнародній арені, необхідно активно впроваджувати інтелектуальні технології та розвивати відновлювану енергетику. Це забезпечить не лише економічне зростання, але й сприятиме екологічній стійкості та енергетичній безпеці країни [9].

На загальносвітовому рівні концепція Smart Grid поєднує ряд сучасних напрямів і технологій (рисунок 2.1).

Цифрові технології, які дозволяють здійснювати двосторонній зв'язок між комунальною компанією та її клієнтами, а також забезпечують облік вздовж ліній електропередачі, перетворюють традиційну мережу на «розумну». Подібно до Інтернету, Smart Grid складається з елементів управління, комп'ютерів, автоматизації, нових технологій та обладнання, які працюють разом, але в цьому випадку ці технології взаємодіють з електричною мережею, щоб швидко відповідати на цифрові запити та зміни.

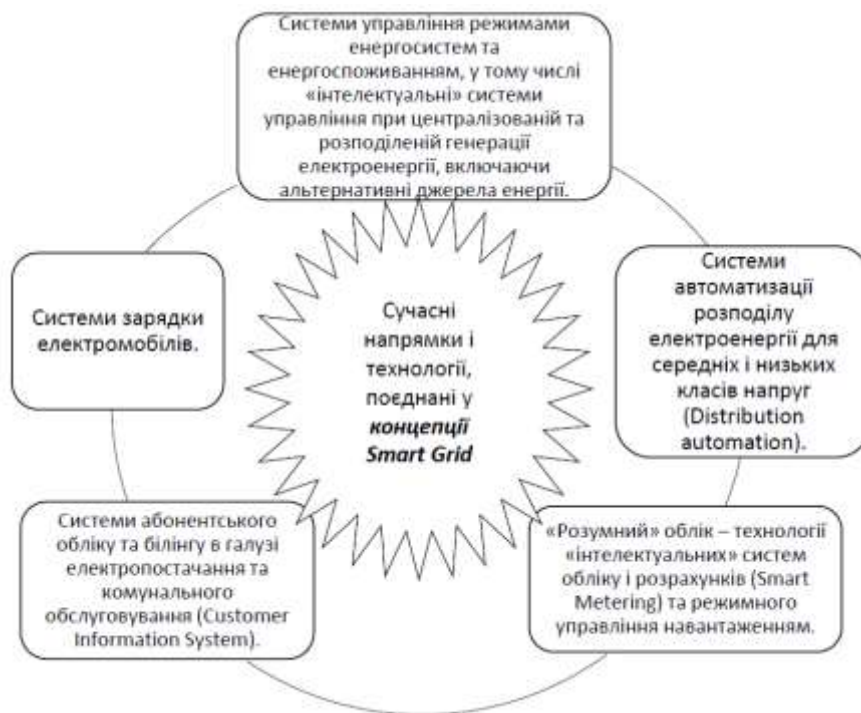


Рисунок 2.1 - Система сучасних напрямків і технологій, поєднаних у концепції Smart Grid

Концепція Smart Grid у країнах ЄС розглядається як ідеологія загальноєвропейської програми розвитку електроенергетики, основа інноваційної модернізації та трансформації електроенергетичної галузі, а також базис для створення «Європейської електричної мережі майбутнього». Згідно з Європейською технологічною платформою, Smart Grid – це «електричні мережі, що задовольняють вимогам енергоефективного та економічного функціонування енергосистеми шляхом скоординованого управління за допомогою сучасних двосторонніх комунікацій між елементами електричних мереж, електричних станцій та споживачів електроенергії». Таким чином, Smart Grid надає реальну можливість підвищити надійність, доступність та ефективність енергетичної інфраструктури.

В оновленому огляді «Smart Grid projects Outlook 2017. Facts, figures and trends in Europe» Об'єднаного дослідницького центру (JRC) служби науки і знань Європейської комісії представлено детальний аналіз проектів з розвитку

систем Smart Grid в ЄС (таблиця 2.1). Це дослідження демонструє, як інноваційні проекти допомагають інтегрувати нові технології в існуючі електричні мережі, забезпечуючи їхню стійкість та ефективність.

Smart Grid також є важливим інструментом для досягнення цілей сталого розвитку та зменшення викидів парникових газів. Завдяки впровадженню інтелектуальних систем управління енергією, можливо більш ефективно використовувати відновлювані джерела енергії, зменшувати втрати в мережах і підвищувати загальну енергоефективність. Це сприяє екологічній стійкості та допомагає країнам ЄС виконувати зобов'язання щодо зниження викидів вуглекислого газу.

Таким чином, впровадження концепції Smart Grid не лише модернізує енергетичну інфраструктуру, але й створює передумови для економічного зростання, екологічної стійкості та підвищення якості життя громадян.

Таблиця 2.1 - Аналітичні дані щодо реалізації проектів Smart Grid в ЄС у 2017 р.

Кількість проектів	Сумарні інвестиції	Учасники проектів
Всього: 950 проектів у 50 країнах	Усього: 4,97 млрд. євро	Усього: 2900 організацій
865 проектів з інформацією про бюджет	У середньому: 5,75 млн. євро	5900 учасників
626 національних проектів, з них 370 – такі, що мають більше одного партнера	308 поточних проектів: 2,15 млрд. євро (у середньому 7 млн. євро на проект)	Участь у декількох проектах: 700 організацій
324 багатонаціональних проекти (у середньому 14 країн на проект)	642 завершені проекти: 2,82 млрд. євро (у середньому 5 млн. євро на проект)	Найактивніша компанія – 67 проектів (у Данії)
Середня тривалість проекту – 30 місяців	Найбільші інвестиції: Данія, Великобританія, Франція	Найбільш активні організації: DSO*, університети та технологічні виробники
НДДКР: 540 проектів, демонстраційних – 410 проектів	НДДКР: 1,61 млрд. євро; Демонстраційні – 3,36 млрд. євро.	У середньому

Згідно з оцінками Об'єднаного дослідницького центру (JRC), база даних дослідницьких та демонстраційних проектів у сфері інтелектуальних мереж у Європі наразі включає понад 950 проектів із загальним обсягом інвестицій близько 5 мільярдів євро. Ця база даних охоплює 28 країн-членів ЄС, а також Швейцарію та Норвегію. Загалом у проекти Smart Grid по всьому світу залучено понад 2930 організацій з 50 країн.

Фінансування проектів Smart Grid здійснюється за рахунок загальноєвропейських та національних джерел, причому приватні інвестиції є одним з найважливіших джерел фінансування. Основні обсяги інвестицій у проекти Smart Grid зосереджені в таких країнах, як Данія, Німеччина, Іспанія, Франція, Великобританія, Бельгія та Швеція. Оператори системи розподілу (DSO) залучають найбільші обсяги інвестицій, переважно для демонстраційних проектів «інтелектуальної» мережі.

За даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), глобальні інвестиції, необхідні для розвитку світової енергетики до 2030 року, становитимуть близько 16 трильйонів доларів США, з яких понад 2 трильйони доларів підуть на розвиток «інтелектуальних» мереж. Єврокомісія оцінює, що інвестиції, необхідні для розвитку енергосистеми Євросоюзу до 2020 року (включаючи розширення мереж, розвиток відновлюваних джерел енергії та заходи з підвищення енергоефективності), перевищують 1 трильйон євро, майже половину з яких планується спрямувати на розвиток електричних мереж, включаючи «інтелектуальні» електромережі.

Єврокомісія також вважає, що необхідні фінансові ресурси можуть бути залучені з доходів енергетичного ринку та за рахунок приватних інвестицій. Це дозволить забезпечити стабільний розвиток та модернізацію енергетичних мереж, відповідно до сучасних стандартів ефективності та екологічної стійкості.

Таким чином, інтелектуальні мережі Smart Grid стають ключовим елементом для забезпечення надійності, доступності та ефективності

енергетичних систем, що є критично важливим для сталого розвитку економіки та енергетичної безпеки.

У своєму огляді «Smart Grid projects Outlook 2017. Facts, figures and trends in Europe» JRC виділяє п'ять секторів європейського ринку технологій «інтелектуальних» енергомереж, що розвиваються найдинамічніше: передові вимірювальні інфраструктури (AMI), інтеграція розподіленого виробництва електроенергії, датчики, сучасні технології передачі енергії на відстань та електромобілі.

Згідно з даними американської консалтингової компанії Frost & Sullivan, середньорічний темп зростання європейського ринку AMI у період з 2011 по 2016 роки становив 26,9%. У 2011 році обсяг європейського ринку AMI складав 1,1 мільярда доларів США, а до 2016 року цей показник досяг 3,7 мільярда доларів США. Інфраструктура AMI включає в себе інтелектуальні датчики, інфраструктуру передачі даних (MCI) і системи управління даними (MDM). Значна державна підтримка забезпечила розвиток та впровадження інтелектуального вимірювального обладнання в Європі, хоча через відсутність єдиного підходу цей процес йде по-різному в різних країнах.

Згідно з даними Єврокомісії, до 2020 року планується замінити понад 200 мільйонів лічильників електроенергії і 45 мільйонів лічильників газу на інтелектуальні. До цього часу такі пристрої будуть встановлені у 72% споживачів електроенергії і 40% споживачів газу. Зокрема, одним з основних завдань енергетичної політики країн ЄС, визначених у Директиві з електроенергії, є оснащення не менше 80% споживачів «інтелектуальними» вимірювальними системами до 2020 року.

Цей процес впровадження інтелектуальних систем вимірювання є критично важливим для підвищення ефективності енергомереж і забезпечення надійного постачання енергії. Інтелектуальні лічильники надають можливість для більш точного обліку споживання енергії, що сприяє зниженню втрат та підвищенню енергоефективності. Крім того, вони дозволяють споживачам

краще контролювати та керувати своїм енергоспоживанням, що може призвести до зниження витрат на електроенергію.

У цілому, розвиток і впровадження технологій Smart Grid у Європі є важливим кроком до створення більш стійкої та ефективної енергетичної системи. Це не тільки допоможе зменшити викиди парникових газів і підвищити енергоефективність, але й сприятиме економічному зростанню завдяки розвитку нових ринків і технологій.

Зобов'язання країн-учасників щодо визначення плану впровадження «розумних» лічильників створюють необхідний імпульс для розгортання програм розвитку Smart-систем у Європейському Союзі. Зокрема, різні країни мають свої стратегії та цілі:

- Франція: У вересні 2010 року прийнято програму, яка передбачає встановлення 95% «інтелектуальних» лічильників до 2017 року.
- Німеччина: Законом від січня 2010 року передбачено установку Smart-лічильників у нових будівлях, будівлях, що реконструюються, або на вимогу споживача.
- Великобританія: Урядове доручення передбачає впровадження «інтелектуальних» лічильників у період з 2012 по 2020 роки.
- Іспанія: Згідно з Королівським декретом (1110/2007) та Наказом міністра (2860/2007), до 31 грудня 2018 року всі електромагнітні лічильники електроенергії мають бути замінені на «інтелектуальні» [17].

За даними ABI Research, обсяг поставок виробниками «розумних» лічильників у Європі за підсумками 2017 року досяг 23,1 мільйона пристроїв. Зростання продажів таких пристроїв обумовлено великою затребуваністю розумних приладів обліку у Франції, Італії, Великобританії та Іспанії.

Впровадження «інтелектуальних» лічильників є важливим кроком до підвищення енергоефективності та покращення управління енергоспоживанням. Ці пристрої дозволяють точніше обліковувати

споживання енергії, зменшують втрати та сприяють більш ефективному використанню енергоресурсів. Крім того, вони надають споживачам можливість краще контролювати своє енергоспоживання, що може призвести до зниження витрат на електроенергію.

Загалом, зобов'язання європейських країн щодо впровадження «інтелектуальних» лічильників підкреслюють важливість розвитку Smart Grid технологій. Це не лише сприяє покращенню енергетичної інфраструктури, але й підтримує зусилля зменшення викидів парникових газів та підвищення стійкості енергетичних систем.

В результаті, програми впровадження «інтелектуальних» лічильників у Європі відіграють ключову роль у модернізації енергетичного сектору, сприяючи сталому розвитку та економічному зростанню.

На сучасному етапі сталого розвитку енергетики технічні засоби інтелектуальної мережі Smart Grid мають вирішальне значення для реалізації положень цієї концепції. Перспективні технічні засоби можна класифікувати на такі основні групи:

1. Інтелектуальні датчики інформації, контрольно-вимірювальні засоби, прилади обліку та контролю.
2. Системи збору і передачі даних, що включають розподілені інтелектуальні пристрої та аналітичні інструменти для підтримки комунікацій на рівні об'єктів енергосистеми.
3. Інтелектуальні системи прогнозування, підтримки та прийняття рішень, зокрема інтелектуальні адаптивні системи захисту та автоматики з функцією автоматичного відновлення живлення.
4. Вдосконалені технології та активні силові компоненти електричної мережі.
5. Інтегровані системи інформаційного обміну.

Відповідно до концепції Smart Grid, майбутня мережа не матиме ієрархічної структури. Великі споживачі будуть інтегровані поряд із

численними малопотужними джерелами енергії, а також окремими потужними станціями, регуляторами напруги та компенсаторами реактивної потужності. Це буде складна, розгалужена мережа, оснащена «інтелектуальними» лічильниками, що дозволить реалізувати динамічне управління електричними мережами, регулювання попиту, підвищення безпеки, а отже, і надійності та якості енергопостачання.

Для стимулювання впровадження інноваційних проектів Євросоюз відшкодовує компаніям-піонерам половину витрат на їх реалізацію. Завдяки впровадженню новітніх технологій, європейські країни розраховують щорічно заощаджувати близько 7,5 мільярдів євро.

Цей підхід забезпечить стабільність та надійність енергосистем, підвищить їх ефективність та стійкість до збоїв. Впровадження Smart Grid технологій сприятиме зменшенню втрат енергії, покращенню управління енергоспоживанням і забезпечить гнучкість у реагуванні на зміни в енергетичних потребах. Таким чином, модернізація та впровадження інноваційних технологій у енергетичну інфраструктуру є ключовими для сталого розвитку та енергетичної безпеки як у розвинених країнах, так і у країнах, що розвиваються.

В Україні розпочато роботу над застосуванням новітніх революційних технологій в національній енергосистемі. У 2014 році Міністерство енергетики та вугільної промисловості уклало контракт з бельгійською компанією Tractebel на розробку техніко-економічного обґрунтування проекту. Вже прийнято більшу частину технічних стандартів для автоматизації мереж. Запропоновано впровадження ряду пілотних технологій та проектів Smart Grid на рівні Системного Оператора. Проект розумних мереж реалізується в рамках Проекту передачі електроенергії-2, що фінансується МБРР за підтримки Фонду Чистих Технологій із сумою кредиту 48,5 мільйонів доларів.

У 2018 році Україна розпочала співпрацю з південнокорейськими енергетичними компаніями для впровадження Smart Grid технологій. Вважається, що така співпраця та практичний досвід Південної Кореї у розвитку та впровадженні Smart Grid технологій допоможуть обрати пріоритетні заходи з найбільшою ефективністю та мінімальними затратами. Це сприятиме створенню концепції комплексного впровадження «розумних мереж» в Україні до 2035 року та середньострокового плану заходів, забезпечить зменшення втрат електроенергії під час її передачі та розподілу електричними мережами.

Для впровадження технологій Smart Grid необхідна масштабна автоматизація підстанцій. Наразі триває другий проект з передачі електроенергії (ППЕ-2), який реалізується спільно з Міжнародним банком реконструкції та розвитку. Проект включає компоненту Smart Grid, в рамках якої будуть реалізовані декілька технологічних систем, що забезпечать покращення спостережності та керованості ОЕС України, кращу інформаційну взаємодію між підприємствами електроенергетики та прозорість щодо стану мереж для кінцевих споживачів.

Робоча група з впровадження технологій Smart Grid здійснила інспектування потенційних майданчиків для реалізації пілотних проектів в електричних мережах. Зокрема, АТ «Хмельницькобленерго» є однією з перших українських енергокомпаній, де планується впровадження технологій «розумних мереж». Розглядається кілька майданчиків для реалізації пілотних проектів за участю провідних енергокомпаній світу.

Варто зазначити, що впровадження Smart Grid не є регуляторною вимогою, а добровільним рішенням компаній-операторів електромереж. Вони самі вирішують, наскільки відповідатимуть цим стандартам і наскільки якісними будуть їхні послуги та власна ефективність.

Висновок до розділу 2:

Впровадження технологій Smart Grid в Україні сприяє підвищенню надійності енергопостачання, енергетичній безпеці, енергоефективності та екологічній гармонізації. Використання сучасних технологій, таких як Smart Metering, системи управління попитом та пристрої зберігання енергії, створює нові можливості для розвитку енергосистем. Досвід розвинених країн свідчить про ефективність інтеграції цих технологій у енергетичні системи. Проблеми кібербезпеки та високі початкові витрати залишаються викликами, але перспективи розвитку Smart Grid технологій є обнадійливими.

РОЗДІЛ 3 ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ МІСЬКОГО ТИПУ

Розглянемо трансформаторну підстанцію, розташовану на території студмістечка нашого університету. Припустимо, що трансформаторна підстанція (ТП) живить шість споживачів (п'ять житлових будинків (гуртожитки 3, 4, 5, 6 та викладацький, а також один навчальний корпус). Всі споживач мають II категорію за надійністю, а тому мають відповідні вимоги до їх підключення.

Розглянемо графіки активного навантаження гуртожитків у зимовий (рисунок 3.1) та в літній (рисунок 3.2) періоди.

Рисунки 3.1 та 3.2 показують бачити суттєву нерівномірність графіків навантаження у гуртожитках, викривлення яких сильно залежать від певних умов (сезон року, година доби, погодні умови і т.д. – все це впливає на сумарне навантаження в конкретний момент часу). Тому на даний момент питання впровадження прогнозування споживання електричної енергії у даних споживачів – дуже важлива.

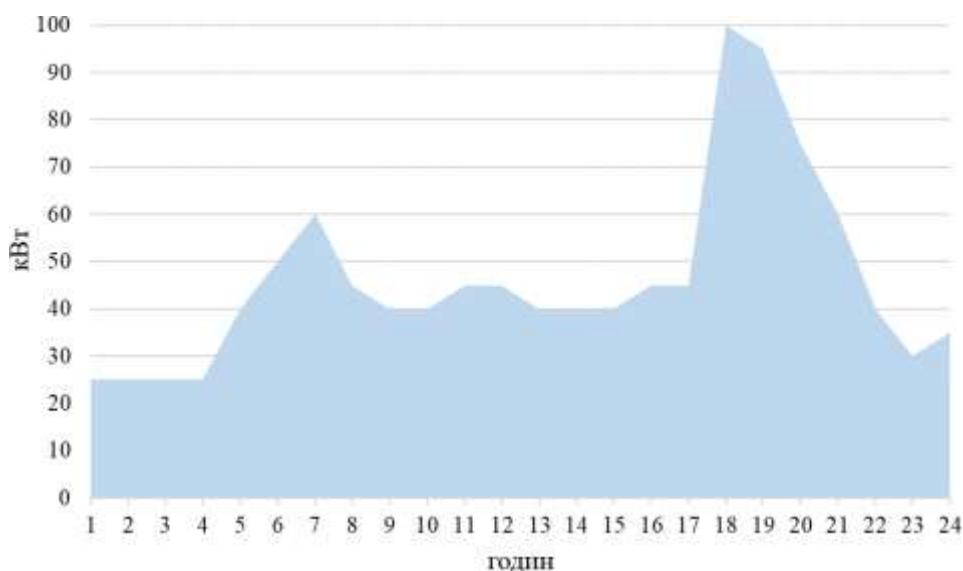


Рисунок 3.1 – Графік активного навантаження гуртожитків у зимовий період

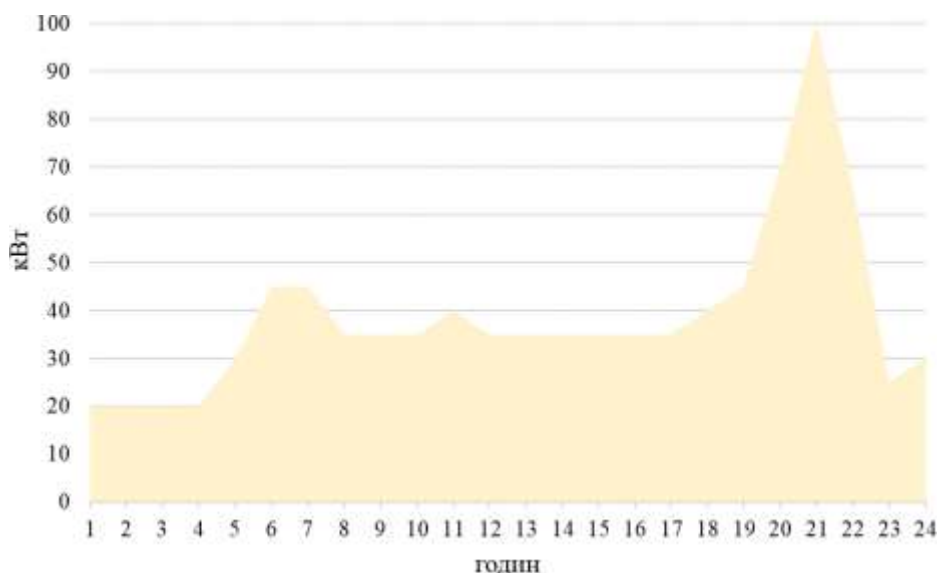


Рисунок 3.2 – Графік активного навантаження міських житлових будинків у літній період

Питання обліку та прогнозування є дуже важливими насамперед для оператора системи розподілу, що безпосередньо впливає на визначення обсягу корисного відпуску споживачам, яке потім формує тарифи за розподіл електричної енергії згідно.

Якщо говорити про підстанцію, яку ми розглядаємо, то існує можливість забезпечення її моніторингом та можливістю збору даних, яку необхідно проаналізувати.

Розглянемо конструктивні особливості підстанції 10/0,4 кВ. Зовнішній вигляд ТП-459 зображено на рисунку 3.3.

З точки зору конструкційного виконання комплектна трансформаторна підстанція (КТП) має збірну конструкцію. Всі технічні характеристики підстанції зведені в таблицю 3.1.



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд ТП 459, що розташована на території університету

Таблиця 3.1 – Конструктивні характеристики розглянутої трансформаторної підстанції

Ознаки	Виконання
Тип силового трансформатора	Оливний трансформатор
Спосіб виконання нейтралі Трансформатор на стороні НН	Глухозаземлена нейтраль
Взаємне розташування виробів	Дворядне
Число трансформаторів	З 2-ма трансформаторами
Виконання відхідних ліній	Кабелем униз або нагору
Кліматичне виконання і категрія розміщення	УЗ
Тип автоматичних вимикачів	Зі стаціонарними вимикачами
Потужність ТМЗ-630, кВА	630
Частота змінного струму, Гц	50
Номінальна напруга ВН/НН, кВ	10/0,4

3.1 Моніторингу роботи трансформаторної підстанції ТП-459

Вважаємо, що на трансформаторній підстанції вже встановлено інтелектуальні прилади обліку електричної енергії. Лічильник складається з двох однофазних 4-х квадрантних датчиків вимірювання активної та реактивної енергії, включених по схемі Арона і інтерфейсного блоку. Цей прилад обліку електроенергії вимірює миттєві значення фізичних величин і може бути використаний як вимірювач параметрів: напруги мережі, струму, частоти мережі, активної і реактивної потужності. Але для створення цифрової підстанції існує необхідність і в інших приладах моніторингу та віддаленого керування. Розглянемо концепцію цифрової підстанції на прикладі порівняння її з звичайною. Схематичне зображення звичайної підстанції зображено на рисунку 3.4 [18].

Відповідно до рисунку 3.4 можна скласти стислий план рішень по модернізації даної підстанції 10/0,4 кВ. Стислий план зводимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Можливості, щодо модернізації звичайної ТП

Елемент	Модернізація	Поточний стан
Керування	Системи цифрового управління, інтерфейси користувача	Відсутні
АСКОЕ	Прилади обліку	Уже обладнано цифровими приладами
Інше	Системи моніторингу стану трансформаторів, ізоляції та тд	Відсутні

Як бачимо з рисунку 3.4, на вищому рівні (рівні підстанції) розміщені системи віддаленого моніторингу Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) або Application Performance Management (APM). Ці системи дозволяють проводити віддалений моніторинг та великої кількості різноманітних пристроїв. Одним із ключових процесів цих систем є можливість контролювати всю систему в режимі реального часу. Це виконує функція збору даних. Вона включає в себе зчитування лічильника та

перевірку стану датчиків. Ці точки передачі даних передаються через стандартні інтервали залежності від системи.

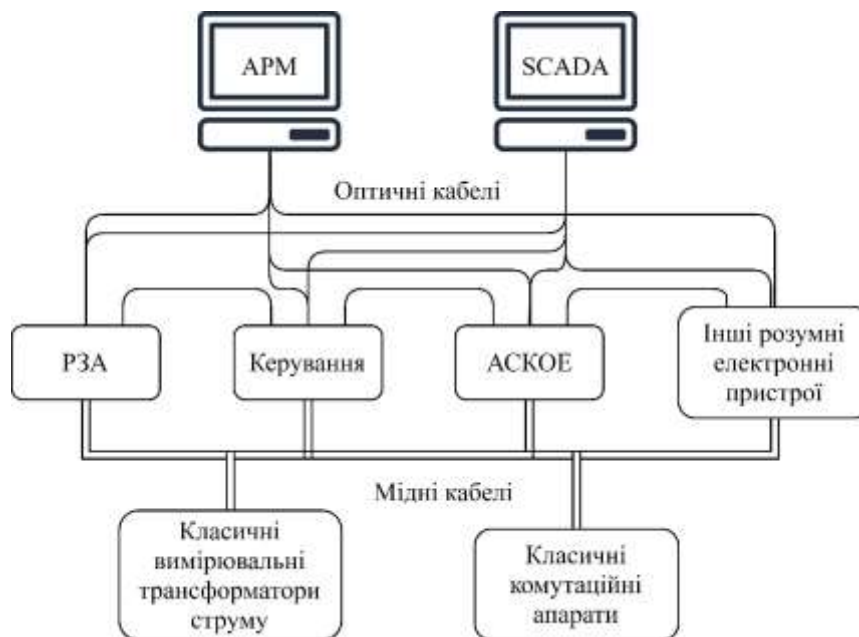


Рисунок 3.4 – Схематичне зображення звичайної ТП

Людина здатна взаємодіяти з такою системою для зміни параметрів або внесення змін, коли це необхідно. Обладнання для моніторингу SCADA також можна розглядати як систему з багатьма елементами даних, які називаються точками. Кожна точка є монітором або датчиком, і ці точки можуть бути жорсткими або м'якими. Важкою точкою даних може бути фактичний монітор. Слабка точка може розглядатися як додаток або програмний розрахунок. Елементи даних із твердих та м'яких точок зазвичай завжди зберігаються та реєструються для створення часової позначки чи історії.

Верхній рівень поєднує релейний захист, автоматику, управління, облік електроенергії і багато іншого. В дійсності, все це перетворюється на досить велику кількість пристроїв, що з'єднані мідними кабелями для живлення і передачі даних. Причому для передачі одного сигналу

використовуються дві жили кабелю - позитивної і негативної полярності оперативної напруги. Аналогічно розглянемо схематичне зображення одного з варіантів цифрової підстанції, що зображено на рисунку 3.6.

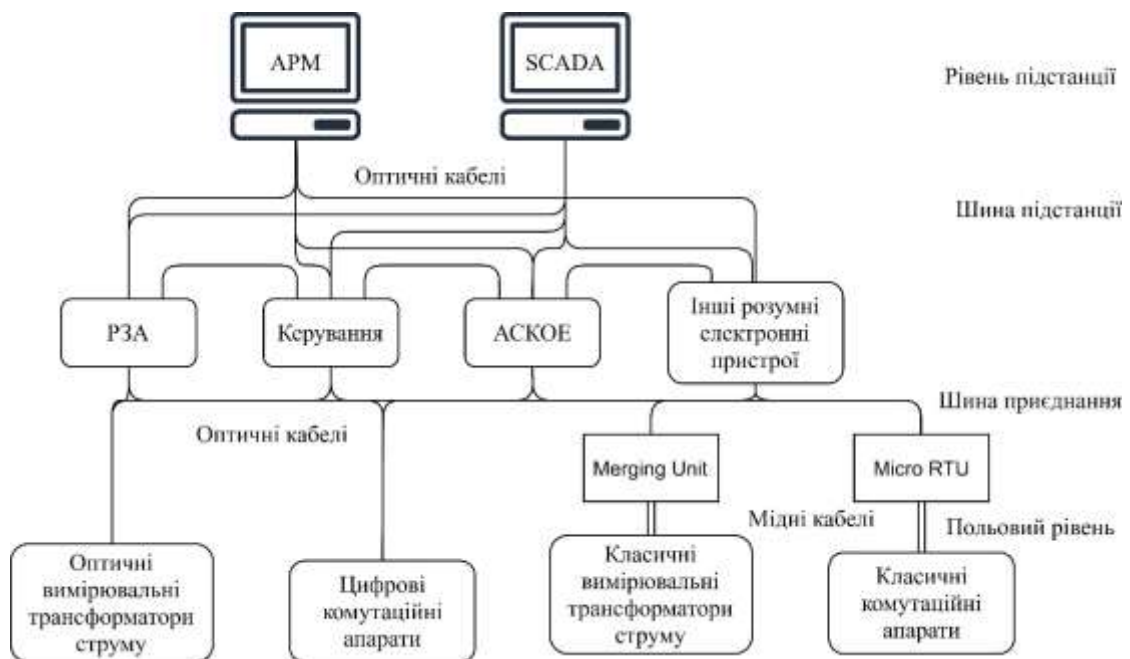


Рисунок 3.6 – Схематичне зображення цифрової ТП

Передача інформації між пристроями польового рівня і рівня приєднання, а також між різними пристроями рівня приєднання, здійснюється за допомогою шини процесу. Обмін даними на рівні підстанції, а також від пристроїв рівня приєднання до пристроїв рівня підстанції, здійснюється за допомогою шини підстанції [19].

Польовий рівень поєднує всі інтелектуальні модулі. Комутаційні апарати та вимірювальні трансформатори. В даний час випускається обладнання, яке оснащено інтелектуальними блоками для підключення до інформаційної мережі підстанції безпосередньо. В іншому випадку при використанні класичних варіантів обладнання необхідно перевести на роботу з цифровими сигналами. Для цього використовують спеціальні модулі: перетворювачі аналогових сигналів (Merging Units) для обробки даних від вимірювальних

трансформаторів і виносні пристрої зв'язку з об'єктом (Micro RTU) для підключення комутаційних апаратів.

Серед сучасного силового обладнання, що випускається спеціально для цифрових підстанцій, окремо слід виділити вимірювальні трансформатори струму і напруги нового покоління - оптичні трансформатори. Унікальність цього обладнання полягає в тому, що в основі їх роботи лежать не електромагнітні, а оптичні ефекти. Такі вимірювальні трансформатори об'єднують в одному пристрої оптичний блок і блок електроніки. Перший розташований в зоні високої напруги і за принципом дії є елементом, чутливим до струму або до напруги. На виході оптичного блоку формується аналоговий світловий сигнал. Блок електроніки перетворює цей сигнал в цифровий і перетворює його в дані, зручні для передачі по логічній обчислювальній мережі підстанції.

Устаткування рівня приєднання - це мікропроцесорні термінали релейного захисту, систем управління, блокування тощо. Ці пристрої приймають дані від устаткування польового рівня і видають команди управління комутаційними апаратами, а також мають інформаційний зв'язок з обладнанням рівня підстанції. На рівні підстанції будемо мати: щити управління, мнемосхеми, системи диспетчерського управління та збору даних. На цьому рівні акумулюється величезна кількість інформації про стан обладнання і режимах роботи підстанції.

Відповідно до зазначеного вище порівняння, для створення на базі ТП «Інтелектуальної трансформаторної підстанції» можна запропонувати вирішення таких питань:

- 1) забезпечити дистанційне керування комутаційними апаратами на підстанції.
- 2) змінити існуючі вимикачі на сучасніші типи (елегазові, вакуумні, оливні).
- 3) встановити систему моніторингу технічного стану силового

трансформатору.

Умови роботи трансформаторів є відносно поганими. За високих температур тільки охолодження трансформаторної оливи може гарантувати роботу трансформатора добре та надійно, інакше це може спричинити вихід його з ладу. Трансформаторна олива також є ізолюючим середовищем, яке відіграє важливу роль у трансформаторі. Воно має важливе значення для внутрішнього ізоляційного пристрою силового трансформатора. Отже, важливим є поняття моніторингу умов, в якому знаходиться трансформатор[20].

Моніторинг стану силових трансформаторів, як правило, вважається однією з найважливіших методик моніторингу стану в енергосистемах.

Позапланові відключення трансформаторів через неочікувані відмови в багатьох випадках катастрофічні. Діагностика та правильний моніторинг відіграють ключову роль у тривалості життя силового трансформатора.

4) забезпечити контроль за станом ізоляції та заземлення.

У нормальних умовах в мережах з ізольованою нейтраллю напруга всіх трьох фаз по відношенню до землі рівна фазній напрузі. При замиканні на землю напруга пошкодженої фази щодо землі дорівнює нулю, а напруга непошкоджених фаз збільшується до міжфазної. Через малий струм КЗ режим роботи приймачів електроенергії не порушується, тому мережа може працювати протягом двох годин без відключення. Однак тривала робота в такому стані може викликати перехід однофазного КЗ на землю в міжфазне коротке замикання. Тому в мережах з ізольованою нейтраллю передбачають спеціальні пристрої для контролю стану ізоляції щодо землі.

Основні переваги системи електропостачання, обладнаної приладами моніторингу ізоляції:

- безперервність роботи - у разі першої несправності (з'єднання між системою електроживлення та несправністю земля - земля) мережа все ще працює;

- негайний огляд стану мережі, постійний моніторинг рівня ізоляції наземлю
- швидке виявлення несправних пристроїв шляхом негайної сигналізації пристроєм контролю ізоляції
- менший ризик ураження електричним струмом для оператора та підвищена пожежна безпека
- запобігання відключень, операції можуть продовжуватися у разі першої несправності землі

Пристрої моніторингу ізоляції також можуть бути обладнані дисплеєм, який показує точні числові значення опору ізоляції та дозволяють контролювати зміни стану ізоляції до виникнення першої несправності заземлення.

3.2 Економічна оцінка модернізації підстанції

Проведемо економічну оцінку встановлення підстанції без можливості її модернізації, але з посиленням плановим технічним обслуговуванням. Вартість планового технічного обслуговування звичайної трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ становить від 4000 грн./місяць. В цю ціну входить:

- перевірка металозв'язку з заземлюючими пристроями;
- вимірювання опору ізоляції кабельних ліній, вторинних ланцюгів;
- випробування підвищеною напругою;
- вимірювання опору обмоток постійному струму силових трансформаторів. Перевірка пристроїв релейного захисту на відповідність уставок лінії наяку напрямлений захист;
- випробування вакуумних, масляних вимикачів і контуру заземлення.

Дистанційне керування комутаційними апаратами на підстанції можна забезпечити заміною вже існуючих комутаційних апаратів на два вимикачі EasyPact EXE, які через стандарт RS-485 можуть під'єднатися до вже існуючої системи моніторингу та керування.

Система TDM-10/0,4 RS-485 контролює шість параметрів трансформаторів в режимі моніторингу: температуру і рівень оливи, рівень вологи в оливному баку, вібрацію бака трансформатора, розрядну активність в баку і тиск. Використання таких систем дозволить швидко виявити проблему та прийняти відповідні рішення для вирішення.

Проводимо розрахунок вартості сумарного додаткового обладнання для стандартної ТП 10/0,4 кВ з урахуванням рішень наведених у пункті 3.1. Вартість приладів використаних приладів визначено згідно.

Результати зводимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Кошторисно-фінансовий розрахунок додаткового обладнання стандартної ТП 10/0,4 кВ

Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення	Одиниця виміру (грн/од)	Кількість (шт чи км)	Повна вартість, грн
Вакуумний вимикач	EasyPact EXE	95809,22	2	191618,4
Реле контролю стану ізоляції КРП	IDR-10	33 000	1	33 000
Система моніторингу оливних силових трансформаторів	TDM-10/0.4 RS-495	22 589	2	45 178

Порівняємо затрати на закупку лише цієї неповної частини додаткового обладнання моніторингу і дистанційного керування з вартістю двох силових трансформаторів ТМЗ-630, вартість одного становить 143914 грн.. Отже, лише частина необхідного обладнання для моніторингу стану трансформатора витрачає 269796,4 грн., що становить майже 94% від вартості двох силових трансформаторів ТМЗ-630, встановлених на даній трансформаторній підстанції[21].

Проведемо аналітичний розрахунок затрат на обслуговування даної підстанції без урахування модернізації, але з постійним плановим технічним обслуговуванням, за 5 років. Інфляцію приймаємо на рівні 1,8% .

$$C_{\Sigma \text{обсл.г.і.}} = \sum_{i=0}^n [C_{\text{обсл.г.і.}} \cdot (1+I)^i], \quad (3.1)$$

$C_{\text{обсл.г.і.}}$ - витрати на обслуговування ТП за один рік, грн.; I - рівень інфляції, в.о.; i - рік.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.4 та порівняємо з витратою на модернізації.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку вартості обслуговування

Рік	Витрати на обслуговування за і-тий рік, грн	Сумарні витрати на поточний рік, грн
0	48000	48000
1	48864	96864
2	49743,55	146607,6
3	50638,94	197246,5
4	51550,44	248796,9
5	52478,34	301275,3

Отже, ми бачимо, що сумарні витрати повного технічного обслуговування перевищують витрати на модернізацію лише після четвертого року експлуатації даної ТП.

Обладнання запропоноване для модернізації не виконує всіх необхідних функцій, що зможе виконати дана бригада. З системою моніторингу ми будемо мати переваги у довгостроковій перспективі, але спочатку необхідно зробити великий фінансовий вклад.

Висновок до розділу 3:

Інтелектуалізація електричних мереж міського типу є важливим кроком до забезпечення стабільного і ефективного енергопостачання. Приклад трансформаторної підстанції у студмістечку університету демонструє важливість моніторингу та прогнозування споживання електроенергії для оптимізації роботи системи. Використання сучасних інструментів моніторингу, таких як SCADA та APM, дозволяє здійснювати віддалений моніторинг та управління, підвищуючи надійність та ефективність роботи електромереж.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі дипломної роботи розглянуті заходи з охорони праці під час обслуговування електричних мереж оперативно-ремонтним персоналом. На оперативно-ремонтний персонал, що здійснює експлуатацію електричних мереж, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [22, 23]:

- фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

- хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

- фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

4.1.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць на висоті

Всі роботи, які проводяться в електроустановках, що не вимагають оформлення наряду, виконуються: за розпорядженнями осіб, уповноважених на це відповідно до [24], з попереднім оформленням у журналі обліку робіт за нарядами і розпорядженнями або в оперативному журналі; в порядку поточної експлуатації. Розпорядження про проведення робіт має разовий характер. Термін його дії визначається тривалістю робочого дня виконавців. За

необхідності продовження роботи, в разі зміни її умов або складу бригади, розпорядження віддається знову.

Працівник, який віддав розпорядження, призначає керівника робіт (наглядача), членів бригади, визначає можливість безпечного проведення робіт і визначає необхідні для цього організаційні та технічні заходи.

Розпорядження записується в журнал обліку робіт за нарядами і розпорядженнями особою, яка його віддала, або оперативним працівником, де вказується: ким віддано розпорядження; зміст і місце роботи; заходи безпеки; час виконання роботи; прізвища, ініціали, групи з електробезпеки керівника робіт (наглядача) і всіх членів бригади. Змінювати склад бригади, що працює за розпорядженням, в процесі роботи забороняється.

Розпорядження про роботу віддається керівнику робіт і допускачеві або працівникові, який дає дозвіл на підготовку робочого місця і на допуск. В електроустановках без місцевих чергових працівників в тих випадках, коли допуск до роботи не вимагається, розпорядження може бути віддано безпосередньо працівнику, який виконує роботу. Інформація про закінчення робіт, виконаних за розпорядженням, повідомляється працівникові, який віддав розпорядження, з відповідним записом у журналі.

До робіт на висоті і верхолазних робіт допускаються навчені особи, стан здоров'я яких має відповідати медичним вимогам, встановленим для даних видів робіт («Положення про медичний огляд працівників певних категорій»). Працівники, які виконують верхолазні роботи, повинні мати відповідний запис в посвідченні про перевірку знань.

До самостійних верхолазних робіт допускаються особи віком не молодші 18 років, які мають стаж верхолазних робіт не менше одного року і кваліфікаційний розряд не нижче четвертого. Робітники, які вперше допускаються до верхолазних робіт, протягом одного року повинні працювати під безпосереднім наглядом досвідчених спеціалістів, призначених наказом

керівника підприємства. Працівники мають бути навчені безпеці праці до початку виконання верхолазних робіт.

Драбини, риштування, помости, кігті, лази та інші пристосування, що застосовуються для виконання робіт на висоті і верхолазних робіт, повинні бути сертифіковані, а також відповідати вимогам «Правил безпеки під час роботи з інструментом і пристроями».

Під час виконання робіт, коли немає можливості закріпити строп запобіжного поясу за конструкцію або опору, слід користуватися страхувальним канатом, що є відповідним до [25]. В цьому разі строп запобіжного паска заводиться за конструкцію, деталь опори тощо. Виконувати цю роботу повинні дві особи, друга особа в міру необхідності попускає чи натягує канат.

Під час роботи на конструкціях, під якими розташовані струмопровідні частини, що перебувають під напругою, ремонтні пристосування і інструмент прив'язуються для запобігання їх падінню. Застосовувати в цих випадках монтерські запобіжні паски зі стропами з металевого ланцюга забороняється. Подавати деталі на конструкції чи устаткування слід за допомогою «нескінченного» канату. Працівник, який стоїть внизу, повинен утримувати канат для запобігання його розгойдуванню і наближенню до струмопровідних частин. Працівники, які виконують роботи на висоті або верхолазні роботи, повинні бути в спецодязі, що не заважає рухам. Особистий інструмент слід зберігати в сумці.

Працівники, що здійснюють нагляд за членами бригади, які виконують верхолазні роботи або роботи на висоті, можуть розташовуватися на землі. Обслуговування освітлювальних пристроїв, розташованих на стелі машинних залів і цехів підприємств, з візків мостового крану слід провадити не менш ніж двома працівниками, один з яких з групою III. Під час виконання робіт з використанням крану ремонтникам має бути виданий наряд-допуск.

4.1.2 Електробезпека

Основні технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) виконання технічних заходів під час підготовки робочого місця,
2) застосування під час обслуговування електроустановок електрозахисних засобів.

1) Під час підготовки робочого місця для роботи, яка вимагає знімання напруги, слід виконати у зазначеній послідовності такі технічні заходи:

- провести необхідні вимкнення і вжити заходів щодо запобігання помилковому або самочинному вмиканню комутаційної апаратури;

- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційної апаратури. За необхідності струмопровідні частини слід огорожувати;

- приєднати до "землі" переносні заземлення;

- перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах, на які слід встановити заземлення. Якщо переносні заземлення планується ставити поблизу струмопровідних частин, що не входять в зону робочого місця, то їх огороження слід встановити до перевірки відсутності напруги та заземлення;

- встановити заземлення (увімкнути заземлювальні ножі, приєднати до вимкнених струмопровідних частин переносні заземлення) безпосередньо після перевірки відсутності напруги та вивісити плакати "Заземлено" на приводах вимикальних комутаційних апаратів;

- огородити, у разі необхідності, робочі місця або струмопровідні частини, що залишились під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов струмопровідні частини огорожують до або після їх заземлення.

2) Під час обслуговування електроустановок повинні застосовуватись засоби захисту від ураження електричним струмом, від впливу електричного поля, а також засоби індивідуального та колективного захисту. Ізолювальні електрозахисні засоби поділяються на основні і додаткові. До основних

ізолювальних електрозахисних засобів, які повинні застосовуватись в електроустановках напругою понад 1000 В, відносяться: ізолювальні штанги всіх видів, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, показчики напруги, пристрої для створення безпечних умов праці під час проведення випробувань і вимірювань в електроустановках (показчики напруги для фазування, показчики пошкодження кабелів та ін.); до додаткових – діелектричні рукавички, діелектричне взуття, діелектричні килими, ізолювальні підставки, ізолювальні накладки, ізолювальні ковпаки, штанги для перенесення та вирівнювання потенціалу, сигналізатори напруги, захисні огороження (щити, ширми), переносні заземлення, плакати та знаки безпеки та інші засоби захисту.

Крім наведених вище засобів захисту в електроустановках повинні застосовуватись такі ЗІЗ: захисні каски – для захисту голови; захисні окуляри і щитки – для захисту очей і обличчя; протигази і респіратори – для захисту органів дихання; рукавиці – для захисту рук; запобіжні пояси та страхувальні канати.

Вибір необхідних електрозахисних засобів, засобів захисту від дії ЕП, а також ЗІЗ регламентується [26], а також іншими відповідними нормативними документами (НД) з урахуванням місцевих умов. У разі застосування основних ізолювальних електрозахисних засобів достатньо використовувати один додатковий засіб, крім випадків, що обумовлені в цих Правилах. У разі необхідності захисту працівника від напруги кроку дозволяється використовувати діелектричне взуття без застосування основних засобів захисту.

За безпечність конструкції, правильність вибору матеріалів, якість виготовлення, а також за відповідність засобів захисту чинним в Україні нормативним документам повинні нести відповідальність керівники підприємств, установ, організацій (незалежно від форми власності), що виготовляють ці засоби захисту, орган, який видав сертифікат на виробництво

та на реалізацію захисних засобів, в тому числі і засобів захисту зарубіжного виробництва.

Керівники підприємств, установ, організацій та інші посадові особи несуть персональну відповідальність за виконання вимог цих Правил у межах покладених на них завдань та функціональних обов'язків згідно з чинним законодавством. Працівників, які обслуговують електроустановки, необхідно забезпечити усіма необхідними засобами захисту, навчити правилам користування цими засобами і зобов'язати застосовувати їх для створення безпечних умов праці.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення [27].

Таблиця 4.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [27]:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури

повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

В умовах даних робіт можливим забруднювачем являється нетоксичний пил.

Таблиця 4.2 – Концентрація шкідливих речовин в повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середня добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для видалення шкідливих домішок з повітря у виробничих приміщеннях проектом передбачено застосування вентиляції і кондиціювання повітря [28].

Природню аерацію в теплу пору року можна регулювати за допомогою фрамуг, які встановлюються у віконних проїмах і через витяжні ліхтарі, які встановлюються на даху приміщення – це безканальна вентиляція. Більш активна вентиляція забезпечується пристроєм вентиляційних каналів, які споруджуються у стінах приміщення. При цьому для підсилення швидкості руху повітря на виході теплого повітря зовні, а саме на трубі, яка розташовується на даху будівлі, встановлюють спеціальні камери-патрубки.

Природна вентиляція не передбачає підігрів та зволоження повітря, яке поступає у приміщення, і очистка від пилу повітря, яке видаляється на зовні, тому для досягнення максимального рівня вентиляції ще використовують механічну вентиляцію.

4.2.3 Виробниче освітлення

У приміщенні використовується штучне та природне освітлення.

Система штучного освітлення – комбінована, оскільки поряд із загальним освітленням (тип джерела освітлення – лампи світлодіодні) використовуються індивідуальні джерела світла (настільні світильники з лампами світлодіодними).

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та суміщеному освітленні (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8], характеристика зорової роботи – дуже високої точності, розряд зорової роботи – II, підрозряд – в) зазначені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3 включно	II	в	малий середній великий	світлий середній темний	1500	200	-	4,2

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

4.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським

вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Основні параметри виробничого шуму на постійних робочих місцях в промислових приміщеннях [29] наведені у таблиці 4.4.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Таблиця 4.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

4.2.5 Виробнича вібрація

У приміщеннях присутня вібрація типу – За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання. Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні [30] приведені у таблиці 4.5.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

Таблиця 4.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$	ДБ	$\text{м}\cdot\text{с}^{-2}\cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Z_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92

4.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [31]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [32], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою.

Приміщення підстанцій, де встановлене електрообладнання, за вибухонебезпечною та пожежонебезпечною відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В з зонами П-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини).

Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежо-вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Будівля підстанцій характеризуються II ступенем вогнестійкості.

До II ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходи-вих кліток	само-несучі	зов-ніш-ні не-несу-чі	внут-рішні не-несучі (пере-город-ки)				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 4.7.

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.8 (знаменник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у

таблиці 4.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських споруд слід приймати за таблицею 4.8 (знаменник).

Таблиця 4.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Таблиця 4.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
I, II	6/9	8/9	10/12

На території електричної підстанції встановлено переносні вогнегасники: порошкові ВП-8, газові ВВК-7 і пересувні ВП-100 .

Висновок до розділу 4:

Розглянуто фізичні, хімічні та трудові фактори, що впливають на оперативно-ремонтний персонал. Визначені ключові аспекти безпеки, такі як мікроклімат, виробничий шум, вібрація, освітлення, а також хімічні речовини і аерозолі. Особливу увагу приділено важкості і напруженості праці. Запропоновані технічні рішення для безпечної експлуатації об'єктів, зокрема щодо організації робочих місць на висоті та контролю стану ізоляції і заземлення. Впровадження інтелектуальних систем моніторингу сприятиме зниженню ризиків для персоналу і підвищенню загальної безпеки робіт.

ВИСНОВОК

Інтелектуалізація електричних мереж, або концепція "смарт-грид" (Smart Grid), є ключовою темою в сучасній енергетиці. Її мета полягає у підвищенні ефективності, надійності та стійкості електричних мереж, а також інтеграції відновлюваних джерел енергії. Одним із головних аспектів цієї трансформації є моніторинг, який забезпечує збір, аналіз та управління даними для підтримки стабільної роботи мережі.

Моніторинг є фундаментальною складовою інтелектуальних мереж, забезпечуючи постійне спостереження за станом електричної системи. Операційні центри отримують у реальному часі дані про напругу, струм, частоту та інші параметри мережі. Це дозволяє виявляти аномалії, попереджувати аварії та оптимізувати роботу системи.

Ключові компоненти моніторингових систем включають:

- Сенсори та датчики: Вони встановлюються у різних точках мережі для вимірювання параметрів, таких як напруга, струм, температура та інші. Вони забезпечують точне та своєчасне отримання даних, що є критично важливим для стабільної роботи мережі.
- Системи збору даних: Ці системи обробляють інформацію, отриману від сенсорів, і передають її до центрів управління. Вони можуть бути інтегровані з технологіями Інтернету речей (IoT), що дозволяє збільшити масштаб і точність моніторингу.
- Аналіз даних та машинне навчання: Отримані дані аналізуються за допомогою алгоритмів машинного навчання та інших методів обробки даних. Це дозволяє передбачати можливі проблеми та приймати превентивні заходи.
- Інтерфейси управління та візуалізації: Вони забезпечують операторів інструментами для перегляду стану мережі у реальному часі, аналізу історичних даних та прийняття рішень на основі отриманої інформації.

Моніторинг в інтелектуальних мережах сприяє підвищенню ефективності електричних систем у кількох аспектах:

- Оптимізація споживання енергії: Збір та аналіз даних дозволяють краще розуміти патерни споживання енергії та оптимізувати її розподіл. Це допомагає знижувати втрати енергії та зменшувати пікові навантаження на мережу.
- Попередження та управління аварійними ситуаціями: Своєчасне виявлення аномалій допомагає швидко реагувати на потенційні аварії, знижуючи ризик масштабних відключень та пошкоджень обладнання.
- Інтеграція відновлюваних джерел енергії: Моніторинг дозволяє ефективно інтегрувати в мережу такі джерела, як сонячні та вітрові електростанції, забезпечуючи стабільність та балансування потужностей.
- Підвищення надійності та стабільності: Постійний моніторинг допомагає підтримувати стабільну роботу мережі, знижуючи ймовірність відключень та підвищуючи загальну надійність електропостачання.

Попри значні переваги, впровадження систем моніторингу в інтелектуальні мережі стикається з рядом викликів:

- Кібербезпека: Збільшення кількості підключених пристроїв та обміну даними підвищує ризики кібератак. Захист мережі від потенційних загроз стає пріоритетним завданням.
- Інтероперабельність: Забезпечення сумісності між різними системами та пристроями від різних виробників потребує стандартів та протоколів, що можуть ускладнювати впровадження.
- Вартість впровадження: Початкові витрати на встановлення сенсорів, збору даних та аналітичних систем можуть бути значними, що вимагає продуманого фінансового планування.

Проте розвиток технологій та зниження вартості компонентів обіцяють подальше поширення інтелектуальних мереж. Удосконалення алгоритмів обробки даних, зростання обчислювальних потужностей та поява нових стандартів сприятимуть ширшому впровадженню систем моніторингу. Моніторинг відіграє ключову роль у процесі інтелектуалізації електричних мереж, забезпечуючи стабільність, ефективність та інтеграцію відновлюваних джерел енергії. Завдяки сенсорам, системам збору та аналізу даних, інтелектуальні мережі можуть адаптуватися до сучасних вимог та викликів енергетичної галузі.

В Україні розвиток електроенергетики спрямований на підвищення надійності енергопостачання, енергетичну безпеку, енергоефективність та екологічну гармонізацію. Використання сучасних технологій, таких як Smart Metering, системи управління попитом та пристрої зберігання енергії, створює нові можливості для розвитку енергосистем. Досвід розвинених країн свідчить про ефективність інтеграції цих технологій у енергетичні системи.

1. Подальший розвиток та вдосконалення інтелектуальних мереж в Україні. Інтеграція сучасних технологій та підвищення рівня автоматизації енергосистем дозволить знизити витрати на енергопостачання та підвищити його надійність.
2. Підвищення кібербезпеки інтелектуальних мереж. Захист інформаційних систем та даних має бути пріоритетним завданням для запобігання можливим загрозам.
3. Розробка та впровадження стандартів та протоколів для забезпечення сумісності різних систем. Це сприятиме інтеграції нових технологій та підвищить ефективність роботи енергосистем.
4. Фінансова підтримка та інвестиції у розвиток інтелектуальних мереж. Забезпечення фінансування для впровадження сучасних технологій дозволить забезпечити стале зростання та розвиток енергетичного сектору.

Впровадження інтелектуальних мереж сприятиме інтеграції відновлюваних джерел енергії в електромережу, підвищуючи її ефективність та стійкість. Інтелектуальні енергетичні системи мають значний потенціал для зменшення викидів парникових газів, що сприяє зниженню впливу на клімат та підвищенню енергетичної безпеки країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Черемісін М. М. Ефективність моніторингу повітряних ліній електропередавання в ожеледних районах / М. М. Черемісін, С. В. Попов, О. А. Савченко, К. О. Шкуро, О. В. Пархоменко. – ДонНТУ, 2013.
2. Черемісін М. М. Особливості впровадження технологій Smart Grid в електроенергетичну галузь України / М. М. Черемісін, В. В. Черкашина, С. А. Попадченко. – ScienceRise, вип. 4 (2). – 2015. – С. 27-31.
3. Bollen, M. H. J., & Hassan, F. (2011). Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions. - Книга про якість електроенергії, включаючи питання моніторингу.
4. Momoh, J. A. (2012). Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis. - Вступ до основ проектування та аналізу інтелектуальних мереж, де розглядаються питання моніторингу.
5. Gungor, V. C., Sahin, D., Kocak, T., Ergut, S., Buccella, C., Cecati, C., & Hancke, G. P. (2013). Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 7(4), 529-539. - Стаття про технології та стандарти комунікацій в інтелектуальних мережах.
6. Farhangi, H. (2010). The Path of the Smart Grid. IEEE Power and Energy Magazine, 8(1), 18-28. - Стаття, яка обговорює розвиток інтелектуальних мереж.
7. Amin, S. M., & Wollenberg, B. F. (2005). Toward a Smart Grid: Power Delivery for the 21st Century. IEEE Power and Energy Magazine, 3(5), 34-41. - Розгляд перспектив інтелектуальних мереж з акцентом на моніторинг.
8. Xu, Y., Liu, Y., & Wang, W. (2011). Communication Systems for Grid Integration of Renewable Energy Resources. IEEE Network, 25(5), 22-29. - Стаття про комунікаційні системи для інтеграції відновлюваних джерел енергії в мережу.

9. Zhang, P., Li, F., & Bhatt, N. (2010). Next-Generation Monitoring, Analysis, and Control for the Future Smart Control Center. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 1(2), 186-192. - Стаття про майбутні технології моніторингу та управління в інтелектуальних мережах.
10. International Energy Agency (IEA). (2011). *Technology Roadmap: Smart Grids*. - Звіт про дорожню карту розвитку смарт-грид технологій, включаючи моніторинг.
11. CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group. (2012). *Smart Grid Reference Architecture*. - Документ про архітектуру інтелектуальних мереж, де обговорюються аспекти моніторингу.
12. U.S. Department of Energy (DOE). (2009). *The Smart Grid: An Introduction*. - Вступ до смарт-грид технологій, включаючи питання моніторингу.
13. Lasseter, R. H., & Paigi, P. (2004). Microgrid: A Conceptual Solution. *IEEE Power Electronics Specialists Conference*, 4285-4290. - Обговорення концепції мікромереж, включаючи їх моніторинг.
14. Almeida, A., & Silva, M. (2018). Real-Time Monitoring Systems for Smart Grids. In *Smart Grids and Their Communication Systems* (pp. 145-172). Springer. - Розділ книги про системи моніторингу в реальному часі для смарт-грид.
15. Ponce-Jara, M. A., Gil, R. R., & Montes, J. F. (2018). Smart Metering: Technologies and Applications. In *Handbook of Smart Grid Development* (pp. 139-167). Springer. - Обговорення технологій та застосувань смарт-метерів в інтелектуальних мережах.
16. The SMART GRID: an introduction. Retrieved from: https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf

17. Forsayt ekonomiky Ukrayiny: seredn'ostrokovyy (2015–2020 roky) i dovhostrokovyy (2020–2030 roky) chasovi horyzonty (versiya dlya obhovorenniya). Kyiv: NTUU "KPI", 2015. 36 p. [in Ukraine]
18. 34. Мінфін. Індекс інфляції [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/inflation/2020/>.
19. С. А. Попадченко. Аналіз світових тенденцій модернізації електричних підстанцій на сучасному етапі розвитку / С. А. Попадченко.
20. Strategic Energy Technology Plan (SET Plan) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://etip-pv.eu/set-plan/>.
21. J. D. McDonald, Electric Power Substations Engineering, CRC Press, Boca Raton, Fla, USA, 2012
22. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
23. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
24. ДНАОП 1.1.10-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=21826.
25. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
26. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

- 27.ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
- 28.ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
- 29.ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
- 30.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
- 31.ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
- 32.Кодекс цивільного захисту України. К.: ВР України, 2012. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «МОНІТОРИНГ В ЗАДАЧАХ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ»

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота

(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра електричних станій та систем, факультет
електроенергетики та електромеханіки

(кафедра, факультет)

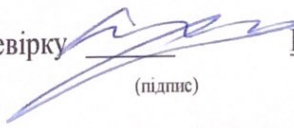
Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 87,5% Схожість 12,5%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку



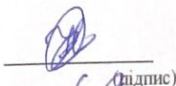
(підпис)

Вишневський С.Я.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи

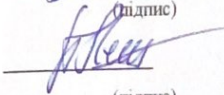


(підпис)

Носур Н. О.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи



(підпис)

Лежнюк П. Д.

(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА СИСТЕМ

МОНІТОРИНГ В ЗАДАЧАХ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

ВИКОНАВ: СТ. ГР. 2ЕЕ-20Б,

НОСУР Н. Р.

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК: Д.Т.Н.,
ПРОФЕСОР, ПРОФЕСОР КАФ. ЕСС
ЛЕЖНЮК П.Д

Актуальність теми

Енергетика стала тим сегментом економіки, що забезпечує функціонування широкого спектру галузей народного господарства, домінуючим серед яких є залізничний транспорт, підвищення рівня безпеки руху якого можливо шляхом організації високої надійності і якості функціонування тягових електричних мереж і силового електричного обладнання тягових підстанцій в процесі виробництва, передачі й споживання електроенергії залізницями. В умовах ринку електроенергії, до електротехнічної галузі висувається ряд підвищених вимог ефективна реалізація яких суттєво залежить, в першу чергу, від організації точності і синхронності виконання процедур вимірів у різних точках і сегментах тягової електричної мережі. Розглядаючи через призму фізичного та морального старіння електротехнічного обладнання, що знаходиться в експлуатації можна виявити ряд негативних впливів не тільки на економічність режимів і, відповідно, збільшення споживання електроенергії, а в деяких випадках і на погіршення надійності функціонування енергосистеми, що значно збільшує аварійність.

Мета роботи:

Дослідження методів і технологій моніторингу для забезпечення ефективності та надійності електричних мереж.

Завдання роботи:

- Аналіз теоретичних основ моніторингу
- Оцінка технологій Smart Grid
- Розгляд прикладних задач інтелектуалізації мереж

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОНІТОРИНГУ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Роль моніторингу:

- Збір, аналіз та управління даними для підтримки стабільної роботи мережі.

Основні принципи:

- Інтеграція відновлюваних джерел енергії
- Використання децентралізованих генерацій
- Автоматизація та динамічне управління мережею
- Застосування технологій Інтернету речей (IoT)

Функції моніторингу:

- Збір даних
- Аналіз та обробка даних
- Управління та контроль
- Прогнозування
- Візуалізація та звітність

Ключові компоненти моніторингу

Сенсори та датчики:

- Вимірювання параметрів електричної мережі (напруга, струм, температура)
- Точне та своєчасне отримання даних

Системи збору даних:

- Провідні та бездротові мережі
- Інтеграція з платформами IoT

Аналіз даних та машинне навчання:

- Виявлення аномалій
- Прогнозування споживання енергії
- Оптимізація роботи мережі

Інтерфейси управління та візуалізації:

- Панелі моніторингу в реальному часі
- Інструменти аналізу історичних даних
- Системи попереджень

Технології Smart Grid

Основні напрямки:

- Інтеграція відновлюваних джерел енергії (сонячні та вітрові електростанції)
- Використання децентралізованих генерацій
- Автоматизація управління мережею
- Використання Інтернету речей (IoT)

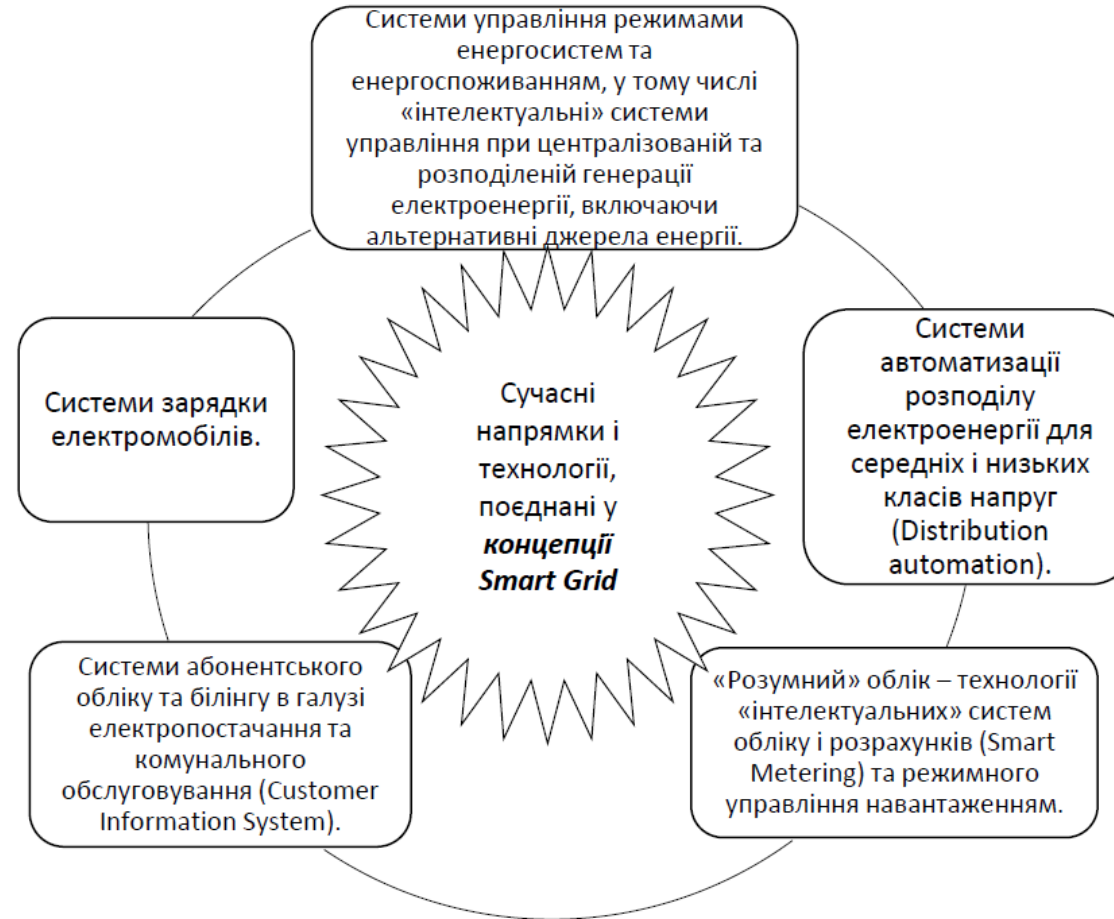
Переваги:

- Підвищення ефективності та надійності електричних мереж
- Оптимізація споживання енергії
- Попередження та управління аварійними ситуаціями
- Інтеграція відновлюваних джерел енергії
- Підвищення надійності та стабільності електропостачання

Аналітичні дані щодо реалізації проектів Smart Grid в ЄС у 2017 р.

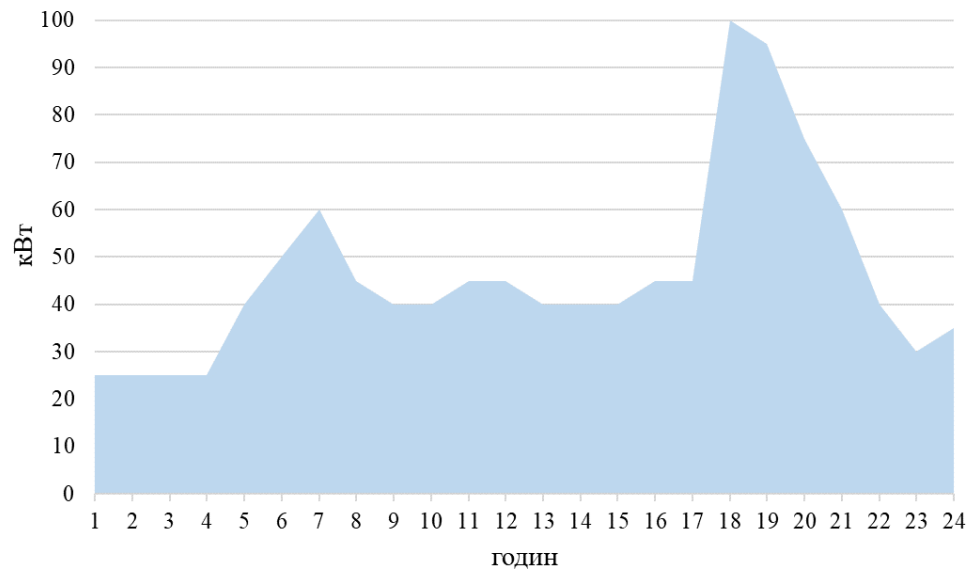
Кількість проектів	Сумарні інвестиції	Учасники проектів
Всього: 950 проектів у 50 країнах	Усього: 4,97 млрд. євро	Усього: 2900 організації
865 проектів з інформацією про бюджет	У середньому: 5,75 млн. євро	5900 учасників
626 національних проектів, з них 370 – такі, що мають більше одного партнера	308 поточних проектів: 2,15 млрд. євро (у середньому 7 млн. євро на проект)	Участь у декількох проектах: 700 організацій
324 багатонаціональних проекти (у середньому 14 країн на проект)	642 завершені проекти: 2,82 млрд. євро (у середньому 5 млн. євро на проект)	Найактивніша компанія – 67 проектів (у Данії)
Середня тривалість проекту – 30 місяців	Найбільші інвестиції: Данія, Великобританія, Франція	Найбільш активні організації: DSO*, університети та технологічні виробники
НДДКР: 540 проектів, демонстраційних – 410 проектів	НДДКР: 1,61 млрд. євро; Демонстраційні – 3,36 млрд. євро.	У середньому

Технології Smart Grid

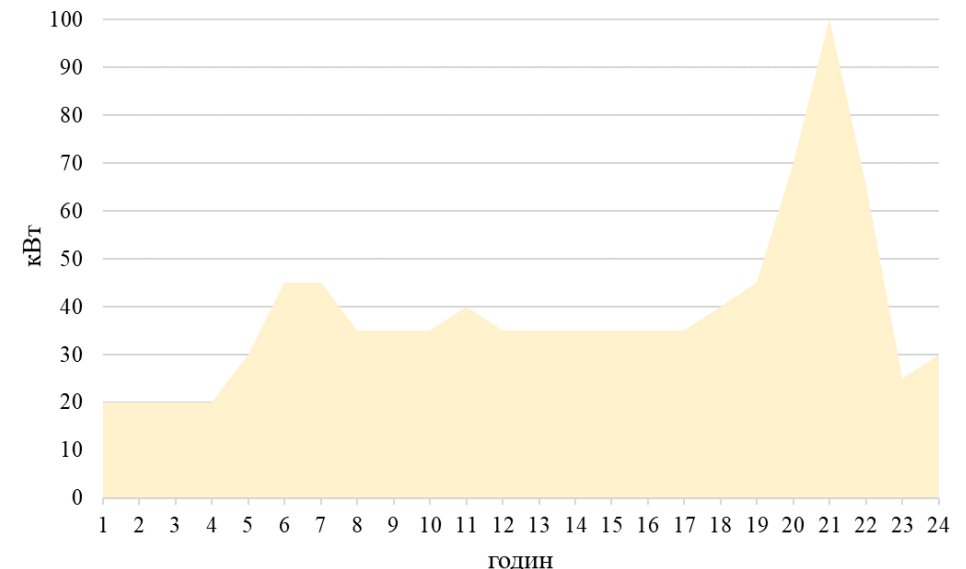


Система сучасних напрямів і технологій, поєднаних у концепції Smart Grid

Прикладні задачі інтелектуалізації електричної мережі міського типу



**Графік активного навантаження гуртожитків
у зимовий період**



**Графік активного навантаження міських
житлових будинків у літній період**

Прикладні задачі інтелектуалізації електричної мережі міського типу



Зовнішній вигляд ТП 459, що розташована на території університету

Ознаки	Виконання
Тип силового трансформатора	Оливний трансформатор
Спосіб виконання нейтралі	Глухозаземлена нейтраль
Трансформатор на стороні НН	
Взаємне розташування виробів	Дворядне
Число трансформаторів	З 2-ма трансформаторами
Виконання відхідних ліній	Кабелем униз або нагору
Кліматичне виконання і категрія розміщення	УЗ
Тип автоматичних вимикачів	Зі стаціонарними вимикачами
Потужність ТМЗ-630, кВА	630
Частота змінного струму, Гц	50
Номінальна напруга ВН/НН, кВ	10/0,4

Охорона праці

Під час виконання роботи було розглянуто фізичні, хімічні та трудові фактори, що впливають на оперативно-ремонтний персонал. Визначені ключові аспекти безпеки, такі як мікроклімат, виробничий шум, вібрація, освітлення, а також хімічні речовини і аерозолі. Особливу увагу приділено важкості і напруженості праці. Запропоновані технічні рішення для безпечної експлуатації об'єктів, зокрема щодо організації робочих місць на висоті та контролю стану ізоляції і заземлення. Впровадження інтелектуальних систем моніторингу сприятиме зниженню ризиків для персоналу і підвищенню загальної безпеки робіт

Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єктів:

- Безпека на робочих місцях на висоті
- Електробезпека
- Гігієна праці та виробнича санітарія
- Пожежна безпека

Компоненти безпеки:

- Мікроклімат
- Склад повітря робочої зони
- Виробниче освітлення
- Виробничий шум
- Виробнича вібрація

Висновки:

Інтелектуалізація електричних мереж, або концепція "смарт-грід" (Smart Grid), є ключовою темою в сучасній енергетиці. Її мета полягає у підвищенні ефективності, надійності та стійкості електричних мереж, а також інтеграції відновлюваних джерел енергії. Одним із головних аспектів цієї трансформації є моніторинг, який забезпечує збір, аналіз та управління даними для підтримки стабільної роботи мережі.

Моніторинг є фундаментальною складовою інтелектуальних мереж, забезпечуючи постійне спостереження за станом електричної системи. Операційні центри отримують у реальному часі дані про напругу, струм, частоту та інші параметри мережі. Це дозволяє виявляти аномалії, попереджувати аварії та оптимізувати роботу системи.

Проте розвиток технологій та зниження вартості компонентів обіцяють подальше поширення інтелектуальних мереж. Удосконалення алгоритмів обробки даних, зростання обчислювальних потужностей та поява нових стандартів сприятимуть ширшому впровадженню систем моніторингу. Моніторинг відіграє ключову роль у процесі інтелектуалізації електричних мереж, забезпечуючи стабільність, ефективність та інтеграцію відновлюваних джерел енергії. Завдяки сенсорам, системам збору та аналізу даних, інтелектуальні мережі можуть адаптуватися до сучасних вимог та викликів енергетичної галузі.

В Україні розвиток електроенергетики спрямований на підвищення надійності енергопостачання, енергетичну безпеку, енергоефективність та екологічну гармонізацію. Використання сучасних технологій, таких як Smart Metering, системи управління попитом та пристрої зберігання енергії, створює нові можливості для розвитку енергосистем. Досвід розвинених країн свідчить про ефективність інтеграції цих технологій у енергетичні системи.

Дякую за увагу!