

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
В.о. завідувача кафедри
Олександр ЮРЧЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Підвищення надійності системи електропостачання частини м. Суми за рахунок використання розумних мереж»

Виконав

(підпис)

Андрій ПЛАТОНОВ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Група:

ЕТЕС 2401-1 М

Науковий керівник:

(підпис)

Ганна БАРСУКОВА
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:

(підпис)

Олена ДОВЖИК
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет **інженерно-технологічний**

Кафедра **енергетики та електротехнічних систем**

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
енергетики та електротехнічних систем

Андрій ЧЕПЖНИЙ

«5» вересня 2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
Андрія ПЛАТОНОВА
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Підвищення надійності системи електропостачання частини м. Суми за рахунок використання розумних мереж
2. Керівник кваліфікаційної роботи: Барсукова Ганна Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент
3. Строк подання здобувачем роботи: «14» листопада 2025 року.
4. Вихідні дані до роботи: живлення електричною мережею дитячих садків, правила улаштування електроустановок, правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти, характеристики електроенергетичного устаткування, методичні рекомендації до виконання проекту (роботи).
5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; Розділ 1. Огляд літератури; Розділ 2. Технології розумних мереж (SMART GRIDS); Розділ 3. Обґрунтування параметрів роботи системи для конкретного споживача; Розділ 4. Охорона праці; Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування; Висновки; Список використаних джерел
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Презентація

Керівник роботи:

_____ (підпис)

Ганна БАРСУКОВА

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Завдання прийняла до виконання

_____ (підпис)

Андрій ПЛАТОНОВ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата отримання завдання «5» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Збір інформації про діяльність господарства	до 02.08.2025 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 16.08.2025 р.	
3.	Складання плану роботи	до 21.08.2025 р.	
4.	Написання вступу	до 24.08.2025 р.	
5.	Підготовка розділу «Розділ 1. Огляд літератури»	до 30.08.2025р.	
6.	Підготовка розділу «Розділ 2. Технології розумних мереж (SMART GRIDS)»	до 19.09.2025 р.	
7.	Підготовка розділу «Розділ 3. Обґрунтування параметрів роботи системи для конкретного споживача»	до 03.10.2025 р.	
8.	Підготовка розділу «Розділ 4. Охорона праці»	до 08.10.2025 р.	
9.	Підготовка розділу «Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування»	до 20.10.2025 р.	
10.	Написання висновків та пропозицій	до 25.10.2025 р.	
11.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2025 р.	
12.	Подання роботи на рецензування	до 07.11.2025 р.	
13.	Подання до попереднього захисту	до 14.11.2025 р.	

Керівник роботи:

_____ (підпис)

Ганна БАРСУКОВА
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Здобувач

_____ (підпис)

Андрій ПЛАТОНОВ
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Анотація

Кваліфікаційна робота складається зі: вступу, 5 розділів, висновків і списку використаних джерел. Роботу викладено на 54 аркушах друкованого тексту.

Метою роботи є підвищення надійності систем електропостачання дитячих садків у м. Суми шляхом впровадження сучасних технологій, включаючи розумні мережі, автоматизовані системи керування та альтернативні джерела енергії, з особливою увагою до безпеки та охорони праці.

Завдання дослідження:

- Проаналізувати актуальність обраного виду споживачів електричної енергії з точки зору виду їх роботи.
- Визначити набір параметрів, які підлягають контролю та повинні піддаватися дистанційному керуванню.
- Проаналізувати основні функціональні елементи системи електропостачання та виконання ними вказаного набору параметрів.
- Зробити висновки щодо ефективності функціонування системи електропостачання, що виконано з метою підвищення її надійності, комплексним підходом.

Було обґрунтовано параметри роботи системи для конкретних споживачів – дитячих садків. Розглянуто характерні особливості живлення електричною мережею дитячих садків з урахуванням нормативної документації. Представлено використання розумних технологій для живлення споживачів електричної енергії, включаючи джерела альтернативної енергії, гібридні інвертори, системи відеоспостереження, енергоощадне освітлення, елементи дистанційного керування та підтримки мікроклімату. Детально розглянуто питання організації безпечних умов праці при впровадженні розумних мереж, проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори та надано рекомендації щодо їх мінімізації.

Ключові слова: електропостачання, розумні мережі, надійність, безпека, Суми, дошкільні заклади.

Abstract

The qualification work consists of: an introduction, 5 chapters, conclusions and a list of sources used. The work is presented on 54 sheets of printed text.

The purpose of the work is to increase the reliability of the power supply systems of kindergartens in the city of Sumy by implementing modern technologies, including smart grids, automated control systems and alternative energy sources, with special attention to safety and labor protection.

Research objectives:

- To analyze the relevance of the selected type of electrical energy consumers from the point of view of the type of their work.
- To determine the set of parameters that are subject to control and must be remotely controlled.
- To analyze the main functional elements of the power supply system and their implementation of the specified set of parameters.
- To draw conclusions regarding the effectiveness of the functioning of the power supply system, which was carried out in order to increase its reliability, using an integrated approach.

The parameters of the system operation for specific consumers - kindergartens were substantiated. The characteristic features of the power supply network of kindergartens were considered, taking into account regulatory documentation. The use of smart technologies for powering consumers of electric energy is presented, including alternative energy sources, hybrid inverters, video surveillance systems, energy-saving lighting, remote control elements and microclimate support. The issue of organizing safe working conditions during the implementation of smart grids is considered in detail, harmful and dangerous factors are analyzed and recommendations are given for their minimization.

Keywords: power supply, smart grids, reliability, safety, Sumy, preschool institutions.

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Огляд літератури	8
1.1. Основи електропостачання: функції та структура	8
1.2. Основні види систем електропостачання	9
1.3. Визначення надійності електросистем	10
1.4. Аналіз існуючої системи електропостачання частини м. Суми	10
1.5. Проблеми та недоліки існуючої системи	11
1.6. Висновки до 1-го розділу	12
Розділ 2. Технології розумних мереж (SMART GRIDS)	14
2.1. Основні концепції розумних мереж	20
2.2. Технології, що підтримують функціонування розумних мереж	22
2.3. Переваги використання розумних мереж для підвищення надійності	23
2.4. Висновки до 2-го розділу	24
Розділ 3. Обґрунтування параметрів роботи системи для конкретного споживача	26
3.1. Мережа обраних споживачів електричної енергії	27
3.2. Характерні особливості живлення електричною мережею дитячих садків	29
3.3. Використання розумних технологій з метою живлення споживачів електричної енергії	30
3.4. Додаткові функціональні особливості показаних технічних рішень	37
3.5. Висновки до 3-го розділу	38
Розділ 4. Охорона праці	39
4.1. Організація охорони праці при впровадженні розумних мереж	39
4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при впровадженні розумних мереж	40
4.3. Рекомендації щодо впровадження безпечних умов праці при впровадженні розумних мереж	41
4.4. Висновки до 4-го розділу	44
Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування	45
Висновки	49
Список використаних джерел	51

Вступ

Забезпечення якісного виконання роботи закладів дошкільної освіти полягає в низці вимог. Такими вимогами є дотримання безпечних умов функціонування кімнат та обладнання.

В даній роботі пропонується розглянути актуальне завдання щодо підвищення рівня надійності системи електропостачання частини міста Суми. З метою пояснення актуальності приведеного дослідження пропонується розгляд у ролі споживачів електричної енергії – дошкільних закладів освіти.

Об'єктом даного дослідження є функціонування системи електропостачання закладу дошкільної освіти.

Предметом дослідження є набір структурних елементів системи електропостачання закладу дошкільної освіти.

Тому, у відповідності до поставленої мети перед дослідженням ставляться такі задачі:

- проаналізувати актуальність обраного виду споживачів електричної енергії з точки зору виду їх роботи;
- визначити набір параметрів, які підлягають контролю, та повинні піддаватися дистанційному керуванню;
- проаналізувати основні функціональні елементи системи електропостачання та виконання ними указаного набору параметрів;
- зробити висновки щодо ефективності функціонування системи електропостачання, що виконано з метою підвищення її надійності, комплексним підходом.

Розділ 1. Огляд літератури

Сучасна електроенергетика знаходиться на межі кардинальних змін, пов'язаних із необхідністю забезпечення надійного та стабільного електропостачання в умовах зростаючих потреб споживачів та впровадження відновлюваних джерел енергії. Заклади дошкільної освіти як специфічні споживачі електричної енергії потребують особливого підходу до організації системи електропостачання, оскільки безперервність роботи цих установ критично важлива для безпеки та благополуччя дітей дошкільного віку.

1.1. Основи електропостачання: функції та структура

Система електропостачання являє собою складний комплекс технічних засобів, призначених для:

- виробництва,
- передачі, розподілу,
- споживання електричної енергії.

Основними функціями сучасних систем електропостачання є:

- забезпечення безперебійного постачання електроенергії відповідної якості,
- підтримання параметрів електричної мережі в нормативних межах,
- гарантування безпеки експлуатації електроустановок.

Структура типової системи електропостачання включає:

- генераторні потужності,
- магістральні та розподільні мережі,

- трансформаторні підстанції різних рівнів напруги,
- системи релейного захисту та автоматики.

Сучасні тенденції розвитку електроенергетики спрямовані на створення гнучких та адаптивних систем, здатних інтегрувати розосереджені джерела генерації, забезпечувати двосторонній обмін інформацією між елементами системи та автоматично адаптуватися до змін навантаження. Ці принципи особливо актуальні для систем електропостачання соціально важливих об'єктів, до яких належать заклади освіти.

1.2. Основні види систем електропостачання

Класифікація систем електропостачання здійснюється за різними критеріями, включаючи схему електричної мережі, спосіб заземлення нейтралі, рівень напруги та категорію надійності споживачів.

За схемою побудови розрізняють:

- радіальні,
- магістральні,
- змішані системи електропостачання.

Радіальні схеми характеризуються живленням кожного споживача від окремого відгалуження, що забезпечує високу надійність, але потребує значних капітальних вкладень. *Магістральні схеми* передбачають послідовне підключення споживачів до загальної лінії, що економічно вигідніше, але може знижувати надійність електропостачання.

Особливе значення має категоризація споживачів за надійністю електропостачання. Заклади дошкільної освіти відносяться до споживачів *першої* або *другої категорії* надійності, що вимагає забезпечення резервного живлення та мінімізації перерв в електропостачанні. Це обумовлено присутністю в таких закладах дітей дошкільного віку, які не здатні самостійно забезпечити власну безпеку в умовах відсутності електроенергії.

1.3. Визначення надійності електричних систем

Надійність системи електропостачання визначається як властивість системи безперервно забезпечувати споживачів електричною енергією відповідної якості протягом заданого періоду часу при нормальних умовах експлуатації. Кількісна оцінка надійності здійснюється через систему показників, що включають ймовірність безвідмовної роботи, середній час безвідмовної роботи, інтенсивність відмов та коефіцієнт готовності системи.

Для систем електропостачання закладів дошкільної освіти критично важливими є показники тривалості та частоти перерв електропостачання. Нормативними документами встановлено, що тривалість перерв електропостачання споживачів *першої категорії* не повинна перевищувати часу дії автоматичного вводу резерву, як правило, декількох секунд. Для споживачів *другої категорії* допустима тривалість перерв складає час, необхідний для ручного вводу резерву персоналом чергової зміни.

1.4. Аналіз існуючої системи електропостачання частини міста Суми

Система електропостачання міста Суми характеризується *централізованою схемою* з живленням від регіональної енергосистеми через мережу розподільних підстанцій. Територіальне розташування закладів дошкільної освіти по місту

створює різні умови надійності електропостачання залежно від віддаленості від джерел живлення та характеристик розподільних мереж. Аналіз показує, що понад тридцять закладів дошкільної освіти міста мають різну ступінь забезпеченості резервним електропостачанням.

Існуюча система базується на *традиційній радіальній схемі розподілу електроенергії з централізованим диспетчерським керуванням*.

Основними джерелами живлення виступають трансформаторні підстанції середньої напруги, від яких через розподільні мережі низької напруги здійснюється електропостачання кінцевих споживачів. Така схема, попри свою надійність, має обмежені можливості щодо оптимізації режимів роботи та швидкого реагування на аварійні ситуації.

1.5. Проблеми та недоліки існуючої системи

Основними проблемами існуючої системи електропостачання закладів дошкільної освіти міста Суми є:

- недостатня гнучкість системи управління,
- обмежені можливості моніторингу параметрів електроспоживання в реальному часі,
- відсутність автоматизованих систем переключення на резервні джерела живлення.

Ці недоліки особливо критично проявляються в умовах воєнного стану, коли частота та тривалість аварійних відключень значно зростають.

Традиційна система не забезпечує достатнього рівня *інформованості персоналу* закладів про стан електропостачання та прогнозовані відключення.

Відсутність систем накопичення енергії та альтернативних джерел живлення робить заклади повністю *залежними від централізованого електропостачання*. Крім того, існуюча система не адаптована для інтеграції сучасних енергоефективних технологій та систем розумного керування електроспоживанням.

Морально застаріле обладнання розподільних мереж та відсутність систем дистанційного моніторингу ускладнюють швидке виявлення та усунення несправностей. Це призводить до збільшення тривалості аварійних відключень та зниження загального рівня надійності електропостачання. Особливо гостро ці проблеми проявляються в підвальних приміщеннях закладів, які використовуються як укриття, де забезпечення безперервного електропостачання має критичне значення для безпеки людей.

1.6. Висновки по 1-му розділу

Сучасна електроенергетика переживає важливі зміни, зокрема у сфері електропостачання закладів дошкільної освіти, які потребують надійного живлення для забезпечення безпеки дітей. Існуюча система електропостачання в місті Суми характеризується централізованою схемою, яка має свої обмеження в гнучкості та можливостях моніторингу.

Основні проблеми полягають у недостатній адаптації до змінних умов, відсутності автоматизованих систем для переключення на резервні джерела живлення та моральному старінні обладнання. Ці фактори значно впливають на тривалість та частоту відключень електроенергії, особливо в умовах воєнного стану.

Крім того, заклади дошкільної освіти не мають достатньої інформації про стан електропостачання, що ускладнює реагування на аварійні ситуації. Відсутність систем накопичення енергії робить їх залежними від централізованого постачання,

що підвищує ризики під час аварій. Потреба в інтеграції новітніх енергоефективних технологій стає вкрай актуальною. У підвальних приміщеннях закладів, які виконують функції укриттів, постійне електропостачання є критично важливим для забезпечення безпеки людей. В підсумку, для покращення надійності системи необхідні інвестиції у модернізацію електромереж та впровадження сучасних технологій управління. Рішення цих проблем має стати пріоритетом для забезпечення безпеки та благополуччя дітей.

Розділ 2. Технології розумних мереж (Smart Grids)

Концепція розумних мереж представляє собою еволюційний розвиток традиційних електроенергетичних систем, що інтегрує сучасні інформаційно-комунікаційні технології, автоматизовані системи керування та інноваційні рішення у сфері енергетики для створення більш ефективної, надійної та гнучкої електроенергетичної інфраструктури.

Глобальна енергетична криза посилила збагачення ринку електроенергії, вимагаючи інтелектуального реагування на попит розумних мереж для забезпечення балансу попиту та пропозиції в режимі реального часу. Двохрівнева оптимізація розумних мереж стала ключовою платформою для моделювання взаємодії комунальних підприємств та споживачів в умовах динамічного ціноутворення [1]. В наведеному дослідженні позначені напрями майбутніх досліджень та п'ять високоефективних дослідницьких траєкторій, заснованих на емпіричних пробілах. Ці висновки підкреслюють, що розумні мережі є основною концепцією, що поєднує теоретичну строгість з практичним управлінням мережами, забезпечуючи масштабовану, адаптивну та стійку роботу інтелектуальних мереж в умовах зростання проникнення відновлюваних джерел енергії.

Електрична енергія є життєво важливим компонентом сучасного життя і необхідна роботи різних секторів, особливо у розвитку розумних міст [2]. Зростання попиту на електроенергію потребує ефективного використання енергії в розумних містах. Балансування незбалансованих даних підвищує точність моделі, але може ускладнити навчання та приховати справжні закономірності споживання енергії [3].

У дослідженні [4] розглядається впровадження технологій інтелектуальних мереж у розподільчі мережі електропостачання для можливого підвищення надійності та безперебійності енергопостачання споживачів. Останнім часом енергорозподільчі компанії стикаються з перебоями у подачі електроенергії, які

найчастіше відбуваються у сезон дощів. Ці перебої є результатом попиту, старіння інфраструктури, відсутності передових технологій і залежності від великих комунальних компаній у сфері електропостачання, що і спричинило дане дослідження. У цьому дослідженні використовувалися як якісні, і кількісні методології виявлення потенційних можливостей і проблем, що з впровадженням технологій інтелектуальних мереж у розподільчі мережі.

Окремими елементами дослідження [4] представлено ефективність використання розумних мереж.

Надійність енергопостачання є найважливішим завданням для будь-якої енергопостачальної організації, яка прагне забезпечити безперебійне електропостачання своїх клієнтів. У межах обраного дослідження важливо забезпечити безперервність електропостачання клієнтів. У рамках цієї роботи було проведено дослідницький аналіз та запропоновано можливі інтелектуальні технології. Ці інтелектуальні технології можуть бути впроваджені в розподільчі мережі не тільки для підвищення попиту та пропозиції, але й для швидшого виявлення несправностей та відновлення електропостачання, що дозволяє уникнути непотрібних втрат електроенергії. Можливості інтелектуальних мереж пропонують потенційні рішення таких критично важливих проблем енергетичного сектора, як надійність, сприяючи створенню більш надійного, стійкого та доступного енергетичного середовища в усьому світі. Інтелектуальна мережа – це електрична мережа, яка використовує передові технології для моніторингу, аналізу, регулювання та обміну даними всередині електромережі з метою підвищення ефективності, мінімізації енергоспоживання та витрат, а також підвищення прозорості та надійності енергопостачання [4].

Результати досліджень були зосереджені на комунікаційній життєздатності розгортання інтелектуальних мереж з погляду мережі. Більше того, інтелектуальна мережа – це вдосконалена версія старої електромережі, яка забезпечує двосторонній обмін електроенергією та інформацією між комунальними

підприємствами та споживачами енергії каналами зв'язку. Технології інтелектуальних мереж життєво важливі для надійного та ефективного електропостачання і відіграють вирішальну роль у модернізації електроенергетичного сектора. У вищезгаданому дослідженні результати були зосереджені на покращенні та доступності інтелектуальних мереж з упором на скорочення втрат у мережі за рахунок управління послідовністю перемикачів, частина якого у поточному дослідженні розглядається як фактор, що сприяє проблемам надійності енергії. Інтелектуальні мережі пов'язані з включенням сучасних технологій, таких як мікромережі, розподілені енергетичні ресурси, управління попитом, визначення несправностей, ізоляція та відновлення обслуговування та підключення електромобілів до електромережі в класі генерації. У цьому дослідженні представлені сучасні приклади мережевих додатків технологій інтелектуальних мереж у рамках тематичного дослідження як критерій для покращення проблем надійності енергії в усьому світі. Деякі ключові характеристики інтелектуальних мереж включають: двосторонній зв'язок між постачальниками та споживачами, інтеграцію відновлюваних джерел енергії, Моніторинг в режимі реального часу та саморегулювання електромережі, Підвищення енергоефективності та зниження енергоспоживання, Підвищення надійності та безпеки енергопостачання, Скорочення експлуатаційних та експлуатаційних витрат суворе керування.

Технології інтелектуальних мереж впроваджуються в усьому світі підвищення надійності енергопостачання. Вони спрощують інтеграцію джерел генерації електроенергії до електромережі. Згідно з літературою, впровадження технологій інтелектуальних мереж стало одним із найважливіших напрямів у галузі електротехніки, спрямованим на підвищення надійності енергопостачання та забезпечення безперервності поставок. У цьому дослідженні вивчаються можливі переваги інтеграції технологій інтелектуальних мереж у розподільчу мережу. У ньому використовується поєднання якісних та кількісних дослідницьких

методологій. Майбутня електромережа Намібії прагне стати повністю інтегрованою, самоконтрольною та саморегульованою системою, що забезпечує стабільність та безпеку. Намібія має значні ресурси сонячної енергії, що є значною порівняльною перевагою для країни і робить її ідеальним кандидатом для впровадження інтелектуальних мереж завдяки можливості інтеграції сонячної енергії. Проте створення розподільчих мереж, які забезпечують двосторонній зв'язок між комунальними підприємствами та споживачами енергії, потребує значних початкових інвестицій. Це потребує участі зацікавлених сторін у реструктуризації енергетичної інфраструктури та надання необхідної фінансової підтримки. Крім того, постачальники комунальних послуг стикаються з проблемами, пов'язаними з високими експлуатаційними та експлуатаційними витратами після розгортання технологій інтелектуальних мереж. Ці чинники наголошують на важливості належного планування та прийняття стратегічних рішень для забезпечення довгострокової стійкості та життєздатності проєктів інтелектуальних мереж. Завдяки цьому дослідженню цінні ідеї для політиків та зацікавлених сторін енергетичного сектору позначаються на результатах найкращих стратегій впровадження технологій інтелектуальних мереж у розподільчі мережі з використанням розподільчих мереж як тематичного дослідження. Хоча стандарти потоків потужності можуть сприяти надійності енергії, як показано в роботах, але основна увага приділятиметься підвищенню надійності енергії та збільшенню використання відновлюваних джерел енергії при використанні. Впроваджуючи розгортання технологій інтелектуальних мереж, подібний постачальник комунальних послуг може максимізувати переваги передових технологій, що призведе до підвищення надійності енергії та значного внеску у стійку енергетичну інфраструктуру.

Дослідження [4] додатково аналізує вплив впровадження технологій інтелектуальних мереж на надійність енергопостачання у розподільчих мережах, оцінює можливість впровадження технологій інтелектуальних мереж та надає

рекомендації для політиків та зацікавлених сторін. Результати цього дослідження застосовні до інших регіональних розподільчих компаній, які стикаються з аналогічними проблемами в Африці та в усьому світі.

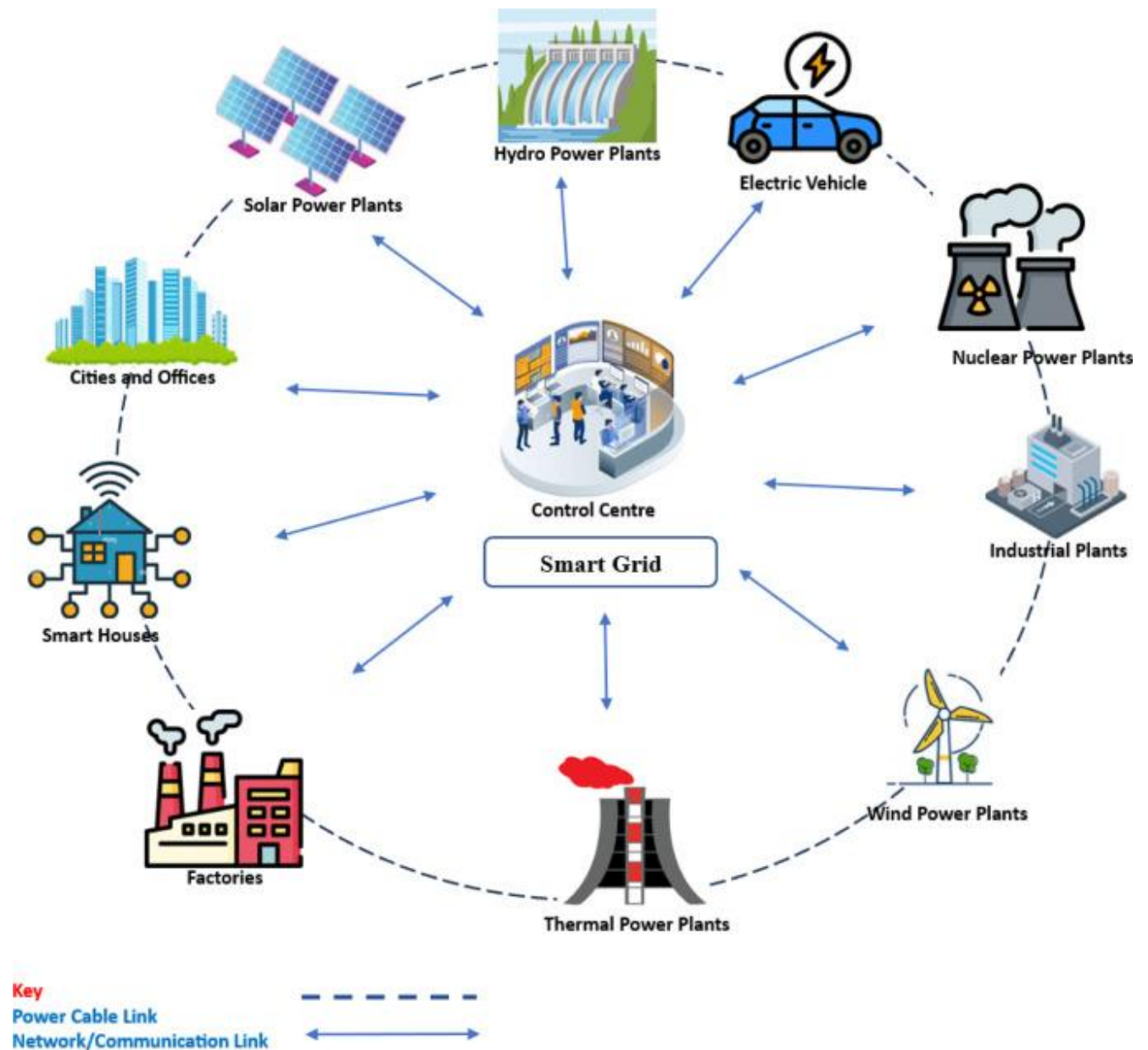


Рисунок 2.1. Роль цифрових технологій та засобів заявки для підвищення рівня якості електропостачання [4]

Необхідно підкреслити, що функціонування розумних мереж і їхнє застосування в енергетичному секторі слід пов'язувати з поточними інноваціями, впровадженням інтелектуальних мереж та їх впливом на глобальну надійність енергопостачання. Далі аналізується: стан технологій інтелектуальних мереж у мережі, потенційні переваги та проблеми, пов'язані із впровадженням інтелектуальних мереж. Він також допомагає виявити прогалини у попередніх дослідженнях. Інтелектуальна мережа є складною системою розподілу електроенергії, що використовує цифрові технології та засоби зв'язку для підвищення надійності, ефективності, стійкості та стабільності мережі, як показано на рисунку 2.1.

Для цілей дослідження [4] було проведено опитування у форматі особистого інтерв'ю, що охоплює широке коло тем, включаючи стан розгортання технологій інтелектуальних мереж у їхній мережі, поточні проблеми надійності енергопостачання у мережах та перспективи того, що можна зробити для підвищення надійності мережі у досліджуваній мережі. В інтерв'ю також розглядався потенційний вплив інтеграції технологій інтелектуальних мереж на надійність мережі. Інформація, зібрана в ході інтерв'ю, була використана для формування висновків про докорінні причини проблем надійності енергопостачання та потенційні рішення.

Цей 100%-й рівень відповідей продемонстрував вищу залученість до комунікації. Крім того, респонденти надали необхідні дані щодо впровадження технологій інтелектуальних мереж у типову розподільчу мережу для підвищення її надійності. У дослідженні було проаналізовано дані, отримані під час відкритих питань експертів/інженерів, а також інтерв'ю з представниками різних підрозділів. Вони включають цілі забезпечення надійного електропостачання в даний час і в майбутньому. Думки щодо надійності енергопостачання, поточний стан, а також перспективний план розвитку інфраструктури. Взаємодія показує, що у прикладі в розподільчій мережі існує певний рівень виявлення несправностей і автоматичного

відключення. При відключенні споживача інтелектуальний лічильник подає сигнал центр управління, але швидкість може бути збільшена. Коли центр керування отримує інформацію про режим відключення, він може віддалено повторно підключити лічильник із офісу. У разі тимчасового відключення електропостачання буде відновлено, а у разі постійної відмови – несправність буде досліджена та усунена. Це підтвердило наявність віддаленого відключення та повторного підключення споживача. Також важливо, що зараз розгорнуті автоматичні реклоузери [4].

Інтелектуальні мережі є удосконаленою та функціональною версією традиційних електромереж, пов'язану з Інтернетом речей та впровадженням машинного навчання. Прогнозування споживання електроенергії з використанням даних інтелектуальних лічильників – одне з найпоширеніших застосувань машинного навчання. Для виявлення суттєвих змінних та причин коливань між рівнем споживання побутових приладів та споживчим попитом потрібно детальне вивчення даних інтелектуальних лічильників споживачів. З використанням машинного навчання в інтелектуальні мережі прогнозування навантаження електромережі стало можливим конкретного клієнта чи сектора [5].

2.1. Основні концепції розумних мереж

Розумна мережа являє собою модернізовану електричну мережу, що використовує інформаційні та комунікаційні технології для збору та аналізу інформації від усіх учасників енергетичного процесу з метою підвищення ефективності, надійності та стабільності виробництва і розподілу електроенергії.

Фундаментальними принципами розумних мереж є:

- двостороння комунікація між постачальниками та споживачами електроенергії,
- автоматизація процесів керування та моніторингу,
- інтеграція відновлюваних джерел енергії,
- здатність до самовідновлення після аварійних ситуацій.

Ключовою особливістю розумних мереж є трансформація традиційної ролі споживача електроенергії. Замість пасивного споживання електроенергії, користувачі розумних мереж стають активними учасниками енергетичного процесу, здатними не лише споживати, але й генерувати, накопичувати та перерозподіляти електричну енергію. Це особливо актуально для закладів дошкільної освіти, які можуть інтегрувати власні джерела відновлюваної енергії та системи накопичення енергії для забезпечення автономності в критичних ситуаціях.

Архітектура розумної мережі базується на ієрархічній структурі, що включає рівень генерації, передачі, розподілу та споживання електроенергії. Кожен рівень обладнано інтелектуальними пристроями, здатними збирати, обробляти та передавати інформацію про параметри електричної мережі. Така структура забезпечує можливість оптимізації режимів роботи в реальному часі та швидкого реагування на зміни в системі.

2.2. Технології, що підтримують функціонування розумних мереж

Технологічну основу розумних мереж складає комплекс інноваційних рішень, що включає:

1. розумні лічильники електроенергії,
2. системи автоматизації розподільних мереж,

3. технології накопичення енергії та платформи енергетичного менеджменту.

Розумні лічильники забезпечують двосторонню комунікацію між споживачем та енергопостачальною компанією, дозволяючи здійснювати облік електроспоживання в режимі реального часу, дистанційне керування підключенням та відключенням споживачів, та впровадження диференційованих тарифів.

Системи автоматизації розподільних мереж включають:

1. інтелектуальні комутаційні апарати,
2. датчики параметрів електричної мережі,
3. системи релейного захисту з функціями адаптивного налаштування.

Ці технології забезпечують автоматичне виявлення та ізоляцію несправностей, автоматичне відновлення електропостачання через резервні схеми та оптимізацію режимів роботи мережі.

Технології накопичення енергії, включаючи акумуляторні системи різних типів, забезпечують можливість зберігання надлишкової електроенергії в періоди низького споживання та її використання під час пікових навантажень або аварійних відключень. Для закладів дошкільної освіти такі системи є особливо важливими, оскільки забезпечують безперервність електропостачання критично важливих систем безпеки, освітлення та життєзабезпечення.

Платформи енергетичного менеджменту інтегрують усі компоненти розумної мережі в єдину керуючу систему, що дозволяє здійснювати централізований моніторинг, аналіз та керування енергетичними потоками. Ці платформи використовують алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту для прогнозування споживання електроенергії, оптимізації режимів роботи обладнання та попередження аварійних ситуацій.

2.3. Переваги використання розумних мереж для підвищення надійності

Впровадження технологій розумних мереж у системи електропостачання закладів дошкільної освіти забезпечує значне підвищення надійності завдяки *кільком ключовим факторам*.

А. Розумні мережі мають здатність до самодіагностики та самовідновлення, що дозволяє автоматично виявляти несправності та відновлювати електропостачання через альтернативні схеми без втручання оперативного персоналу. Це критично важливо для закладів дошкільної освіти, де швидкість відновлення електропостачання має пряме відношення до безпеки дітей.

В. Розумні мережі забезпечують можливість інтеграції розосереджених джерел генерації, включаючи сонячні панелі, вітрові установки та системи накопичення енергії. Така диверсифікація джерел живлення значно підвищує автономність закладів та зменшує залежність від централізованого електропостачання. В умовах воєнного стану ця особливість набуває особливого значення, оскільки дозволяє закладам функціонувати навіть при пошкодженні магістральних електричних мереж.

С. Розумні мережі дозволяють впроваджувати превентивне технічне обслуговування обладнання на основі аналізу даних про його стан та режими роботи. Це дозволяє попереджувати виникнення несправностей та планувати ремонтні роботи в періоди мінімального впливу на функціонування закладу. Системи прогнозу аналітики можуть передбачати потенційні проблеми та рекомендувати заходи щодо їх попередження.

Д. *Четвертою важливою* перевагою є можливість оптимізації енергоспоживання через інтелектуальне керування навантаженнями. Розумні мережі можуть автоматично регулювати роботу несуттєвого обладнання в періоди пікового споживання або аварійних ситуацій, забезпечуючи пріоритетне живлення

критично важливих систем безпеки та життєзабезпечення. Для закладів дошкільної освіти це означає гарантоване функціонування систем освітлення, вентиляції, відеоспостереження та сигналізації навіть в умовах обмеженого електропостачання.

Е. *П'ятою перевагою* є підвищення інформованості персоналу закладу про стан електропостачання через мобільні додатки та веб-інтерфейси. Співробітники можуть отримувати сповіщення про заплановані відключення, контролювати рівень заряду систем накопичення енергії та керувати енергоспоживанням окремих систем дистанційно. Це особливо важливо для забезпечення безпеки дітей у підвальних приміщеннях, які використовуються як укриття.

2.4. Висновки по 2-му розділу

Концепція розумних мереж є важливим етапом розвитку електроенергетичних систем, завдяки впровадженню інформаційно-комунікаційних технологій. Розумні мережі забезпечують двосторонню комунікацію між постачальниками та споживачами, що підвищує ефективність і надійність енергетичного процесу. Ці мережі трансформують традиційний підхід до споживання електроенергії, надаючи користувачам можливість активно генерувати та накопичувати енергію. Для закладів дошкільної освіти це особливо важливо, оскільки вони можуть інтегрувати джерела відновлювальної енергії для забезпечення автономності під час кризових ситуацій. Інтелектуальні пристрої дозволяють здійснювати автоматичне виявлення несправностей та швидке відновлення електропостачання без втручання персоналу, що критично важливо для безпеки дітей.

Впровадження превентивного технічного обслуговування на основі даних про стан обладнання також сприяє зниженню ймовірності аварій. Розумні мережі

забезпечують оптимізацію енергоспоживання, гарантуючи роботу важливих систем навіть під час обмежень у постачанні.

Підвищена інформованість персоналу через інтерфейси моніторингу дозволяє ефективно управляти електроспоживанням. В результаті впровадження розумних мереж у закладах дошкільної освіти може суттєво підвищити їх чистоту й надійність.

Таким чином, розумні мережі стають важливим інструментом для забезпечення безпеки та комфорту дітей у сучасному світі.

Розділ 3. Обґрунтування параметрів роботи системи для конкретного споживача

З метою проведення якісного аналізу використання розумних технологій для підвищення якості функціонування електричної мережі доцільним є аналіз одного з видів споживачів. Скажімо, таким споживачем буде дитячий садок м. Суми. Очевидним є фактор, що в умовах повномасштабного вторгнення конкретний дитячий садок не може бути представленим зі зрозумілих причин. Однак, такий вид споживачів електричної енергії, що обрано для проведення аналізу, є специфічним по ряду причин, а саме:

- споживач, що відноситься до державних установ;
- споживач, живлення мережі якого не може бути призупиненим навіть на короткі моменти (по причині присутності неповнолітніх дітей);
- споживач, функціонування якого зводиться не лише до задоволення потреб конкретних користувачів – родин, діти яких виховуються в даному закладі, а і з метою використання приміщень, особливо підвальних приміщень (з метою використання їх як укриттів для прилягаючих територій для людей з сусідніх установ).

Серед перерахованих специфічних особливостей указанного споживача електричної енергії досить актуальним є безперебійне живлення електричної мережі дитячого садка. Стосується це необхідності розвитку та тимчасового місця знаходження дітей дошкільного віку, а також, в умовах повномасштабного вторгнення, – постійної наявності світла не лише в таких приміщеннях, а і в укритті того чи іншого підвального приміщення дитячого садка.

До речі, важливо відмітити, що специфіка таких установ є подібною до специфіки шкіл та інших навчальних закладів. Однак, дитячі садки є осередком місця знаходження саме дітей дошкільного віку, тому питання є більш актуальним, а ніж класичні приміщення ВНЗ або закладів професійно-технічної освіти.

3.1. Мережа обраних споживачів електричної енергії

Як було підкреслено вище, обраними для проведення дослідження є заклади дошкільної освіти. Специфіка таких навчальних закладів є обґрунтованою вище. Тому, на рисунку 3.1 представлено мережу дитячих садків м. Суми, необхідність забезпечення яких безперебійним живленням електричною енергією є підтвердженою.

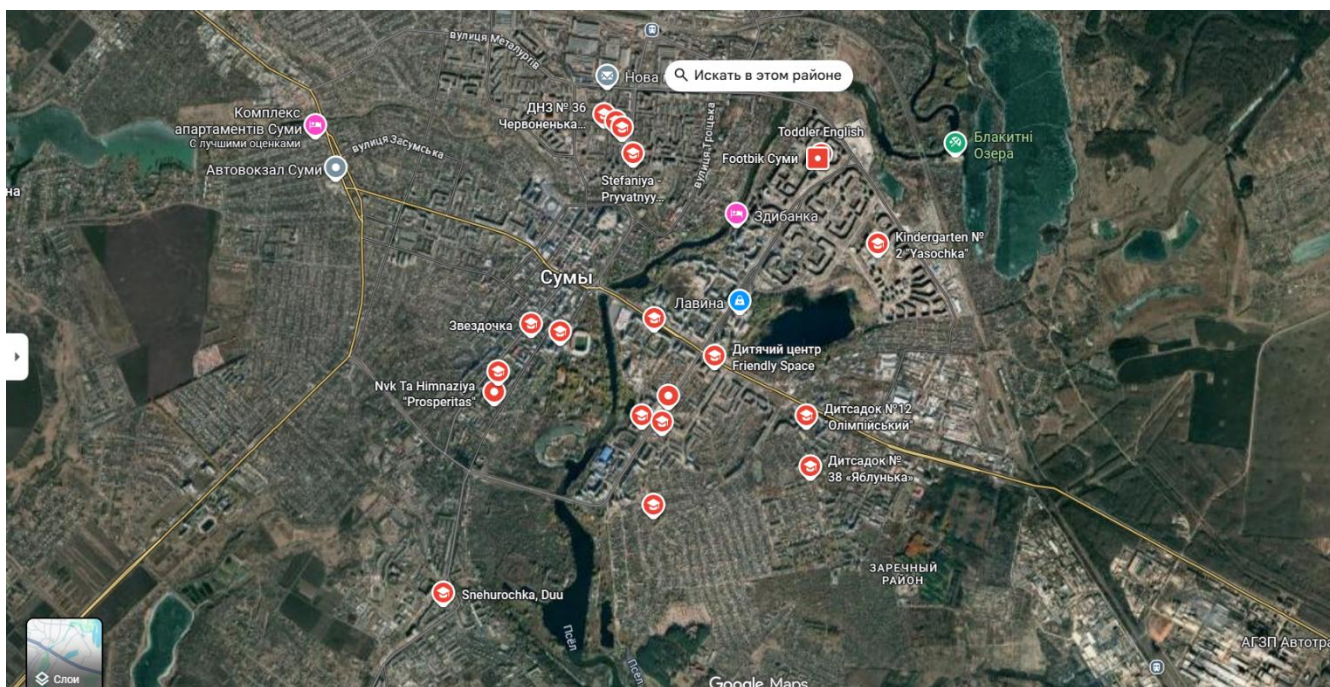


Рисунок 3.1. Мережа дитячих садків м. Суми

Згідно з рисунком 3.1 необхідно підкреслити, що дитячих садків по м. Суми є значно більше, а ніж це зображено на даному рисунку. Однак, є можливість виокремити конкретні з представлених та перерахувати їх. Серед таких закладів:

- Сумський дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) № 5 "Снігуронька" м. Суми, вулиця Герасима Кондратьєва, 142;
- Заклад дошкільної освіти (ясла-садок) №1 "Ромашка" Сумської міської ради, вул. Олександра Олеся, 3А;

- Дитячий садок та центр розвитку "Прайд", вул. Євгена Коростельова, 20;
- «Я краший» kid's club | Садок, вул. Української Народної Республіки, 4/1;
- НВК та гімназія «Просперітас», вул. Герасима Кондратьєва, 52;
- "Я Краший" Центр розвитку та творчості, вул. Харківська, 4;
- Дитсадок № 38 «Яблунька», 1, вул. Серпнева;
- Сумський ДНЗ №23 м. Суми, Пришибська площа, 23;
- Дошкільний навчальний заклад № 14 "Золотий півник", буд. 15, проспект Свободи;
- Дитячий центр Friendly Space, вул. Харківська, 32;
- Стефанія - приватний дитячий садок у м. Суми, проспект Тараса Шевченка, 21;
- Приватний дитячий садок "Ясочка", проспект Тараса Шевченка, 20 б;
- Ясла-садок № 29 "Росинка", 16, проспект Тараса Шевченка;
- Дитсадок №12 "Олімпійський", Нижньосироватська вул., 29;
- Академія сучасних дітей KidiUm (КідіУм) на Свободи 16/3, проспект Свободи, 16/3;
- ДНЗ № 36 Червоненька квіточка, 12, вул. Революції Гідності;
- ДНЗ №2 Ясочка, вул. Збройних Сил України, 39;
- Дошкільний навчальний заклад 32 " Ластівка", вул. Гарбузівська, 76;
- Світлячок – центр раннього розвитку дитини, вул. Петропавлівська, 87;
- Unikids - дитячий садок з басейном, проспект Михайла Лушпи, 54;
- ДНЗ "Метелик", 10, вул. Харківська;
- Дитячий садок №26 "Ласкавушка", провулок Лікаря Івана Дерев'янка, 3;
- Дошкільний навчальний заклад №37, вул. Хворостянка, 4;
- ДНЗ №15 "Перлинка", 17, вул. Олександра Коваленка;
- ДНЗ №23 Золотий ключик, 27, вул. Ковпака, Суми, Сумська область, 40000;
- ДНЗ 22 Джерельце, вул. Ковпака, 25, Суми, Сумська область, 40000;

- Академія сучасних дітей KidiUm (КідіУм) на проспекті М. Лушпи,19, Prospekt Imeni M, проспект Михайла Лушпи, 19;
- інші.

З переліку дошкільних навчальних закладів м. Суми стає очевидним порівняно різне за розташуванням місце знаходження закладів. Стосується це як географічних характеристик місцевості, так і окремого параметру щодо віддаленості споживача електричної енергії від різних трансформаторних підстанцій і т.п.

Тому, актуальність проведення дослідження щодо підвищення надійності системи електропостачання споживачів електричної енергії м. Суми за рахунок використання сучасних підходів до електропостачання є обґрунтованою.

3.2. Характерні особливості живлення електричною мережею дитячих садків

Питанню виконання живлючих частин дитячих садків в нормативній документації відводяться окремі підпункти. Необхідно виокремити, що актуальність роботи полягає в визначенні необхідності безвідмовної та безперебійної роботи мережі електричної енергії для закладів дошкільної освіти. Також, важливо відмітити, що така необхідність полягає і в підвищенні якості забезпечення споживача електричною енергією вцілому, а не лише на рівні окремого споживача.

Тому, нормативною документацією виокремлено кілька підпунктів щодо функціонування мережі електропостачання в закладах дошкільної освіти, на чому і буде побудовано подальше обґрунтування роботи параметрів системи.

Зокрема, ч. пп. 6.3.17 ПУЕ передбачає живлення світильників для зовнішнього освітлення на територіях дитячих ясел-садків, а також загальноосвітніх шкіл і шкіл-інтернатів, у тому числі і лікарень, госпіталів, пансіонатів, санаторіїв, будинків для відпочинку, дитячих таборів виконання

кабелем як від ввідних пристроїв від цих будівель або трансформаторних підстанцій, так й від найближчих станцій розподільних мереж для зовнішнього освітлення при умові дотримання вимог 6.5.27 ПУЕ.

Пп. 6.6.28 ПУЕ наголошує на тому, щоб вимикачі для світильників для загального освітлення необхідно встановлювати на висоті, що становить від 0,8 до 1,7 м від підлог, а у школах, дитячих яслах та садках, і у приміщеннях з метою перебування дітей – на відстані – на висоті 1,8 м від підлог. Вимикачі, що виконані із керуванням за рахунок шнура дозволяється встановлювати під стелею.

Аналогічним чином до указаних пунктів нормативної документації, є і різновидності, наприклад, кабельної продукції для виконання проводки таких закладів. Зокрема, виконання кабелів з маркуванням нг(А F/R)-FRLSLTx передбачено для прокладки з урахуванням об'єму горючого навантаження кабелів в системах протипожежного захисту, а також в інших системах, якими повинні зберігатися працездатність в умовах пожежі, у приміщеннях дитячих дошкільних навчальних закладів та інших подібних установах (лікарнях, спальних корпусах і т.п.), де є обмеженою можливість пересування згідно з віком людини або її станом здоров'я.

Базуючись на вище наведених підпунктах нормативної документації, а також державних стандартів, необхідно підкреслити, що специфіка виконання живлення таких споживачів електричної енергії, як дошкільні навчальні заклади, є досить важливим елементом при обґрунтуванні параметрів безперебійного їх живлення.

3.3. Використання розумних технологій з метою живлення споживачів електричної енергії

Під використанням розумних технологій з метою живлення споживачів електричної енергії розуміється цілий ряд параметрів, які піддаються контролю. Серед таких параметрів для дошкільних закладів освіти є:

- забезпечення безперебійним живленням електричною енергією, зокрема освітленням всередині приміщення;
- забезпечення інтернет-зв'язком з метою використання інтернет-технологій для мультимедіа заходів;
- регулювання мікроклімату всередині приміщення (системи кондиціонування);
- забезпечення відео наглядом та спостереженням в режимі реального часу усіх необхідних зон, які піддаються контролю;
- наявність водних ресурсів для персоналу та дітей дошкільного віку необхідної кімнатної температури;
- функціонування дверей на вхід та вихід з кімнат, що працюють дистанційно з метою керування співробітниками дошкільного навчального закладу;
- регулювання подачі живлення в розетках та інших джерелах електричної енергії аудиторій.

Порівняно широкий, однак, не дорогий набір функцій, що мають бути забезпеченими з метою функціонування системи електропостачання дошкільного навчального закладу, представлений вище, необхідно доповнити пристроями безперебійної подачі електричної енергії.

В указаному випадку, цілісна структура функціонування системи електропостачання дошкільного навчального закладу може бути представленою нижче на рисунку 3.2.

Така система включає в себе набір функціональних елементів, характерні особливості для яких оговорено вище. Одночасно із цим, необхідно підкреслити, що з'єднання усіх струмоведучих частин між даними споживачами електричної енергії необхідно виконувати у відповідності до нормативної документації. Зокрема, на вимогу Правил улаштування електроустановок та державних стандартів, прокладка проводки для дитячих навчальних закладів має бути виконаною негорючим кабелем, що не виділяє диму та осадок при горінні та тлінні.

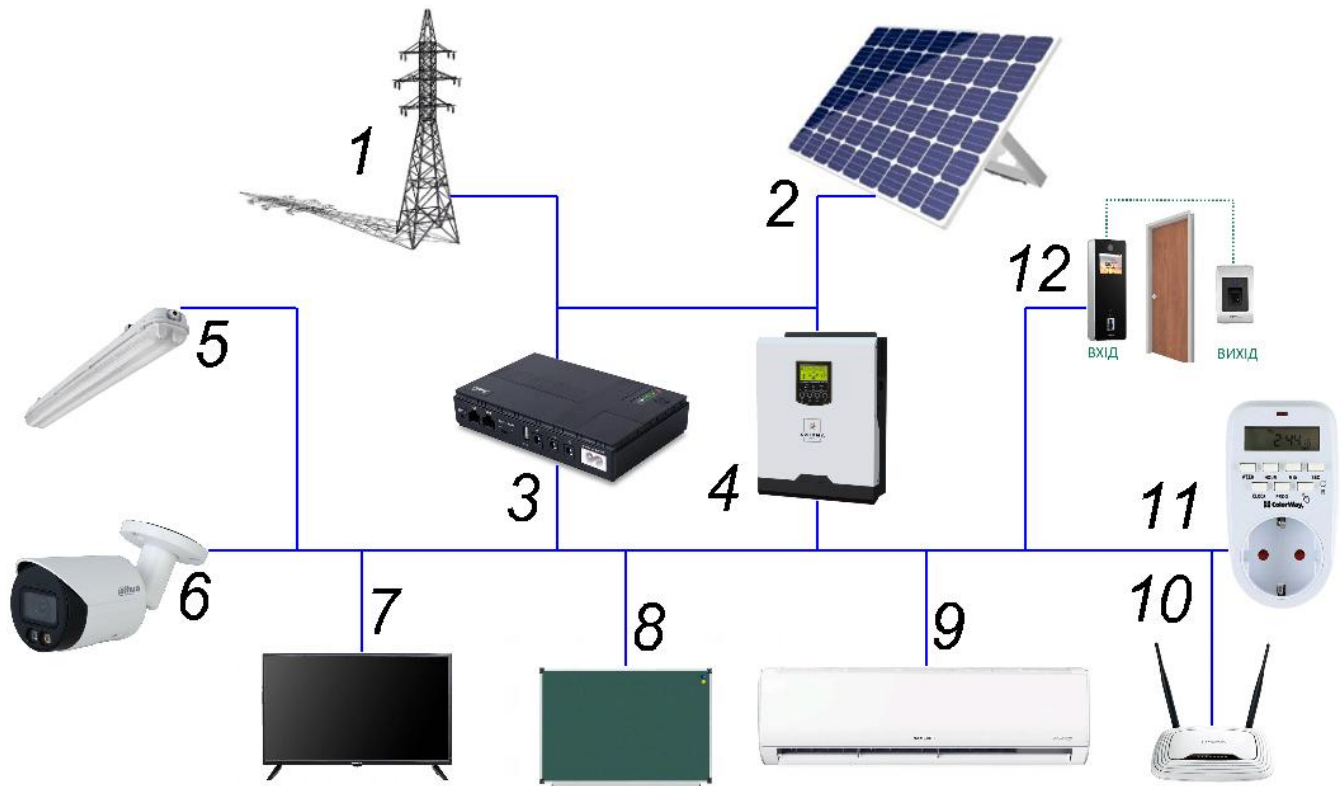


Рисунок 3.2. Структура розумного керування закладом дошкільної освіти. 1 – загальна мережа; 2 – мережа альтернативних джерел енергії; 3 – джерело безперебійного живлення; 4 – інвертор; 5 – елементи освітлення; 6 – елементи відеоспостереження; 7 – засоби мульти-медіа; 8 – навчальні засоби; 9 – засоби регулювання клімату; 10 – Wi-Fi-зв'язок; 11 – елементи розумних джерел живлення 12 – елементи розумних дверей

3.3.1. Джерела живлення споживачів електричною енергією

Згідно з представленою структурою розумного керування закладом дошкільної освіти є можливість виокремлення окремо кожного зі структурних елементів та їх функціональних особливостей. Розпочати необхідно з того, що об'єднана енергетична система, яка є традиційним джерелом електричної енергії

для споживачів, може працювати з періодичними вимкненнями. Такі вимкнення можуть бути:

- запланованими;
- незапланованими.

Запланованими вимкненнями вважаються такі вимкнення, які здійснюються з метою проведення ремонтних робіт, технічного обслуговування, введення в експлуатацію того чи іншого устаткування. Відповідним чином, з метою виконання запланованих відключень електричної енергії від споживачів електричного струму, реалізуються сповіщення даних споживачів у періоди, регламентовані чинним законодавством.

Незаплановані відключення електричної енергії полягають в відключеннях енергії по причині аварійних ситуацій. Такими ситуаціями є, найбільш часто, в умовах повномасштабного вторгнення відключення під час повітряних тривог, виходу з ладу устаткування і т.п. В такому випадку, незаплановані відключення електричної енергії відбуваються без попереджень споживачів електричного струму. Якщо вести мову про фіксацію таких відключень та оповіщення щодо них, то:

1) фіксація аварійних відключень відбувається відповідними структурними органами системи енергозабезпечення – Обленерго;

2) оповіщення про аварійні відключення відбуваються подібно до оповіщень про заплановані відключення, однак вони здійснюються уже після відключення у відповідних соціальних мережах та сайтах новин. Також, осередком сигналізації про відключення електричної енергії є офіційні сайти структурних закладів системи забезпечення населення електричною енергією.

У відповідності до вище сказаного, необхідність забезпечення визначеного споживача безперебійним живленням реалізується з використанням альтернативних джерел енергії. В даному випадку, з метою виконання таких функціональних особливостей досить ефективним є функціонування сонячних

панелей. З розрахунку на те, що даний регіон є забезпеченим порівняно високою кількістю сонячного випромінювання, такий вид альтернативних джерел енергії є раціонально вигідним.

3.3.2. Елементи трансформації електричної енергії

З метою виконання функцій трансформації електричної енергії з вихідної напруги 12/24 В від систем альтернативної енергетики, – сонячних панелей, доцільним є використання інверторів. Дані структурні елементи на вході мають згадане в попередньому реченні твердження щодо показника напруги і на виході мають напругу 220 В з метою живлення усіх споживачів електричної енергії.

Використання інвертора в таких випадках є доцільним саме гібридного виконання. Це, свого роду, інтелектуальний пристрій, що поєднує функції:

- сонячного інвертора;
- контролера заряду;
- системи керування акумулятором.

Таким структурним елементом дозволяється перетворення постійного струму від, в даному випадку, сонячних панелей в змінний. Також, важливою функціональною особливістю такого пристрою є керування зарядкою акумуляторів і взаємодія із електромережею з метою оптимізації споживання електричної енергії і забезпечення резервного живлення в моменти відключень.

Перевагами використання гібридних інверторів є:

- енергонезалежність, чим реалізується зменшення залежності від центральної мережі і забезпечення стабільного електропостачання;
- економія коштів: зменшення рахунків за електричну енергію завдяки ефективному використанню потенціалу сонячної енергії;
- зручність, чим забезпечується об'єднання в собі кількох пристроїв в одному, що значним чином спрощує систему та зменшує витрати;

- гнучкість: дозволяється вибір пріоритетного джерела енергії з одночасною оптимізацією використання енергії і отриманням резервного джерела живлення.

3.3.3. Елементи забезпечення навчального та виховного процесу

З метою виконання вище згаданих функціональних завдань для роботи закладу дошкільної освіти представлено елементи на рисунку 3.2. Таким елементами є перераховані охарактеризовані вище структурні частини функціонування розумної системи з забезпечення навчального та виховного процесу.

1. Система освітлення функціонує як від загального джерела живлення, – Об'єднаної енергетичної системи, так і від системи альтернативної енергетики, – сонячних панелей. Таким чином, забезпечення заходів безперебійного живлення електричною енергією реалізується цілком раціонально, у тому числі, – і з забезпеченням економічного зростання установи.

Необхідно підкреслити, що на виконання вимог Правил улаштування електроустановок, зокрема пп. 6.3.17 та 6.6.28, прокладання проводки від систем живлення електричною енергією та споживачів, зокрема, освітлення, – необхідно здійснювати на висоті та з елементами дистанційного керування. Тому, враховані вимоги цілком реалізовано згідно зі структурою рисунку 3.2.

2. Засоби відеоспостереження мають функціонувати з метою відеофіксації виконання роботи та контролю за дітьми дошкільного віку. Реалізується це також і з метою забезпечення безпеки людей, які, в міру свого віку, не можуть забезпечити для себе належний рівень виконання безпечних умов навчання та виховання в закладі.

3 - 4. Засоби мульти- та media. Такі елементи навчання та виховання дітей дошкільного віку є одними з головних у курсі функціонування указаних закладів. В результаті роботи системи з безперебійного живлення електричною енергією

виконується актуальне завдання належного функціонування дошок, інформаційних засобів, телевізорів, моніторів тощо.

Живлення таких елементів відбувається з використанням напруги 220 В змінного струму. Також, важливо підкреслити, що їх функціонування відбувається з використанням *інтернет-ресурсів*, які також включені до структури системи розумного керування, зображеної на рисунку 3.2. Тому, дистанційне керування також реалізується і для інтернет-ресурсів з використанням *Wi-Fi зв'язку*.

5. Системи з забезпечення клімату в приміщеннях, зокрема, – підтримання необхідної температури, функціонують від загальної мережі змінного струму, а при її відключенні, – від альтернативних джерел енергії.

Такими структурними елементами є кондиціонери. Їх використання є зручним і цілком задовольняє вимоги щодо реалізації стратегії впровадження розумних технологій. Така реалізація відбувається шляхом можливості дистанційного керування кондиціонерами як з робочого місця персоналу, так і з використанням розумних технологій на телефоні, – тобто, за межами стін приміщення.

6. Подача напруги до джерел живлення відбувається виключно з дозволу персоналу. Така вимога є очевидною з точки зору розвитку вікового складу людей, які навчаються та виховуються в закладі дошкільного навчання. Також, важливо відмітити, що керування такими джерелами, з урахуванням технології розумних рішень, відбувається дистанційно. Зокрема, на рисунку 3.2 зображено *розумні розетки*, вмикання та вимикання яких відбувається як в ручному режимі (за потреби персоналу), так і режимі дистанційного керування – через Wi-Fi зв'язок. Тому, реалізація можливостей розумного дому цілковито є доповненою керуванням подачею електричної енергії виключно персоналом і забезпеченням при цьому безпеки для людини, що знаходиться в даному закладі дошкільної освіти.

7. Аналогічним чином до виконання дистанційного керування подачею напруги в джерелах живлення, доцільним є виконання *дистанційного керування*

вхідними та вихідними дверми в закладі освіти. Таку технологію також є можливість реалізувати за допомогою наявного Wi-Fi зв'язку.

3.4. Додаткові функціональні особливості показаних технічних рішень

Перераховані функціональні завдання з метою забезпечення навчального та виховного процесу реалізуються не лише для дітей дошкільного віку та персоналу, задіяного в роботі з ними. Такі функціональні завдання також витримуються і з метою роботи підвальних приміщень, що є наявними на прилеглих територіях.

Тому, використання камер для відео спостереження, засобів дистанційно \ї подачі електричної енергії, відкривання дверей є важливим елементом.

Нижче, на рисунку 3.3, зображено сучасне укриття, побудоване у відповідності до норм, що є прописаними законодавством. Також, не мало важливо відмітити, що указані на рисунку 3.3 елементи є елементами сучасного комфортного укриття, окремі з яких представлено в попередніх підпунктах даного розділу. Зокрема, такими елементами є:

- система трубопроводів для тепло- та водопостачання в кімнату, у тому числі і від альтернативних джерел енергії (для прикладу, сонячних колекторів);
- джерела електричної енергії, що мають бути виконаними як від загальної мережі електричного струму, так і від альтернативних джерел енергії;
- енергоощадне освітлення;
- засоби вентиляції та регулювання температури всередині кімнати укриття.



Рисунок 3.3. Елементи укриття. 1 – система вентиляції та мікроклімату; 2 – система теплопроводів; 3 – джерела електричної енергії; 4 – прокладка проводки кімнат; 5 – елементи системи освітлення

3.5. Висновки до 3-го розділу

Таким чином, підвищення надійності системи електропостачання для конкретного виду споживачів полягає у виконанні різних функціональних особливостей. В даному розділі представлено кроки по реалізації безвідмовної подачі електричної енергії споживачам електричного струму. Також, показано елементи розумного керування процесами, необхідними з метою виконання функціональних завдань персоналу у ході їх роботи.

Розділ 4. Охорона праці

Впровадження сучасних технологій, таких як «розумні мережі», у системах електропостачання та автоматизації дитячих садків має на меті підвищення ефективності та безпеки. Однак, будь-які технічні інновації вимагають ретельного аналізу потенційних ризиків для працівників та належної організації заходів з охорони праці. Цей розділ присвячений системному підходу до забезпечення безпечних умов праці при проектуванні, монтажі та експлуатації систем «розумних мереж» у закладах дошкільної освіти.

4.1. Організація охорони праці при впровадженні розумних мереж

Організація охорони праці при впровадженні розумних мереж у дитячих садках повинна бути комплексною і включати всі етапи життєвого циклу проекту: від планування та проектування до монтажу, введення в експлуатацію та подальшого обслуговування. Ключовим елементом є розробка та впровадження системи управління охороною праці, яка відповідає національним стандартам та нормативно-правовим актам.

Насамперед, необхідно створити робочу групу з питань охорони праці, до складу якої увійдуть представники адміністрації дитячого садка, інженерно-технічний персонал, відповідальні за електробезпеку, а також представники підрядної організації, що виконуватиме роботи.

Ця група відповідатиме за:

- Розробку проєктно-технічної документації з урахуванням вимог безпеки, включаючи інструкції з охорони праці для всіх видів робіт.
- Проведення навчання та інструктажів для персоналу, який буде експлуатувати та обслуговувати нові системи. Це стосується не лише технічних

спеціалістів, а й педагогічного та допоміжного персоналу, який може стикатися з елементами «розумних мереж» у повсякденній діяльності.

- Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, необхідним інструментом та обладнанням, що відповідає вимогам безпеки.

- Організацію медичних оглядів для працівників, задіяних у роботах підвищеної небезпеки.

- Розробку та впровадження процедур контролю за дотриманням вимог охорони праці на всіх етапах.

Важливим аспектом є також взаємодія з органами державного нагляду за охороною праці, отримання необхідних дозволів та погоджень. Документація з охорони праці повинна бути доступною для ознайомлення всім зацікавленим сторонам та регулярно оновлюватися.

4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при впровадженні розумних мереж

Впровадження «розумних мереж» може супроводжуватися виникненням низки шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які необхідно ідентифікувати, оцінити та мінімізувати.

До основних з них належать:

- *Електричний струм*: Основний та найнебезпечніший фактор при роботі з електроустановками. Ризик ураження електричним струмом може виникнути під час монтажу, налагодження, ремонту та обслуговування обладнання, особливо при роботі з високовольтними компонентами або неналежному заземленні.

- *Електромагнітні поля*: «Розумні мережі» використовують бездротові технології та передачу даних, що генерує електромагнітні поля. Хоча рівні випромінювання зазвичай є безпечними, необхідно контролювати їх відповідність нормативним вимогам, особливо в приміщеннях, де постійно перебувають діти та персонал.

- *Робота на висоті:* Монтаж сенсорів, камер, антен та інших елементів «розумних мереж» часто потребує виконання робіт на висоті, що несе ризик падіння.

- *Механічні фактори:* Переміщення та встановлення важкого обладнання, використання ручного та електрифікованого інструменту може призвести до травм, ударів, порізів.

- *Шум та вібрація:* Експлуатація деякого обладнання (наприклад, вентиляційних систем, силових шаф) може створювати підвищений рівень шуму та вібрації, що негативно впливає на слух та загальний стан працівників.

- *Хімічні речовини:* Використання клеїв, герметиків, розчинників під час монтажних робіт може викликати подразнення дихальних шляхів та шкіри.

- *Пожежна небезпека:* Неправильний монтаж електрообладнання, перевантаження мережі, несправність компонентів можуть призвести до коротких замикань та пожеж.

- *Психофізіологічні фактори:* Інтенсивна робота, необхідність концентрації уваги, особливо при налагодженні складних систем, може призвести до втоми та стресу.

Особливу увагу слід приділити оцінці ризиків, пов'язаних з можливим доступом дітей до елементів системи, що може створити додаткові небезпеки.

4.3. Рекомендації щодо впровадження безпечних умов праці при впровадженні розумних мереж

Для мінімізації існуючих шкідливих та небезпечних факторів та забезпечення безпечних умов праці при впровадженні «розумних мереж» рекомендується впровадити такі заходи:

Електробезпека:

- Використання обладнання, що відповідає стандартам безпеки, має відповідні сертифікати.
- Обов'язкове заземлення та занулення всіх металевих частин електроустановок.
- Встановлення пристроїв захисного відключення (ПЗВ) та автоматичних вимикачів.
- Регулярний контроль стану ізоляції електропроводки та обладнання.
- Наявність та використання засобів індивідуального захисту від ураження електричним струмом (діелектричні рукавички, килимки, інструмент з ізольованими ручками).
- Виконання робіт з електроустановками лише кваліфікованим персоналом з відповідною групою допуску.
- Забезпечення захисту від несанкціонованого доступу до електрощитів та розподільчих пристроїв, особливо з боку дітей.

Захист від електромагнітних полів:

- Розміщення обладнання, що генерує електромагнітні поля, відповідно до санітарних норм та правил.
- Забезпечення мінімально допустимих відстаней від таких джерел до постійних робочих місць та місць перебування дітей.
- Регулярний моніторинг рівня електромагнітного випромінювання.

Безпека при роботі на висоті:

- Використання лише справних та сертифікованих драбин, помостів, будівельних лісів.
- Обов'язкове застосування запобіжних поясів, страхових систем.
- Належна підготовка та інструктаж працівників, що виконують такі роботи.

Механічна безпека:

- Застосування справного, сертифікованого інструменту та обладнання.
- Навчання працівників безпечним прийомам роботи з інструментом.
- Використання захисних рукавичок, окулярів, касок.
- Забезпечення належного освітлення робочих місць.

Пожежна безпека:

- Використання пожежобезпечного обладнання та матеріалів.
- Дотримання вимог до прокладання електропроводки та монтажу електроустановок.
 - Забезпечення приміщень первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники).
 - Розробка та регулярне оновлення планів евакуації.
 - Проведення інструктажів з пожежної безпеки.

Організаційні заходи:

- Розробка та затвердження чітких інструкцій з охорони праці для всіх видів робіт.
 - Систематичне проведення навчання, інструктажів (вступного, первинного, повторного, позапланового, цільового) та перевірки знань з охорони праці.
 - Призначення відповідальних осіб за дотримання вимог охорони праці.
 - Регулярне проведення аудитів та перевірок стану охорони праці.
 - Розслідування нещасних випадків та професійних захворювань, аналіз їх причин та розробка заходів щодо запобігання.
 - Забезпечення належного санітарно-гігієнічного стану приміщень.

4.4. Висновки до 4-го розділу

Розділ «Охорона праці» підкреслює критичну важливість інтеграції принципів безпеки на всіх етапах впровадження та експлуатації «розумних мереж» у дитячих садках. Ефективна організація охорони праці, ретельний аналіз потенційних шкідливих та небезпечних факторів, а також своєчасне впровадження рекомендацій щодо безпечних умов праці є запорукою захисту здоров'я та життя як працівників, що обслуговують системи, так і вихованців та персоналу дошкільного закладу. Дотримання встановлених норм і правил, постійне навчання персоналу та регулярний контроль стану охорони праці дозволяють мінімізувати ризики та забезпечити стабільне та безпечне функціонування сучасних енергетичних та автоматизованих систем. Таким чином, охорона праці виступає невід'ємною складовою успішної та відповідальної модернізації інфраструктури дитячих закладів.

Розділ 5. Економічне обґрунтування

З метою введення в експлуатацію системи розумних мереж для умов функціонування дитячих садків є доцільність приведення техніко-економічних показників, а саме, - затрат на комплектування на запуску такої системи.

Розрахунок затрат для впровадження системи розумних мереж для дитячих садків доцільно виконати за такою схемою:

Структура капіталовкладень K ділиться на три основні елементи:

$$K = K_{об} + K_{бмр} + K_{ін}, \quad (5.1)$$

де: $K_{об}$ – капіталовкладення на придбання устаткування;

$K_{бмр}$ – капіталовкладення на виконання будівельно-монтажних робіт;

$K_{ін}$ – капіталовкладення на інші види робіт, що не передбачені в $K_{об}$ та $K_{бмр}$.

Розглянемо більш детально кожну із даних складових по певному переліку позицій.

Витрати $K_{об}$ включають вартість:

- обладнання, яке потребуватиме монтажні роботи (попередні складання, встановлення й налагоджень);
- обладнання, яким не передбачено монтаж;
- необхідні КВП та інструмент.

Числові значення вартості структурних елементів, розглянутих у розділі 3 даної роботи, представлено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Вартість структурних елементів розумних мереж

№	Назва структурного елемента, n	Вартість, грн
1.	альтернативні джерела енергії	150000
2.	джерело безперебійного живлення	19000
3.	інвертор	17000
4.	елементи освітлення	7000
5.	елементи відеоспостереження	22000
6.	засоби мульти- медіа	32000
7.	навчальні засоби	12000
8.	засоби регулювання клімату	25000
9.	Wi-Fi-зв'язок	8000
10.	елементи розумних джерел живлення	17000
11.	елементи розумних дверей	25000
Всього		334000

Сума капіталовкладень складає:

$$K_{об} = \sum n, \text{ грн} \quad (5.2)$$

$$K_{об} = 334000, \text{ грн}$$

Капіталовкладення для виконання будівельно-монтажних робіт $K_{бмр}$ включають:

- витрати в будівництво нових, розширення, реконструкції й технічного переозброєння постійної і тимчасової будівель та споруд;

- монтаж конструкцій і обладнання;
- спорудження інфраструктури та комунікацій.

$$K_{\text{бмр}} = \frac{K_{\text{об}}}{3}, \text{ грн} \quad (5.3)$$

$$K_{\text{бмр}} = \frac{334000}{3} = 111333,3 \text{ грн}$$

Інші витрати $K_{\text{ін}}$ включають вартість:

- проведення науково-дослідної роботи;
- виконання проектно-вишукувальної роботи;
- здійснення технічного та авторського контролю за будівництвом;
- підготовку персоналу об'єкту будівництва.

$$K_{\text{ін}} = \frac{K_{\text{об}}}{7} \cdot 100, \text{ грн} \quad (5.4)$$

$$K_{\text{ін}} = \frac{334000}{7} \cdot 100 = 47714,3 \text{ грн}$$

Знаходимо загальну суму капіталовкладень:

$$K = 334000 + 111333,3 + 47714,3 = 493\,047,6 \text{ грн}$$

Загальні показники витрат відображено на діаграмі рисунку 5.1.

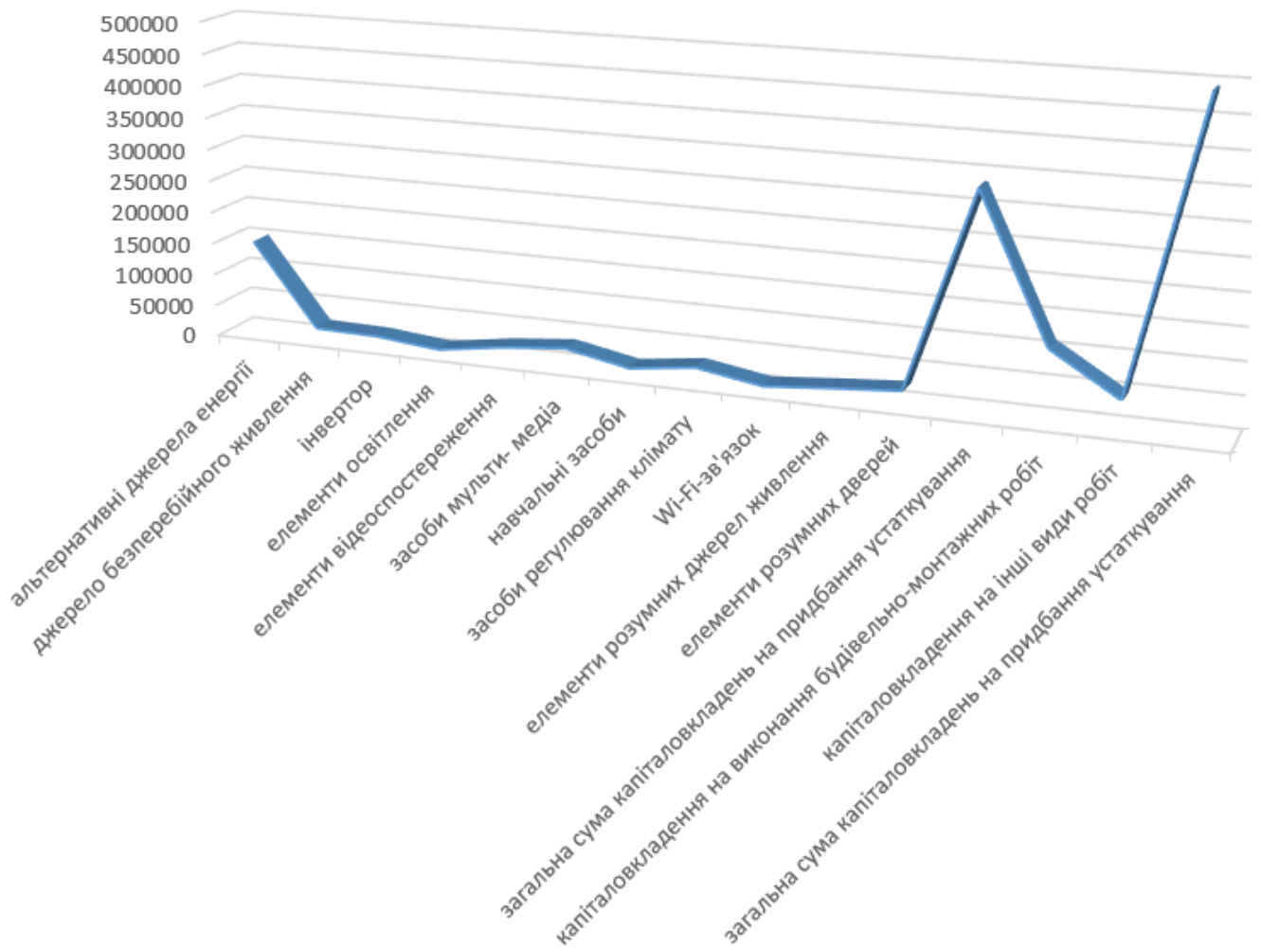


Рисунок 5.1. Загальні показники витрат та реалізацію систем для розумних мереж дитячих садків

Висновки

Підвищення надійності системи електропостачання може бути реалізованим різними заходами. Такими заходами можуть бути як використання певних технологій з безперебійного живлення споживача, так і комплексним підходом.

Останнє з указаного полягає у використанні різних заходів, що є спрямованими як на забезпечення споживача електричною енергією, такі на надійне функціонування структурних елементів такої системи.

Тому, в даній роботі запропоновано важливі технологічні рішення щодо забезпечення надійності системи електропостачання конкретного споживача електричної енергії. Для виконання дослідження обрано заклади дошкільної освіти – дитячі садки м. Суми.

У відповідності до аналізу чисельності указаних закладів дошкільної освіти підкреслено, їх кількість є досить значною та перевищує 30 одиниць виключно на м. Суми. Тому, актуальність дослідження обґрунтовано двома ключовими показниками:

- 1) великою кількістю обраних споживачів електричної енергії;
- 2) видом діяльності указаних споживачів електричної енергії.

Другий етап обґрунтування вибору споживачів стосувався забезпечення закладу дошкільної освіти, у відповідності до нормативної документації, усіма необхідними засобами з виконання функціональних завдань. Підкреслено, що такі заклади є прикладом установ, де присутні люди, які в силу свого віку та розвитку, ще не є самостійними та не здатними приймати самостійні рішення щодо власних дій, а також забезпечення власної безпеки. Тому, заклади дошкільної освіти в роботі розглянуто як заклади з підвищеними вимогами щодо організації заходів з забезпечення безпеки для людини, наявності систем відео нагляду, моніторингу і т.п.

Базуючись на виконаному обґрунтуванні актуальності виду обраного споживача електричної енергії, підкреслено, що набором елементів для виконання функціональних завдань є:

- джерела альтернативної енергії;
- джерела безперебійного живлення;
- гібридні перетворювачі електричної енергії (гібридні інвертори);
- засоби відео нагляду;
- сучасне енергоощадне освітлення;
- елементи розумного (в даному випадку, мається на увазі дистанційного) керування подачею електричної енергії до джерел живлення;
- елементи підтримання мікроклімату всередині приміщення з дистанційним керування;
- засоби інтернет-зв'язку;
- засоби мульти- та медіатехніки.

На основі приведеного переліку устаткування, у відповідності до Правил улаштування електроустановок, підкреслено вимоги щодо встановлення систем освітлення та засобів керування ними. Також, базуючись на державних стандартах, підкреслено необхідність використання окремого виду кабелю для виконання електричної мережі всередині приміщення. Таким видом кабелю охарактеризовано обмеженість дій людини в силу її віку щодо забезпечення власної безпеки в умовах пожежі або інших аварійних ситуацій (а саме, – не підтримуючий горіння кабель та такий, що не виділяє токсичних речовин при горінні та тлінні проводки в приміщенні).

Таким чином, комплексне підвищення надійності системи електропостачання полягає в виборі безперебійного комбінованого живлення для споживачів та набору елементів в системі електропостачання, якими задовольняються потреби персоналу, задіяного в робочому процесі.

Список використаних джерел

1. Huang, H., Miao, P., Wei, Q., & Geng, Y. Bilevel optimization in smart grid operations: A review of real-time electricity pricing strategies and future directions. *Electric Power Systems Research*. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2025.112253>
2. Muna, R.K., Hossain, M.I., Alam, M.G., Hassan, M.M., Ianni, M., & Fortino, G. (2023). Demystifying machine learning models of massive IoT attack detection with Explainable AI for sustainable and secure future smart cities. *Internet Things*, 24, 100919. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100919>
3. Nandhini, N., Manikandan, V., & Elango, S. (2025). An interpretable generalized additive neural networks for electricity theft detection in smart cities using balanced data and intelligent grid management. *Energy and Buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.116123>
4. Gabriel, L.M., Adebisi, J.A., Leokadia, N., & Chembe, D.K. (2025). Investigation of Smart Grid Technologies Deployment for Energy Reliability Enhancement in Electricity Distribution Networks. *Franklin Open*. <https://doi.org/10.1016/j.fraope.2025.100227>
5. Managre, J., & Gupta, N. (2025). Demonstrate the Predictive Model of Machine Learning in Smart Grids to Process Large Electricity Data According to Power Demand and Supply. *Procedia Computer Science*. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.03.339>
6. Жуйков В.Я., Кулаков О.В., Островерхов М.Я. Системи енергозбереження та моніторингу в «розумних мережах» // *Технічна електродинаміка*. – 2017. – № 6. – С. 52-58.
7. Козирський В.В. Розвиток методів та засобів підвищення надійності функціонування електричних мереж з розподіленою генерацією: дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.02. – Київ, 2019. – 360 с.

8. Савченко О.В. Моделювання та оптимізація режимів роботи електричних мереж з активними споживачами // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність. – 2018. – № 4 (1282). – С. 13-17.
9. Маляр В.М., Казимір І.С. Підвищення ефективності функціонування Smart Grid за рахунок використання інтелектуальних систем управління // Проблеми енергоресурсозбереження та раціонального природокористування: зб. тез доп. X Міжн. наук.-практ. конф. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – С. 125-126.
10. Дрозд А.В., Гулаков С.К., Притула В.А. Аналіз впливу розподіленої генерації на надійність електропостачання споживачів // Електричні системи та мережі. – 2019. – № 3. – С. 45-51.
11. Патент України на корисну модель № 134567. Спосіб підвищення надійності електропостачання споживачів в умовах Smart Grid / Автори: Петренко І.В., Сидоренко О.М., Коваленко П.Р.; заявник: Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського». – № u201801234; заявл. 12.02.2018; опубл. 25.07.2019, Бюл. № 14.
12. Кудря С.О., Несен Г.П. Розумні мережі: концепція, архітектура та перспективи розвитку в Україні // Промислова електроенергетика та електротехніка. – 2016. – № 1. – С. 3-10.
13. Шевченко В.А. Методи та моделі управління режимами електричних мереж з активними елементами: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02. – Харків, 2017. – 210 с.
14. Мелешко К.О., Воронков А.В. Вплив інтелектуальних систем захисту на надійність функціонування електричних мереж // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2020. – № 2. – С. 27-33.
15. Васильєва А.Л., Ткаченко С.В. Аналіз сучасних підходів до забезпечення кібербезпеки в Smart Grid // Енергозбереження та енергоефективність: теорія

- і практика: зб. тез доп. Міжн. наук.-практ. конф. – Одеса: ОНПУ, 2019. – С. 78-79.
16. Шишко В.В., Коваленко І.І. Методи прогнозування надійності Smart Grid з урахуванням відновлюваних джерел енергії // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2018. – № 4. – С. 55-60.
17. Бондаренко В.В. Оптимізація структурно-функціональної надійності розподільчих електричних мереж: дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.02. – Львів, 2018. – 380 с.
18. Луценко О.В., Петренко Д.С. Застосування мікромереж для підвищення надійності електропостачання критичної інфраструктури // Технічна електродинаміка. – 2019. – № 4. – С. 60-66.
19. Олійник І.В., Кириченко С.М. Оцінка ефективності впровадження систем Smart Grid для підвищення надійності енергосистеми міста // Сучасні проблеми електроенергетики: зб. тез доп. Всеукр. наук.-практ. конф. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – С. 89-90.
20. Заболотний С.А., Купріян В.В. Інтелектуальні системи моніторингу та діагностики в електричних мережах // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія "Електротехніка та автоматика". – 2020. – № 1. – С. 34-40.
21. Правила улаштування електроустановок (2017), затверджені Наказом Міністерства енергетики України від 21.07.2017 № 476, (<https://art-energetyka.com.ua/%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0-%D1%83%D0%BB%D0%B0%D1%88%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BA.pdf>)

- 22.Методичні вказівки до виконання магістерської роботи для студентів 2 м курсу інженерно-технологічного факультету спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», денної та заочної форм навчання.– Суми: Сумський НАУ, 2021. – 32 с.
- 23.Хворост Т.В., Василенко О.О., Семерня О.В., Шандиба О.Б., Кіндя О.П. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних роботах студентами інженерно-технологічного факультету Ступінь вищої освіти: магістр. - Суми: СНАУ, 2020. – 12 с.
- 24.Дідик В.М. Методи та моделі оптимізації структурно-функціональної надійності систем електропостачання з розподіленою генерацією: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02. – Львів, 2018. – 20 с.
- 25.Остапенко В.В. Підвищення ефективності функціонування міських електричних мереж з урахуванням інтеграції активних споживачів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02. – Харків, 2020. – 24 с.
- 26.Коломієць О.В. Моделювання та аналіз показників надійності розподільчих електричних мереж з інтелектуальними засобами управління: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02. – Київ, 2019. – 21 с.