

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут енергозбереження та
енергоменеджменту
(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Д.Г. Дерев'янка

« ____ » _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

спеціалізації Системи електропостачання

на тему: *«Підвищення надійності електропостачання систем освітлення
парків та зон відпочинку на прикладі дендропарку "Александрія"»*

Виконав (-ла): студент (-ка) VI курсу, групи ОЕ-01мп

Бікеєв Дмитро Олександрович _____

(прізвище, ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц. Замулко Анатолій Ігорович _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д. _____

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Системи забезпечення споживачів електричною енергією»

В.о. завідувача кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«___» _____ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
*Бікеєву Дмитру Олександровичу***

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема дисертації** «Підвищення надійності електропостачання систем освітлення парків та зон відпочинку на прикладі дендропарку "Александрія"»

науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Замулко Анатолій Ігорович,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «29» жовтня 2021 р. №3602-е

Строк подання студентом дисертації 20 грудня 2021 року

2. **Об'єкт дослідження** Державний дендрологічний парк «Олександрія»

3. **Предмет дослідження** Системи електропостачання і методи реалізації різних задач в межах об'єкту.

4. **Перелік завдань, які потрібно розробити** загальна характеристика паркових зон в Україні та особливості їх формування, електропостачання парку, умови проектування паркової зони, формування системи гарантованого живлення електричної енергії для паркової зони з використанням систем накопичення енергії, розробка стартап-проекту

5. **Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:** презентація матеріалів

дисертаційної роботи за результатами дослідження.

7. Орієнтовний перелік публікацій Бікеєв Д.О., Копчиков О.М. “Підвищення надійності електропостачання систем освітлення з використанням смарт технологій в парковій зоні та зон відпочинку на прикладі дендропарку” IV Науково-технічна конференція магістрів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) (Київ, 18 листопада 2021 року).

8. Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

ас. Прокопенко І.Д.

9. Дата видачі завдання 1 вересня 2021 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Отримання завдання	01.09.21	Виконано
2	Аналіз літературних джерел	02.09.21-09.09.21	Виконано
3	Робота над першим розділом	10.09.21-20.09.21	Виконано
4	Робота над другим розділом	21.09.21-05.10.21	Виконано
5	Робота над третім розділом	06.10.21-16.10.21	Виконано
6.	Розробка стартап проєкту	17.10.21-25.10.21	Виконано
7.	Оформлення дисертації	26.10.21-29.10.21	Виконано
8.	Оформлення реферату і презентації, перевірка на плагіат та рецензування	30.10.21-10.12.21	Виконано
9.	Попередній захист магістерської дисертації	10.12.21-14.12.21	Виконано
10.	Захист магістерської дисертації	20.12.21-22.12.21	Виконано

Студент

(підпис)

Д.О. Бікеєв
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

А.І. Замулко
(ініціали, прізвище)

Реферат

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 109 сторінок, у тому числі 101 сторінки основного тексту, 47 рисунків, 20 таблиць, переліку використаних джерел зі 41 найменувань.

Актуальність теми.

Просування України в Європейській та світовій спільноті, створення місць якій були би цікаві для відвідування. Дана тенденція пов'язана зі зростання кількості паркових зон в Україні.

Фактично представлений проект враховує загально державні тенденції і принциповим питанням представляє паркову зону як певну систему, яка складається з інших підсистем, в даному випадку паркова зона виступає певною множиною об'єктів електропостачання, кожен з цих об'єктів має підмножини такі як:

- освітлювальна підмножина, яка поділяється в свою чергу на об'єкти:
- дистанційного живлення та об'єкти лінійного живлення.
- підсистема двигунів, яка залучається для фонтанних зон
- об'єктів цивільного призначення: адміністративна будівля, кафе.

Об'єкт є певною мірою є унікальним, так як він поєднує в собі різнопланові об'єкти міської інфраструктури

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Були проаналізовані роботи Козловської В., Жаркова Ю., Бляєва Л. в сфері освітлення об'єктів цивільного призначення, Мельникова В., в сфері розробки активно-адаптивної системи електропостачання.

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі електропостачання Навчально-науково Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені

Ігоря Сікорського» відповідно до плану наукових досліджень кафедри в частині забезпечення надійного електропостачання споживачів.

Мета й завдання дослідження.

- Підвищення відвідуваності парку
- Розширення послуг об'єкту дослідження
- Створення належних умов для його функціонування з системою освітлення.

Створення гарантованого живлення об'єкту з врахування ландшафту об'єкту

Об'єктом дослідження.

Державний дендрологічний парк «Олександрія»

Предмет дослідження.

Системи електропостачання і методи реалізації різних задач в межах об'єкту.

Наукова новизна одержаних результатів.

Розроблено інноваційний підхід до формування автономної системи електропостачання об'єктів благоустрою та паркових зон.

Запропоновано класифікацію об'єктів благоустрою за критерієм електроспоживання та сформовано пропозиції щодо алгоритму вибору відновлювальних джерел та систем гарантованого живлення для таких об'єктів.

Практичне значення одержаних результатів.

Запропоновано класифікацію об'єктів у сфері благоустрою населених пунктів за критерієм електроспоживання та сформовано пропозиції щодо алгоритму вибору відновлювальних джерел для таких об'єктів.

Публікації. IV науково-технічна конференція магістрантів НН ІЕЕ м. Київ, 17-18 листопада 2021 р.

Ключові слова: надійність електропостачання, системи накопичення енергії, смарт освітлення, смарт керування.

Abstract

The dissertation consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, a list of sources used. The total volume of the work is 109 pages, including 101 pages of the main text, 47 figures, 20 tables, a list of used sources of 41 items.

Actuality of theme.

Promotion of Ukraine in the European and world community, the creation of places which would be interesting to visit. This trend is related to the growing number of park areas in Ukraine.

In fact, the presented project takes into account general state trends and the main issue is the park area as a system consisting of other subsystems, in this case the park area is a set of power supply facilities, each of these facilities has subsets such as:

- lighting subset, which in turn is divided into objects:
- remote power supply and linear power supply facilities.
- engine subsystem, which is involved for fountain zones
- objects of civil purpose: administrative building, cafe.

The object is to some extent unique, as it combines a variety of urban infrastructure

Connection of work with scientific programs, plans, topics.

The works of Kozlovska V., Zharkova Yu., Blyaeva L. in the field of lighting of civil facilities, Melnikova V., in the field of development of active-adaptive power supply system were analyzed.

The dissertation was performed at the Department of Power Supply of the Institute of Energy Conservation and Energy Management of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky" according to the research plan of the department in terms of reliable electricity supply to consumers.

The purpose and objectives of the study.

- Increasing the attendance of the park
- Expansion of services of the object of study
- Creating appropriate conditions for its operation with the lighting system.

Creating a guaranteed power supply for the object, taking into account the landscape of the object

Object of research.

Alexandria State Dendrological Park

Subject of study.

Power supply systems and methods for implementing various tasks within the facility.

Scientific novelty of the obtained results.

An innovative approach to the formation of an autonomous power supply system for landscaping facilities and park areas has been developed.

The classification of facilities according to the criterion of electricity consumption is proposed and proposals are made for the algorithm for selecting renewable sources and guaranteed power supply systems for such facilities.

The practical significance of the results obtained.

The classification of objects in the field of improvement of settlements according to the criterion of electricity consumption is offered and the proposals on the algorithm of selection of renewable sources for such objects are formed.

Publications. IV scientific and technical conference of undergraduates of NN IEE Kyiv, November 17-18, 2021

Key words: reliability of power supply, energy storage systems, smart lighting, smart management, park zones.

ЗМІСТ

ВСТУП	11
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРКОВИХ ЗОН В УКРАЇНІ.....	
ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ФОРМУВАННЯ	12
1.1 Особливості освітлення паркових зон, скверів.....	15
1.2 Тенденції кольорового освітлення	18
1.3 Приклади освітлення парків, скверів, пам'ятників.....	20
1.4 Найпопулярніші парки України	23
1.5 Аналіз системи електрозабезпечення паркових зон та класифікація об'єктів за функціональним призначенням.....	27
Висновок першого розділу.....	30
2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАРКУ ТА УМОВИ ПРОКТУВАННЯ ПАРКОВОЇ ЗОНИ.....	31
2.1 Загальна характеристика дендропарку Олександрія.....	31
2.1.1 Розрахунок освітлення парку.....	32
2.2 Розрахунок навантажень парку	38
2.2.1 Вибір трансформаторів.....	43
2.2.2 Розрахунок перерізу споживачів на лініях які проходять до Силового пункту	46
2.2.3 Вибір комутаційної апаратури.....	48
Висновок до другого розділу	50
3 ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ГАРАНТОВАНОГО ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПАРКОВОЇ ЗОНИ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ	51
3.1 Призначення систем накопичення енергії.....	51
3.1.1 Сценарії застосування систем накопичення енергії з найбільшим потенціалом	53
3.1.2 Інтеграція відновлюваних джерел енергії до енергосистеми.....	53
3.1.3 Зниження пікової потужності	56
3.1.4 Створення активно-адаптивних систем електропостачання віддалених об'єктів	58
3.2 Структура системи накопичення енергії	60
3.2.1 Склад системи накопичення енергії.....	60

3.2.2 Підсистеми системи накопичення енергії	64
3.2.3 Підсистема перетворення	64
3.2.4 Конструкція підсистеми перетворення	68
3.2.5 Підсистема управління СНЕ	70
3.2.6 Підсистема накопичення	71
3.2.7 Підсистема розподілу	76
3.3 Графіки навантаження дендропарку	77
3.4 Вибір потужності та ємності системи накопичення енергії	81
3.5 Розрахунок нормованої вартості накопичення електричної енергії (LCOS)	83
3.5.1 Загальна інформація про показник LCOS	83
3.5.2 Розрахунок LCOS	84
Висновок до третього розділу	88
4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	89
4.1 Ідея стартап-проекту	89
4.2. Аналіз можливостей запуску стартап-проекту	90
Висновок до четвертого розділу	94
Висновки	95
Список використаних джерел	97
Додаток А	101

Перелік умовних скорочень

АА СЕ – активно-адаптивна система електропостачання
АДЕС – аварійна дизельна електростанція
СНЕ – системи накопичення енергії
ДЕС – дизельна електростанція
ВДЕ – відновлювана енергетика
ЛЕП – лінія електропередачі
ККД – коефіцієнт корисної дії
АБ – акумуляторна батарея
DC – постійний струм
AC – змінний струм
І – інвертор
ПП – підсистема перетворення енергії
ПН – підсистема накопичення
ПК – підсистема управління
ПСК – підсистема комунікації
ПЖВП – підсистема живлення власних потреб
ПТК – підсистема теплокондиціювання
ПОСВ – підсистема освітлення
ПСП – підсистема пожежогасіння
ПОПС – підсистема охоронно-пожежної сигналізації
РСБ – ручний сервісний байпас-рубильник
БСК – батарея суперконденсаторів
СУПН – система управління підсистемою накопичення.
БМБ – блочно-модульна будівля
СУАБ – система управління акумуляторними батареями
КАЕ – контролери акумуляторних елементів
ГК – головний контролер
ГМ – групові модулі

ВСТУП

На сьогодні паркові зони та зони відпочинку на відкритому повітрі набирають все більшу популярність, про це свідчать дані Державної служби статистики України, за останні 10 років кількість територій паркових зон зросла майже в 2 рази. Причини росту обумовлені, зростанням кількості міського населення та необхідність безпечного відпочинку на відкритому просторі.

Електроживлення паркових зон стає більш сучасним та надійним. Але існують паркові зони, в яких систему електроживлення для освітлення будували десятки років тому. Надійність таких систем піддається сумніву, вплив зовнішнього середовища погіршує стан ізоляції кабелів для електроживлення освітлювальних установок. З розвитком сучасних технологій, споживання населенням також зростає, тому для безпечного та комфортного відпочинку, відвідувачам необхідно запропонувати додаткові послуги та розширити функціонал цих об'єктів.

За останні 10 років системи освітлення показують стрімкий ріст, збільшується надійність освітлювальних установок, довговічність, зменшується енерговитрати джерел світла, що має високу актуальність в сучасних реаліях нашої країни.

В даний час системи накопичення енергії (СНЕ) широко застосовуються для вирішення різних завдань у всьому світі. Відповідно до дослідження компанії Bloomberg New Energy Finance, до 2030 сумарна встановлена потужність накопичувачів електроенергії у світі складе 125 ГВт. В останнє десятиліття інтенсивний розвиток технологій перетворення енергії та зниження вартості акумуляторних батарей привели до створення СНЕ з такими характеристиками (потужність енергоємність, ККД та швидкодія), які вже зараз дозволяють реалізовувати проекти, ефективні з технічного погляду та доцільні, в Єдиній енергетичній системі України та особливо, в автономних енергосистемах за для гарантування без перервного живлення об'єкту.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРКОВИХ ЗОН В УКРАЇНІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ФОРМУВАННЯ

Освітлення є життєво важливим елементом навколишнього середовища, що впливає на діяльність людей у зовнішньому середовищі і створенні житлових кварталів в місті. Використання відповідного освітлення в нічний час в громадських місцях може поліпшити соціальне благополуччя людей.

В епоху стрімкого перетворення міст з високою щільністю населення виявлена важливість дизайну нічного освітлення для стійкості міст і підвищення соціального благополуччя в місті.

Дослідження умов нічного зовнішнього освітлення в міських житлових районах виявили кілька проблем, в тому числі низький рівень освітлення, низьку рівномірність освітлення, втрату світлової енергії, перешкоди від засліплення, проникнення світла, розсіювання світла і надмірну світловіддачу. Значною мірою на умови зовнішнього нічного освітлення впливають морфологічні закономірності міста, зокрема щільність забудови і просторова геометрія, через розсіювання світла і віддзеркалення світла. Крім розгляду функціональності і безпеки нічного освітлення в міських просторах, необхідно також враховувати розмір міських морфологічних особливостей, які сприяють створенню комфортного, безпечного та енергоефективного нічного зовнішнього простору в містах[1].

Вуличне освітлення - невід'ємна частина сучасного урбанізованого середовища. Завдяки ілюмінації динамічна, насичена життя мегаполіса не затихає ні вдень, ні вночі. Сьогодні штучне освітлення прикрашає архітектурний вигляд не тільки великих міст, а й невеликих населених пунктів. Освітлення міст розділяється на утилітарне і архітектурно-декоративне.

- Утилітарне. Виключно функціональне освітлення, необхідне для поліпшення видимості на дорогах і дворах.
- Декоративне. Його мета - додати в вулиці міста елементи естетики. З огляду на це навіть з'явилися різні стилі декоративного освітлення: ретро, сучасний, класика та ін.

Завдання утилітарного і декоративного освітлення [2, 3]

Утилітарне освітлення

- Підвищення безпеки для учасників дорожнього руху.
- Зниження рівня злочинів і протиправних дій.
- Формування достатньої видимості дорожнього покриття.
- Забезпечення громадянам їх гарантованих прав на безпеку і ряду особистих прав.
- Створення необхідного рівня освітленості.

Декоративне освітлення

- Доповнення дизайн-проекту.
- Акцентування на певних деталях.
- Підкреслення особливостей архітектурних рішень.
- Створення додаткового світлового фону для вулиці.
- Формування перспективи і обсягу освітлюваних вулиць.

На даний момент на етапі проектування міський світловий простір формуються, згідно з типовими рішеннями при розробці інженерної частини проектів освітлення вулиць, площ, доріг, парків і утворюють собою утилітарний світловий простір. На сучасному етапі розвитку науки про світлове оформлення міст, документально регламентуються лише кількісні параметри рівня освітленості або яскравості освітлення фасадів будівель, дорожніх покриттів. Утилітарний простір повинен бути присутніми на мапі міста, але вже на початковій стадії створення проектів вони повинні органічно включатися в комплексне рішення архітектурного простору міста в цілому, його світлового каркаса.

Центральної естетичної завданням процесу формування світлового середовища міста і світловий архітектури об'єктів є врівноважене взаємодія штучного освітлення з архітектурною формою в її основних категоріях - обсяг, пластика, колір і простір [4].

На сьогоднішній день в Україні налічується 1263 природних зон відпочинку [5], в свою чергу вони поділяються на

- Природні парки: 215

- Дендропарки: 25
- Ботанічні сади: 21
- Зоопарки: 49
- Гори і височини: 250
- Каньйони та ущелини: 41
- Річки та озера: 128
- Болота: 10
- Джерела: 47
- Водоспади: 115
- Парки і сади: 314
- Заповідники: 114
- Печери: 40

За даними Державної служби статистики за 2019 рік, загальна територія парків по Україні становить 1997,4 тис. га.

Кількість паркових зон в Україні постійно зростає, йде відновлення старих занедбаних паркових зон, будуються нові малі паркові зони, про це свідчить дані статистики починаючи з 2010 року графік площі земель заповідників та національних природних парків зображений на рисунку 1.1[6]



Рисунок 1.1 - Графік площі земель заповідників та національних природних парків.

Зростання кількості паркових зон та їх відвідуваності мотивується тим, що це місце, де люди можуть проводити вільний час, ближче дізнатися один одного в

безпечній обстановці, відпочивати від міської метушні і просто насолоджуватися природою. Паркові зони сприяють поліпшенню якості повітря і є місцем проживання та розвитку представників флори та фауни. Також вони сприяють згуртуванню міського населення та підвищенню якості його життя.

1.1 Особливості освітлення паркових зон, скверів

Жителі міст все більше і більше часу проводять на прогулянках і відпочинку, відвідуючи місця відпочинку, призначені для цих занять, тому міська влада прагне зробити ці райони привабливими. Одним з елементів цього комфорту є правильне освітлення цих зон. Це відноситься як до міст, так і до маленьких містечках, особливо в районах з вуличними спорудами, парками, площами, алеями і бульварами і т.д. Штучне освітлення стає організуючим фактором для таких територій, елементом благоустрою і громадської безпеки. Велике значення як естетична складова набуває декоративне освітлення, що передбачає різні прийоми архітектурного освітлення малих архітектурних форм та ландшафтних об'єктів, декоративних ефектів унікальних світлових сценаріїв в залежності від пори року і доби.

Садово-паркове освітлення забезпечує безпечне пересування, створює умови для орієнтації на місцевості, допомагає позначити межі пішохідних доріжок, бере участь в зонуванні простору. Освітлення парків сприяє поліпшенню вечірнього вигляду території і робить її більш привабливою для відвідувачів. При проектуванні садово-паркового освітлення враховуються функціональні і декоративні характеристики світлових приладів.

Проектування освітлення парку, скверу відбувається виходячи з декількох важливих факторів: розмір і місце розташування території, цільова спрямованість обраної зони.

Садово-паркове освітлення - засіб додання території не звичайного вигляду протягом всіх сезонів року. Будь який навіть найскромніша ділянка міської зони, може бути грамотно виділено підібраним під нього освітленням [7].

Освітлення в кожному парку, сквері формується за індивідуальними проектами. Світлові дизайнери та архітектори при проектуванні освітлення спираються на наступні критерії:

- Розмір зони, що вимагає освітлення;
- Кількість відвідувачів парку і його прохідність;
- Щільність насадження рослин, які можуть створювати тіньову завісу;
- Особливості розташування малих архітектурних форм.

Основні принципи паркового освітлення: ергономіка, комфорт, енергоефективність, естетика.

В ергономіці зазвичай користуються такими фотометричними поняттями: світловий потік; освітленість; яскравість.

Завдяки даним поняттям, зведеним в комбінації, з'являється можливість реалізувати основні цілі організації освітлення.

Цілісність сприйняття середовища [8]. Основні умови оптимального освітлення навколишнього середовища зображено на рисунку 1.2

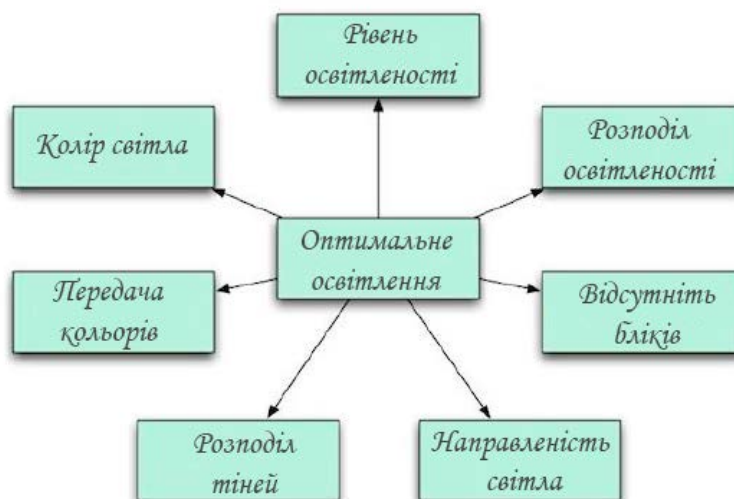


Рисунок 1.2 - Основні умови оптимального освітлення навколишнього середовища

Правильне освітлення скверу - важливе завдання, вирішення якого забезпечує комфорт і безпеку відвідувачам. Для комфортного перебування на території парку,

скверу освітлення утворюється з використанням декоративної світлотехніки. Найчастіше виділяється контурне підсвічування доріжок, архітектурне світло для зелених насаджень, акцентоване виділення малих архітектурних форм, які перебувають на території.

Для забезпечення потреб в штучному світлі необхідна величезна кількість електроенергії. Існують різні способи для обмеження витрати електроенергії. Один із способів - обмеження роботи освітлювальних систем за часом. Цей спосіб створює умови недостатньої видимості. Наслідком стане зниження транспортної та пішохідної безпеки. Інший спосіб - зменшення рівня освітленості, але це призведе до таких же проблем. Окрім того рівень мінімальної освітленості є величиною нормованою. Найбільш оптимальний спосіб зниження витрат електроенергії полягає в заміні наявних джерел світла на енергоефективні варіанти. Типи ламп для вуличних світильників: розжарювання; ртутна високого тиску; флуоресцентна; енергозберігаюча; натрієва високого тиску; металогалогенна; світлодіодна.

До найвищого класу енергоефективності відносяться світлодіодні джерела світла [9].

Переваги світлодіодного освітлення.

- Низький рівень споживання енергії;
- Строк служби;
- Температурний діапазон експлуатації (від -50 °C до 50 °C);
- Обслуговування в міру необхідності;
- Безпека;
- Високий ресурс міцності.
- Не вимагають обслуговування протягом терміну служби.
- Відсутність великих струмів запуску.
- Повна відсутність в спектрі ультрафіолетового випромінювання.

В таблиці 1.2 вказаний перелік паркових світильників.

Таблиця 1.2 Види паркових світильників.

Вид	Зображення
Торшерні	
Підвісні	
Консольні	

1.2 Тенденції кольорового освітлення

Облік сучасних міст важко уявити собі без архітектурно динамічного RGB-підсвічування: яскраві переливи тисяч вогнів, спалахи світла, химерні світлові картини і образи стають частиною іміджу, формують естетичне сприйняття і допомагають підвищити статус міста.

Застосування RGB-підсвічування користується попитом за рахунок великого колірної діапазону і можливості створення різних комбінацій для підсвічування об'єктів.

RGB-світильники оснащуються контроллером, який дозволяє отримати до 16 мільйонів різних відтінків. У зв'язку з цим кольорно-динамічна ілюмінація має великий попит.

Завдяки автоматичному управлінню RGB підсвічування застосовується в наступних областях:

- Архітектурна підсвічування будівель та споруд - гра кольором ефектно виділяє будівлі на тлі інших об'єктів;
- Композиції садово-паркового освітлення;
- Театральне освітлення;
- Створення світлових ілюмінацій на святкових подіях.

Світлодіодні джерела світла активно замінюють класичні світлові прилади. Велике розмаїття кольорів надає можливість використовувати RGB-світильники для освітлення рекламних конструкцій, будівель, різної рослинності. Так само кольорове освітлення затребуване в ландшафтному дизайні [10].

Переваги RGB світильників:

- Світлодіодний світильник може мати як один колір, так і три.

Підключення контролера розширює колірну палітру до 16 млн. Відтінків, а використання спеціального ПЗ дозволяє вибирати колір, управляти зміною відтінків, створювати різні варіанти світлових сценаріїв.

- Система кольорового світлодіодного освітлення має низьке енергоспоживання.

При виробництві кольорових світильників не застосовуються важкі метали і шкідливі компоненти, здатні зробити негативний вплив на навколишнє середовище, а також здоров'я людини. Світильник з LED-лампами не треба спеціально утилізувати. При необхідності їх можна застосовувати разом з системами, що працюють на сонячній енергії [10].

Приклад використання RGB підсвічування зображено на рисунку 1.3



Рисунок 1.3 - Приклад використання RGB підсвічування

1.3 Приклади освітлення парків, скверів, пам'ятників

Сквер «Огородная слобода» в Густяниковий провулок (Москва, РФ).

Концепція освітлення скверу передбачає чіткий розподіл транзитного шляху і прогулянкових доріжок: високі значення освітленості і однорідність світла на по перше протиставляється ритму та по друге контрасту. Практично всі прилади, крім торшерів, розроблені спеціально під проект за ескізами та технічним завданням російським виробником. Це дозволило вписатися в невеликий бюджет, виділений на облаштування скверу, і контролювати реалізацію всіх не самих стандартних світлових рішень [11].

Приклад освітлення зображено на рисунку 1.4



Рисунок 1.4 – Сквер «Огородная слобода»

«Комсомольский парк» в Серпухові (РФ). Оскільки основна концепція освітлення полягала в тому, щоб створити в парку атмосферу романтики, спокою і захищеності, рівень освітленості, визначений світлотехнічним розрахунком, витриманий однаково для всіх доріжок. Відчуття захищеності, затишку і спокою забезпечується ненав'язливим однорідним освітленням з м'якими тінями, що дозволяє добре бачити обличчя перехожих. Для м'якого і романтичного освітлення алеї спеціально розроблений новий елегантний і незвичайний парковий світильник - на витонченій опорі із сталевих безшовних труб закріплених на кулі димчастого забарвлення з рівномірним засвіченням по всій площі. Світильник дає комфортне, рівномірне і тепле світло (світлова температура 2700 К). Світло від світильників направлено суворо вниз. Пішохідні доріжки і ландшафтні групи парку підсвічуються світлодіодними джерелами світла, які розраховані на безперервну роботу не менше 50 тис. год. з практично незмінними основними характеристиками (світловий потік і сила світла). Застосовувані джерела світла мають відмінні водозахисні характеристики, механічну міцність і вібростійкість, є екологічно

чистими і не вимагають спеціальних умов по обслуговуванню і утилізації. Для освітлення дитячого ігрового комплексу, малих архітектурних форм «Парку динозаврів», спортивного майданчика та зеленого масиву парку додатково використовуються RGB-прожектори, керовані по протоколу DMX. Переважний напрямок світла прожекторів - дерева і чагарники. Ландшафтне освітлення підкреслює обсяг крон дерев. Малі архітектурні форми (фігури динозаврів) також потрапляють в зону освітлення прожекторами, але завдяки тому, що світло не спрямовано безпосередньо на фігури, динозаври виглядають природно, а у глядача створюється відчуття зачарованості та таємниці. Світловий сценарій, що складається з п'яти сцен, має на увазі зміну кольорів в автоматичному режимі, гру контрастів та тіней [12].

Приклад освітлення доріжок зображено на рисунку 1.5

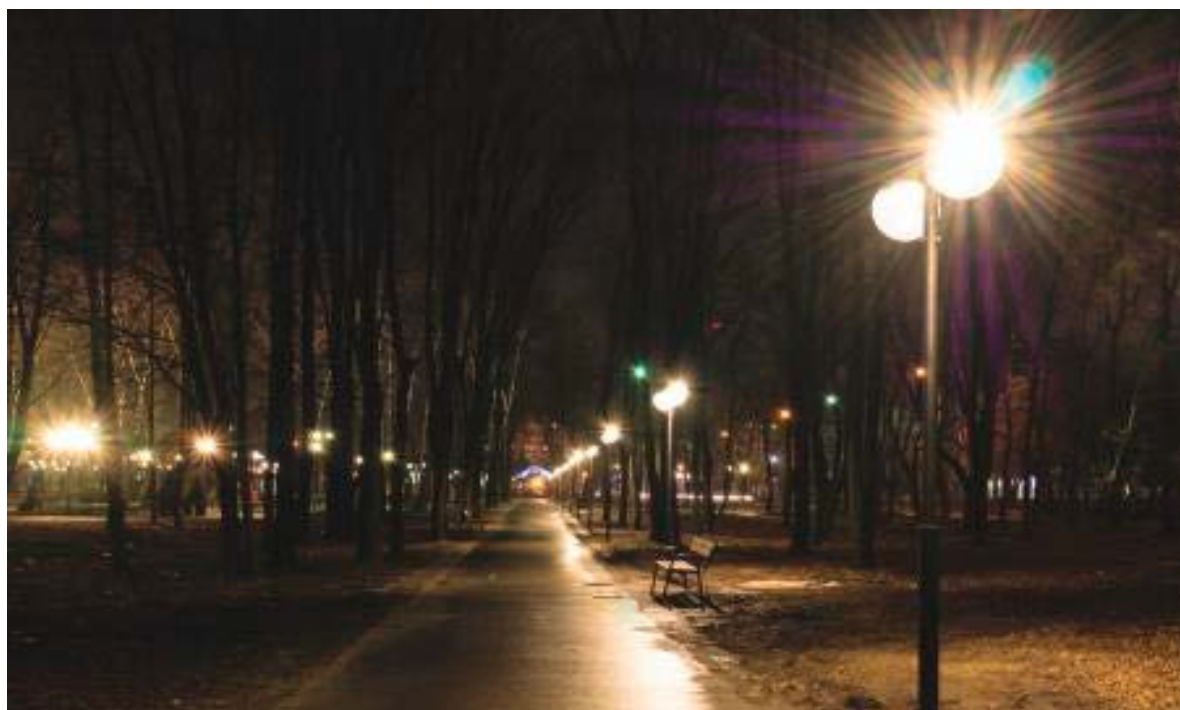


Рисунок 1.5 – Освітлення доріжок Комсомольського парку

Приклад підсвічування скульптурних форм і дерев зображено на рисунку 1.6



Рисунок 1.6 – Підсвічування скульптурних форм і дерев в Комсомольському парку.

1.4 Найпопулярніші парки України

Дендропарк Софіївка, Умань, Черкаська область, один з найвідоміших в Україні парків був заснований в 1796 р власником міста Умані, польським магнатом Станіславом Потоцьким, названий на честь його дружини Софії і подарований їй же на іменини. Був створений в майже безлісій місцевості, розділеною річкою Кам'янкою, силами кріпаків. На сьогоднішній день це місце щороку відвідує близько 500 тис. Чоловік. Його площа становить 179 га, і він є пам'яткою ландшафтного типу світового садово-паркового мистецтва кінця XVIII - першої половини XIX ст. Тут росте понад 3300 видів місцевих і екзотичних рослин, серед яких болотний кипарис, сосна Веймутова, тюльпанове дерево, платан, гінкго, їли і інші. А також безліч старовинних альтанок, містків, фонтанів, павільйонів і тематичних затишних куточків.

Загальний вид парку зображено на рисунку 1.7



Рисунок 1.7 – Дендропарк Софіївка, Умань, Черкаська область.

Дендропарк Олександрія, Біла Церква, другий за кількістю туристів після Софіївського, парк Олександрія був заснований в 1793 р гетьманом Браніцьким і також названий на честь дружини - Олександрі. Територія парку становить близько 200 га, і в той час він вважався одним з кращих в Європі, завдяки своїм 25 водойм і 2500 видів рослин, привезених з Південної Америки, Китаю і Японії, серед яких червоний дуб, тюльпанове дерево, магнолія Кобус, рододендрон японський та інші. В основі ландшафтної композиції лежить Велика галявина, від якої розходить мережа алей з парковою архітектурою і скульптурою. Є колонада з цікавою акустикою - сказане пошепки слово чути на протилежному її боці. А в спеціальному саду, де вирощуються екзотичні плодови та ягідні культури, проводяться екскурсії, дегустації і продаються саджанці.

Загальний вид парку зображено на рисунку 1.8

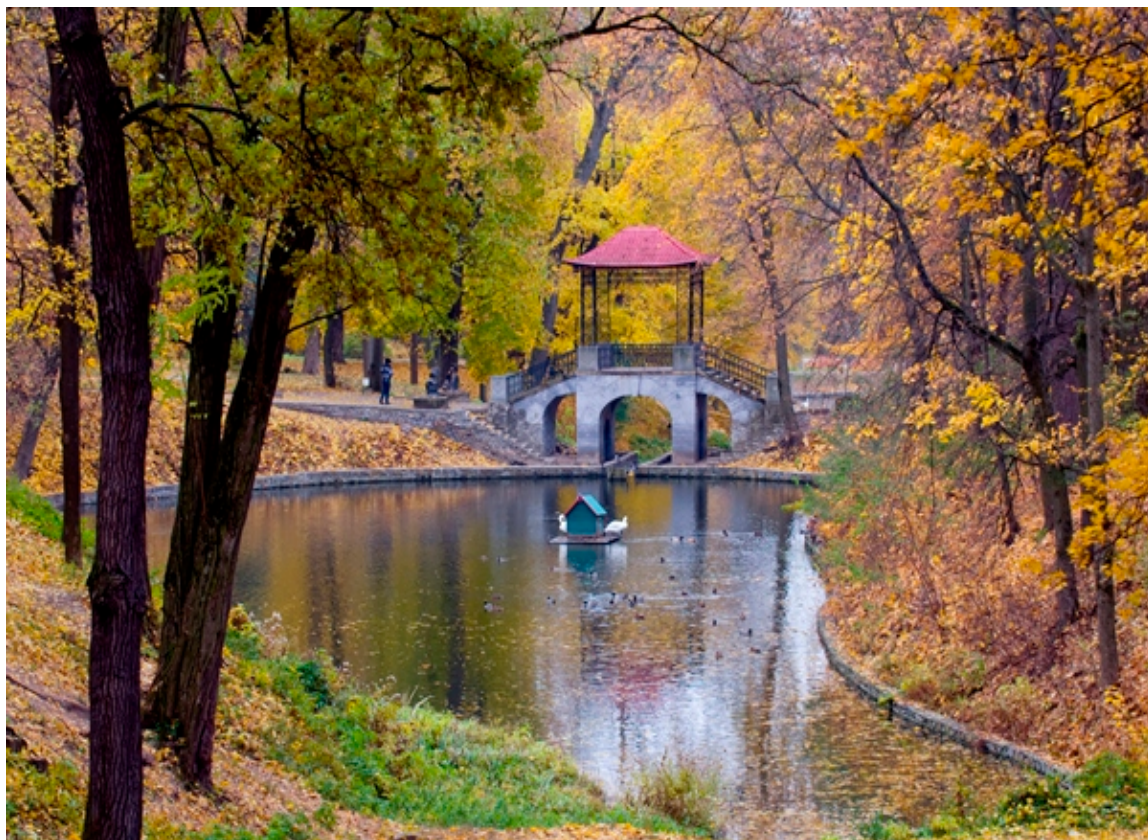


Рисунок 1.8 - Дендропарк Олександрія, Біла Церква.

Ландшафтний парк Буки, Сквирський р-н, Київська обл., парк новий, був заснований в 1996 р підприємцем Іваном Сусловим, який викупив близько трьох гектарів землі, на яких було звалище. Тепер на цьому місці знаходиться один з найкрасивіших в Україні парків. У першій частині красива дзвіниця Данила і церква Святого Євгенія. А далі розташований фонтан - той самий, що стояв колись на Майдані Незалежності. Зараз він відреставрований і працює в оточенні безлічі крамниць. Далі починається територія самого парку, де є Алея казок для дітей і навіть невеличкий звіринець, населений ведмедями, оленями та іншими тваринами.

Загальний вид парку зображено на рисунку 1.9



Рисунок 1.9 - Ландшафтний парк Буки, Сквирський р-н, Київська обл.

Ландшафтний парк Замку Радомисль, м Радомишль, Житомирська обл., недалеко від Києва є справжня середньовічна фортифікаційна споруда, що стоїть на гранітній скелі в оточенні величезного озера, двох водоспадів, мальовничої річки і густих хвойних лісів. Називається місце - Замок Радомисль. На величезній території, що примикає до замку, розташований ландшафтний парк, по якому можна довго і з цікавістю гуляти. Це окремий природний комплекс, створений за принципом мінімального втручання людини в природне середовище. Тут є скелі і підземні гранітні породи, що виходять на поверхню, кілька підземних джерел питної води. Безліч рослин, серед яких рідкісні сорти ірису, водяні лілії, англійські паркові троянди, магнолії і навіть занесений до Червоної книги водяний горіх. А також вільно розгулюють бобри, річкові видри, норки, водяні щури і безліч птахів. Територія парку, як і будівля Замку, прикрашена оригінальними скульптурами XVII-XIX ст. У замку можна подивитися унікальний музей української ікони, що складається з близько 5000 предметів християнського мистецтва XVII-XX ст. Відвідати старовинну паперову фабрику, яка перебувала в замку з 1612 року і

виробляла папір для друкарні Києво-Печерської Лаври. А в трапезній перекусити. [13].



Рисунок 1.10 - Ландшафтний парк Замку Радомисль, м Радомишль, Житомирська обл.

1.5 Аналіз системи електрозабезпечення паркових зон та класифікація об'єктів за функціональним призначенням

Садово-паркові об'єкти відповідно до функціонального призначення поділяються на монофункціональні (спрямовані на перевагу одного, найбільш вираженого виду рекреаційної діяльності) та поліфункціональні (такі, що передбачають організацію кількох типів відпочинку).

Виявлені типологічні різновиди садово-паркових об'єктів, які диференційовано за:

- площею: малі (від 0,5га до 10га), середні (від 10га до 150га), великі (від 150га);
- функціональним типом: поліфункціональні, монофункціональні;
- місцем у системі розселення: заміські, загальноміські, районні;
- сезонністю: цілорічні, сезонні;
- типом рельєфу: нагорні, на схилі, у гірській долині, рівнинні;
- планувальною структурою: лінійні, променево-кільцеві, комбіновані) [14, 15].

До монофункціональних садово-паркових об'єктів належать паркові об'єкти загального користування, у яких яскраво виражена одна функція. До поліфункціональних – парки культури і відпочинку, у ландшафтній організації яких відбивається комплексне використання території для різних видів відпочинку. Як правило, до складу функціональних зон таких парків входять спортивна, дитяча, видовищно-масова, культурно-просвітня зони, а також зони тихого відпочинку і прогулянок. Взаємне розміщення перерахованих зон, так само, як і їхнє положення стосовно транспортних магістралей і прилеглих житлових кварталів, визначаються розуміннями зручності використання паркових територій специфічним контингентом відвідувачів. В таблиці 1.3. наведена класифікація паркових територій – монофункціональних.

Таблиця 1.3 Монофункціональні паркові території

Пізнавальні	Розважальні	Оглядові
Історичні	Атракціонні	Прогулянкові
Меморіальні	Дитячі	
Етнографічні	Спортивні	
Пізнавальні		
Спеціалізовані		
Виставкові		

Типи районування парків

Розрізняють наступні типи районування парків:

- по секторах (спортивної роботи; роботи з дітьми і т. д.);
- по зонах (подібний тип районування застосовується для великих парків);
- по секторах і філіалах (особливо у випадках розташування на території парку будинку спорту, клубу, Палацу культури) [16].

Характер районування парку визначається природними умовами, формуванням загальноміської системи відпочинку, розмірами паркової території. При районуванні парку наголошується тенденція до централізації голосних масових видів відпочинку, що звільняє велику частину території для «чистого ландшафту».

Перелік споруд, їх розміри і кількість визначаються напрямом роботи парку, природними властивостями, розміщенням в плані міста і характером оточуючих парк територій.

Проаналізувавши типи паркових зон, їх функціональність та розміри, можна зробити висновок, що кількість спожитої потужності напряму залежить від кількості відвідувачів серед населення та послуг, які може запропонувати паркова зона. Малі території не можуть похизуватися наявністю атракціонів для дітей або точками харчування. Адже для їх обслуговування необхідні додаткові території розміщення для уникнення псування естетичної складової. Але території великих розмірів мають в наявності зони як для розваг так і для обслуговування відвідувачів. Для підтримки таких послуг необхідна додаткова електроенергія і посилені лінії електропередач. Адже існуючі лінії розраховані лише на освітлення території і мають певний знос, що ставить під сумнів надійність електропостачання.

Проблему з генерацією необхідних додаткових потужностей можуть вирішити технології відновлювальних джерел енергії. У такому випадку, розташування джерел буде максимально локалізоване до кожної послуги. Таким чином, лінії електропередачі, які розраховані на освітлення територій, не будуть перенавантажені та при впровадженні нових послуг, які потребують

електроенергію, не потрібно буде узгоджувати нові навантаження як на державному рівні, так і на енергетичному.

Висновок до першого розділу

1. Велика різноманітність світлових приладів, прийомів освітлення та різного технічного обладнання в сучасному світі дозволяє створювати надзвичайні сценарії освітлення об'єктів. З технічної точки зору розробка паркового освітлення розвивається безперервно, що впливає на дизайнерські можливості створення різних світлових арт-об'єктів.

Для формування та подальшого розрахунку системи електропостачання були виявлені основні різновиди садово-паркових об'єктів.

2. За результатами аналізу прикладів освітлення парків і скверів можна зробити висновок, що в більшості випадків спочатку проводиться зонування території. Особлива увага приділяється освітленню пішохідних доріжок. Так само можна простежити тенденцію переходу від класичних світлових приладів з молочними кулями до більш сучасних за стилем виконання, не менш широкого поширення набувають різні ґрунтові світлові прилади. Використання різних світлових форм починає набувати більш широкого застосування. По колірній температурі переважають світлові прилади 2700-4000К.

3. Виявлено, що рекомендується освітлення паркових зон здійснювати шляхом: зонування території, підбору світлових приладів не тільки з функціональної, але і з естетичної точки зору; забезпечення концентрації світлових потоків на різних архітектурних формах; використання сучасних джерел світла.

2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАРКУ ТА УМОВИ ПРОКТУВАННЯ ПАРКОВОЇ ЗОНИ

2.1 Загальна характеристика дендропарку Олександрія

Дендропарк Олександрія розташований на площі 4006700м^2 на березі річки Рось. Площа декоративних водойм парку (ставки та р. Рось) 210000м^2 . Загальна довжина алей і доріжок становить понад 20 км. Парк є зразком пейзажної паркової композиції, основу якої складають рослини, архітектурні споруди, скульптури, водна гладь річки Рось та ставків.[17]

Площа парку $4006700\text{м}^2 = 400.67\text{ га}$, розташований в центральній частині міста, розрахований для затишного та тихого відпочинку. Парк має неправильну багатокутну форму. Наявні додаткові послуги, такі як зони обслуговування, кафе, танцювальний майданчик. Загальна протяжність доріжок по всій території складає 20000 метрів.

Дендропарк має застарілу систему електропостачання, парк знаходиться в міста Біла Церква та отримує електропостачання з міських мереж.

Особливістю формування електричних мереж є необхідність максимального збереження природного ландшафту за умовою виконання вимог щодо охорони електричних мереж [18].

Також необхідно зазначити, що присутній елемент вандалізму, а отже до даних вимог можна додати встановлення більш захищеного освітлювального або електричного обладнання.

Є необхідністю сформувати систему електропостачання паркової зони з урахуванням особливостей розташування основних історичних об'єктів та об'єктів паркової зони для забезпечення ефективності управління процесами освітлення. [19]

В проекті застосовуються можливості використання технологій ВДЕ, смарт регулювання та накопичення електричної енергії при освітленні паркових зон в Україні.

2.1.1 Розрахунок освітлення парку

З метою систематизації підходу до енергозбереження, охоплення всіх областей, об'єктів, факторів, що формують електроспоживання ОУ, щоб у повному обсязі розробити заходи щодо економії електроенергії на освітлення, пропонується аналіз електроспоживання ОУ виконувати за функціональними ознаками, що визначають витрату електроенергії на освітлення, а отже, і область можливої економії її. У зв'язку з цим пропонується всі фактори умовно класифікувати на три групи: світлотехнічні, електричні та організаційні, в тому числі управління освітленням.

Світлотехнічними факторами є:

- рівень освітленості - визначається фізіологічними вимогами зору людини, розвитком освітлювальної техніки та рівнем енергоозброєності країни.
- світлова віддача джерел світла, що визначає їх економічність.
- Коефіцієнт використання світлового потоку (η). η , а також кількість джерел світла – n є активними параметрами, що визначають потужність джерела світла.

Горизонтальна освітленість E_i [лк] у i -й точці розрахункового поля визначається як:

$$E_i = \frac{1}{k_3} \sum_{j=1}^M I_{i,j} \cos^3 \delta_{i,j} / h_j^2, \quad (2.1)$$

де

$I_{i,j}$ – сила світла j -го ОП в i -ю точку, кд;

$\delta_{i,j}$ – кут падіння променя від j -го ОП в i -ю точку;

k_3 – коефіцієнт запасу ОУ;

h_j – висота розташування j -го ОП над полотном дороги, м;

M – число ОП, що враховуються під час розрахунку.

$$\eta = \eta_c \eta_\delta, \quad (2.2)$$

де

η_c - ККД світильника, о. е;

η_o - ККД дорожнього покриття, о. е;

- Коефіцієнт корисної дії світильника (η_c), являє собою відношення світлового потоку світильника до повного світлового потоку джерела (джерел) світла світильника. η_c визначається його конструктивним виконанням, матеріалами відбивачів та розсіювачів.

- Коефіцієнт корисної дії дорожнього покриття, або уніфіковане значення коефіцієнта використання (η_o)* η_o визначається коефіцієнтами відображення (ρ_n - поверхні дороги, ρ_n - стіни), типовими кривими сили світла світильників (КСС);

- Розміщення світильників. Розміщення світильників визначається висотою підвісу їх та розташуванням світильників на плані (генплані) освітлюваного об'єкта.

Електричні фактори:

- раціональна побудова освітлювальної мережі;
- втрати у пускорегулювальному апараті та лініях електропередач;
- регулювання напруги живлення освітлювальних установок;
- компенсація реактивної потужності.

Організаційні фактори:

- способи та технічні засоби управління освітленням.

Передбачається застосування автоматичного управління:

а) безперервне плавне управління світловим потоком світильників, а отже, і потужністю ДС в залежності від розподілу природного освітлення (дозволяє економити до 40% витрачається електроенергії);

б) контроль рівня освітленості та автоматичне вмикання та відключення системи освітлення за заданими значеннями мінімальної та максимальної освітленості (економія електроенергії може становити до 15 %);

в) зонне управління освітленості залежно від часу та (або) природного освітлення (економія електроенергії – до 25 %).

За ДБН Б.2.2-5:2011 нормований відсоток території для алей та доріжок повинен бути від 25% до 40%.[20] Але так як парк був заснований в 1788 році, він не може підходити під сучасні норми ДБН. У парку наявні двох метрові за ширини доріжки. У такому випадку, площа всіх алей та доріжок можна розрахувати, як:

$$l_{\text{доріжок}} * d_{\text{доріжок}} = S, \quad (2.3)$$

де $l_{\text{доріжок}}$ – загальна довжина усіх алей та доріжок, $d_{\text{доріжок}}$ – ширина алей та доріжок, S – загальна площа, яку займають алей та доріжки на території скверу. $l_{\text{доріжок}} = 20000$ метрів, $d_{\text{доріжок}} = 2$ метра. $20000 * 2.5 = 40000 \text{ м}^2$, що складає 1.2% від загальної площі скверу.

Наступним кроком необхідно розрахувати кількість світильників для території. Щоб підібрати необхідну кількість світильників, використаємо наступну формулу:

$$N = E * S * z * k / (F * \eta), \quad (2.4)$$

де

E – необхідна мінімальна освітленість.

S – освітлювана площа.

z – коефіцієнт врахування нерівномірності освітлення, в залежності від певного типу ламп.

k – коефіцієнт запасу.

F – кількість світла, яке випромінює одна лампа, вимірюється в люменах (лм).

η – коефіцієнт, який враховує відражаючу здатність предметів, які знаходяться поряд з джерелом світла.

Для освітлення нашого парку обираємо світлодіодні лампи [21] потужність 30 Вт та 4600 лм. Згідно [22, 23], необхідна мінімальна освітленість для нашого об'єкту складає 4 лк на головних алеях та 6 лк на входах. Коефіцієнт z для світлодіодних та люмінесцентних ламп дорівнює 1.1, для ламп розжарювання - 1,15. Коефіцієнт запасу для світлодіодних ламп дорівнює 1.2. Коефіцієнт відбиваючої здатності n – дорівнює 50%, якщо це світло-сірий бетон. Або як у нашому випадку, сіро-темний асфальт – 30%. Підставивши всі значення у формулу (2) отримаємо:

$$N = 5 \cdot 40000 \cdot 1.1 \cdot 1.2 / (4600 \cdot 0.3) = 191 \text{ шт.}$$

Даний розрахунок підходить для територій без насаджень. У нашому випадку, 191 світильників буде замало, для освітлення території через щільне озеленення території. Тому, згідно [24], інтервали між світильниками необхідно взяти 25 м. Тоді, необхідна кількість світильників дорівнює $I_{\text{доріжок}} / 25 \text{ м} = 800 \text{ шт.}$ Такої кількості світильників буде достатньо, щоб освітити усю територію скверу. Для підтвердження було змодельовано територію скверу у програмному забезпеченні Light in Night, що зображено на рисунку 2.1., світлотехнічні результати розрахунку представлені в додатку А.

Площа території дорівнює 403 га. Так як площа надто велика для точного розрахунку, була взята максимально допустима площа яку підтримує сучасне ПЗ. Було обрано світильники близького за значеннями GALAD Галеон S LED-30-ШБ/У50 (4600/740/RAL7040/0/ORS2/GEN1). Характеристики світильника вказано у таблиці 2.1.

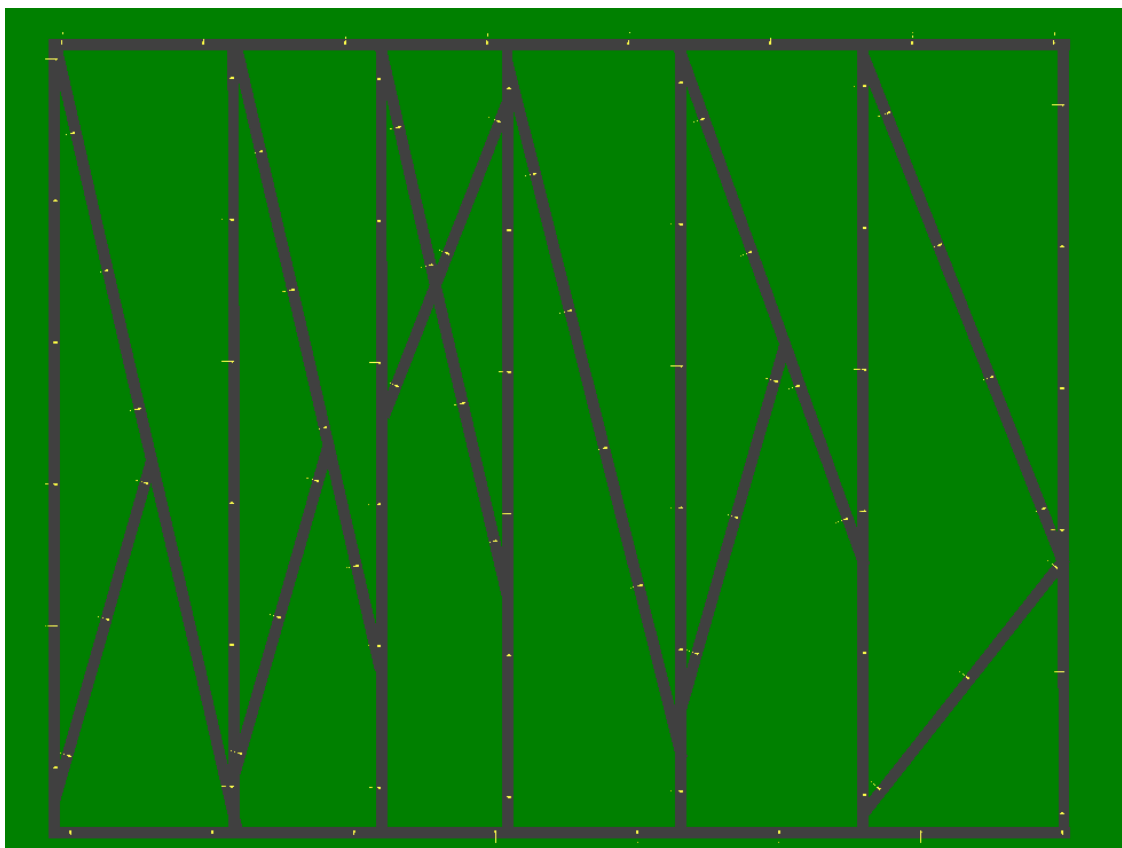


Рисунок 2.1 - Часткове моделювання території парку

Таблиця 2.1. Характеристики світильника GALAD Галеон S LED

Номінальна потужність, Вт	Світловий потік, лм	Світлова віддача світильника, лм/Вт	Тип джерела світа
30	4600	153	СД

Для моделювання було додано світильники з шагом 25 метрів кількістю світильників в лінії від 3 до 8 штук та пішохідні доріжки шириною 2 метри.

Загальна кількість світильників на відрізку сформована у розмірі 85 штук. Площа була вибрана 30 000м², така площа була вибрана так як сучасне ПЗ, не має можливості сформувати більшу площу тим баче таку, як в об'єкті дослідження.

Розраховане програмним забезпеченням розподіл освітлення у 2D та 3D моделях зображено на рисунках 2.2 та 2.3 відповідно.

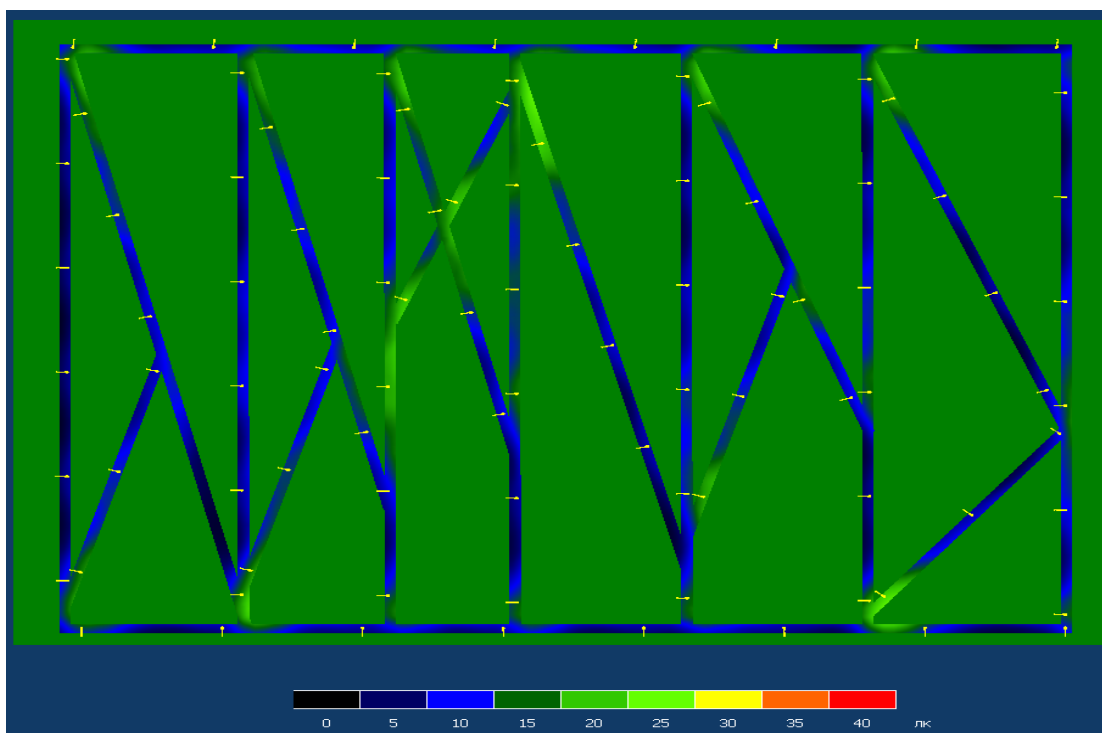


Рисунок 2.2 - Часткове моделювання території парку в 2D

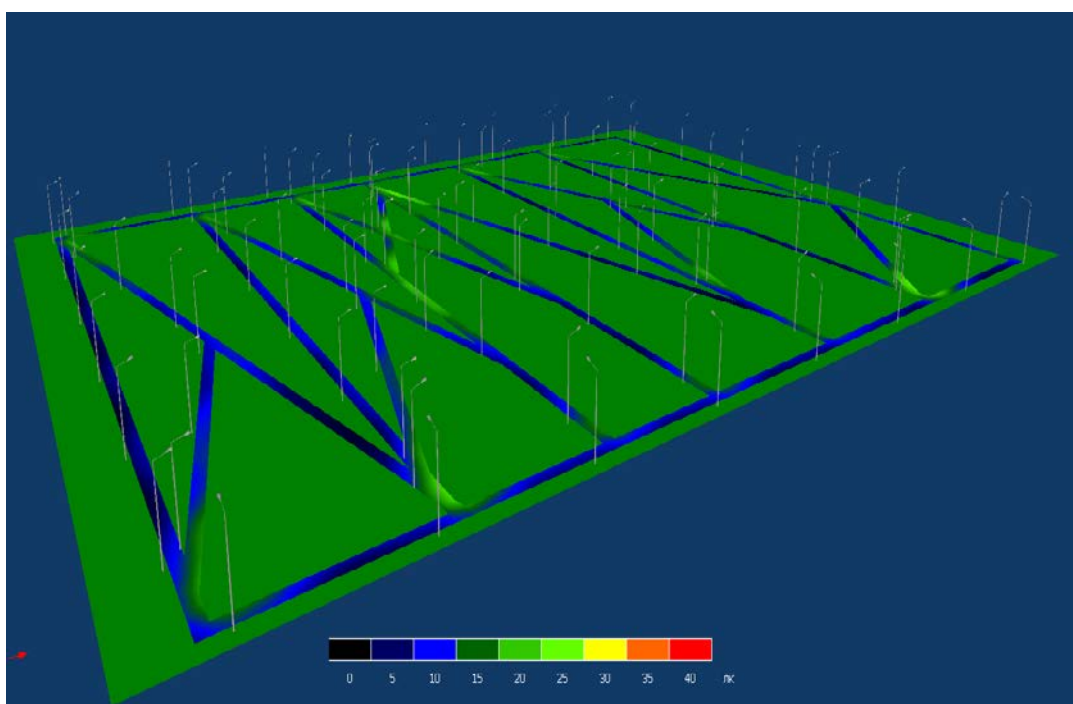


Рисунок 2.3 - Часткове моделювання території парку в 3D

Як можна побачити, мінімальна освітленість території не перетинає позначку 4 лк, отже кількість світильників та їх розташування оптимально підібрані та змодельовані.

Потужність кожної лампочки складає 30 Вт. Загальне навантаження освітлювальної системи дорівнює $30 \text{ Вт} * 400 \text{ шт.} = 12 + 5\% \text{ (на втрати)} = 12,6 \text{ кВт}$.

Отже стаціонарна система освітлення буде споживати 12,6 кВт потужності.

Розрахована споживана потужність освітлювального обладнання для доріг та інших шляхів становить 12,6 кВт.

2.2 Розрахунок навантажень парку

Враховуючи наявність близько 15 об'єктів архітектури, необхідно передбачити їх додаткове підсвічування. Потужність системи додаткового освітлення становить близько 15 кВт.

На території парку є три об'єкти, які передбачають створення штучних водоспадів і для реалізації яких необхідним є встановлення електричних двигунів або насосів. Буде встановлено 3 насоси IML New BCC 550T [25] потужністю кожної установки 4 кВт.

Враховуючи наявність об'єктів адміністративного призначення, кафе, танцювального майданчика, оцінимо їх навантаження на мережу (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 - Оціночна розрахункова потужність об'єктів дендропарку "Олександрія"

Об'єкт	Оціночна розрахункова потужність, кВт
Кафе 1	16
Кафе 2	16
Танцювальна зона	5
Адміністрація парку	10
3 Насосні установки	16
Стаціонарна система освітлення	12,6

Навантаження для освітлювальної системи велике, тому необхідно з'єднати всі світильники до декілької фаз.

Навантаження освітлювальної буде становити $30 \text{ Вт} \cdot 400 \text{ шт.} = 0,6 + 5\%$ (на витрати) = 12,6 кВт.

Наступним кроком буде підбір елементів для щита керування освітленням за допомогою однолінійної схеми керування зовнішнім освітленням.

На рисунку 2.4 зображена однолінійна схема живлення освітлювальної системи. В залежності від навантаження, кількості фаз, наявності додаткових елементів керування таких як: фотореле, теплове реле, сигнальна лампа, перемикач та інші, схема може виглядати в різних конфігураціях. Так наприклад, загальна схема керування для зовнішнього освітлення скверу представлена на рисунку 2.5.

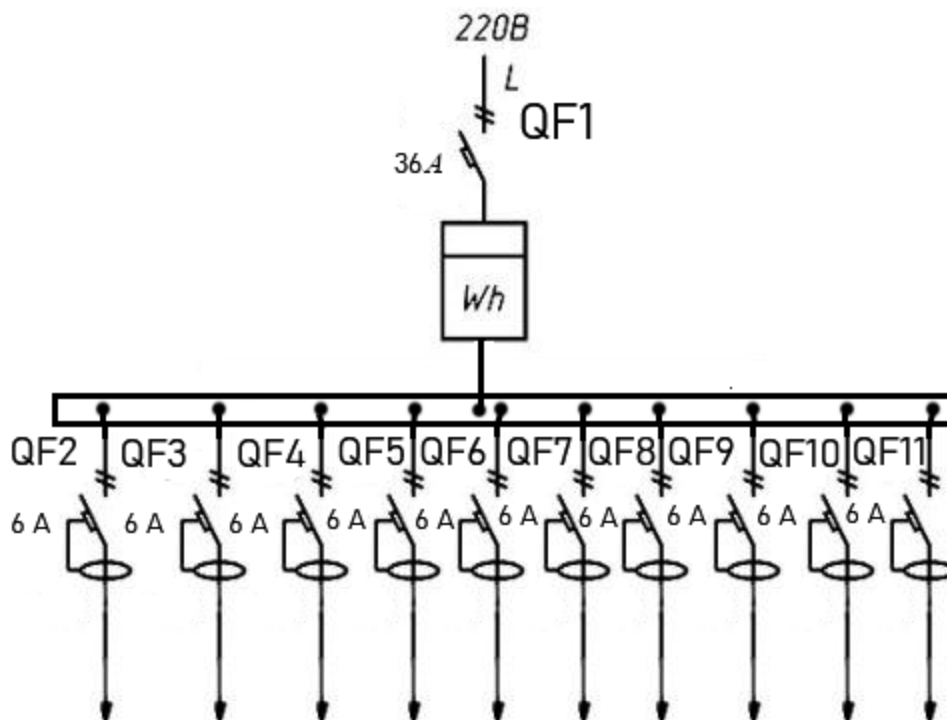


Рисунок 2.4 - Проста однолінійна схема [22]

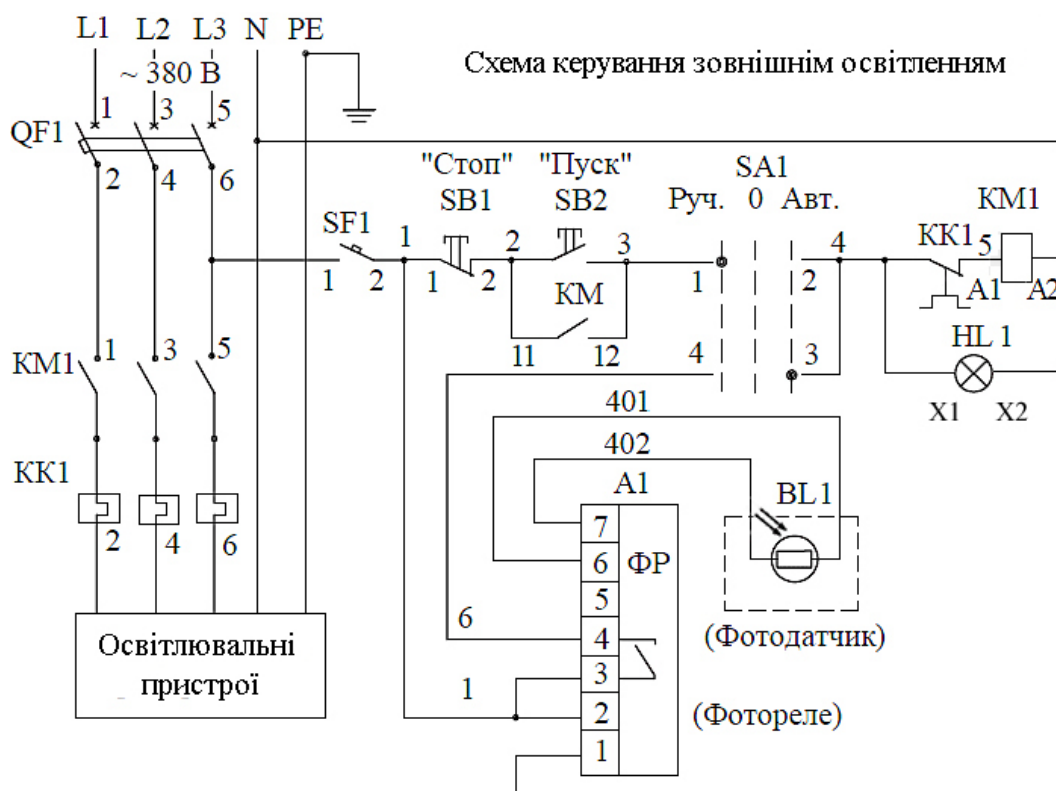


Рисунок 2.5 - Схема керування зовнішнім освітленням

Комплектуючі для збірки пристрою керування освітлювальними елементами:

- Щит монтажний (для кріплення усіх елементів схеми)
- Вимикач автоматичний трьохполюсний ввідний на 16А – 1шт
- Вимикач автоматичний однополюсний фідерний на 10А – 3 шт
- Фотореле ФР-М02 АС220 з датчиком ФД-3-2 [26]
- Перемикач на 3 позиції
- Теплове реле
- Шини для нейтралі та заземлення
- Дві кнопки червона та зелена возвратні
- Всі автомати мають характеристику С [27]

Таким чином, маємо просту освітлювальну систему з можливістю ручного та автоматичного керування за допомогою фотореле або добового реле. Система має 3 незалежні гілки, що підвищує надійність системи.

На території парку також знаходяться два кафе 50 м² та 50 м² та танцювальна зона та адміністративна будівля. За даними НКРЭКУ необхідна потужність для під'єднання 2 кафе складає 32 кВт, танцювальної зони 5 кВт, адміністративної будівлі 16 кВт, насосної установки 16 кВт.

В проекті буде використано світильники Philips SunStay BRP710 LED45 NW MR S1 12V FD30 Solar загальною кількістю 400 штук[28].

Так як загальна кількість світильників становить 800 штук, на стаціонарну систему освітлення буде віділено 400 штук на світильники з використання сонячної генерації буде віділено 400 штук.

Для вирішення задачі з використання сонячної генерації буде використання світильника [28], в якому інтегровані, як елемент освітлення, так і джерело і зберігання енергії. Він буде ідентичний за значенням світлового до розрахованого вище, із вбудованою сонячною літій-залізо-фосфатною батареєю, сонячною панеллю та зарядним пристроєм. Також в ньому присутній спеціально розроблений кронштейн для монтування на опорах з регульованими кутами нахилу для бокового та верхнього монтажу.

Тепер, розрахуємо повну електричну потужність яку необхідно витратити на утримання паркової зони. Для визначення, необхідно скласти потужності освітлення паркової системи та споживання електроенергії додаткових послуг.

Споживана потужність освітлювального обладнання складає:

$$P_{\text{освіт.облад.}} = N * P * k_{\text{п}}, \quad (2.5)$$

де

N – кількість світильників, шт;

P – потужність одного світильника, Вт;

$k_{\text{п}}$ – коефіцієнт попиту.

Згідно з ПУЕ [29] $k_{\pi} = 1$. Активна сумарна потужність зовнішнього освітлення паркової зони за формулою (4) складає, кВт:

$$P_{\text{освіт.облад.}} = 400 * 0,03 * 1 = 12 .$$

Далі розрахуємо реактивне сумарне навантаження за наступною формулою:

$$Q_{\text{освіт.облад.}} = P_{\text{освіт.облад.}} * \operatorname{tg} \phi, \quad (2.6)$$

де $\operatorname{tg} \phi = 0.33$ – коефіцієнт реактивної потужності.

Відповідно до формули (5), реактивна сумарна потужність складає:

$$Q_{\text{освіт.облад.}} = 12 * 0.33 = 3,96 \text{ кВАр} .$$

Визначимо повне сумарне навантаження, кВА:

$$S_{\text{повн.}} = \sqrt{Q^2 + P^2}, \quad (2.7)$$

де Q - $Q_{\text{освіт.облад.}}$, P - $P_{\text{освіт.облад.}}$.

Підставивши значення у формулу (6), отримаємо:

$$S_{\text{повн.}} = \sqrt{3,96^2 + 12^2} = 12,63 \text{ кВА}.$$

Аналогічно розраховуємо потужність 2 кафе та танцювальної зони, адміністративної будівлі, 3 насосних станцій розрахунки зводимо до таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Потужність об'єктів на території паркової зони.

Об'єкт	$P_{\text{облад. кВт}}$	$Q_{\text{облад. квар}}$	$S_{\text{повн кВа}}$	$tg\phi$
Кафе 1	16	5,28	16,84	0,33
Кафе 2	16	5,28	16,84	0,33
Танцювальна зона	5	2,15	5,44	0,43
Адміністративна будівля	16	9,92	18,82	0,62
3 Насосі станції	16	11,2	19,53	0,7
Стаціонарна система освітленні	12,6	3,96	12,63	0,33
Загальна потужність об'єктів	81,6	37,79	84,97*	-

*Для компенсації реактивної потужності буде встановлена конденсаторна батарея ТТК-5/400 5 кВАр [30] безпосередньо в Комплектну трансформаторну підстанцію.

2.2.1 Вибір трансформаторів

Обираємо трансформаторну підстанцію: Трансформатор силовий трифазний сухий захищений ТСЗ-100/10/0,4, потужністю 100 кВА[31].

Для забезпечення живлення, відповідно до вимог ПУЕ, проектом буде передбачено живлення від підстанції 10/0,4 кВ, яка розташовується на відстані 500 м, від об'єкту проектування, однолінійна Білоцерківська СЕП, зображена на рисунку 2.6. Враховуючи, що живлення підстанції здійснюється кабельною лінією. Схема електрична однолінійна може бути аналогічною схемі, представленої на рисунку 2.7 КТП1 (тупикова)

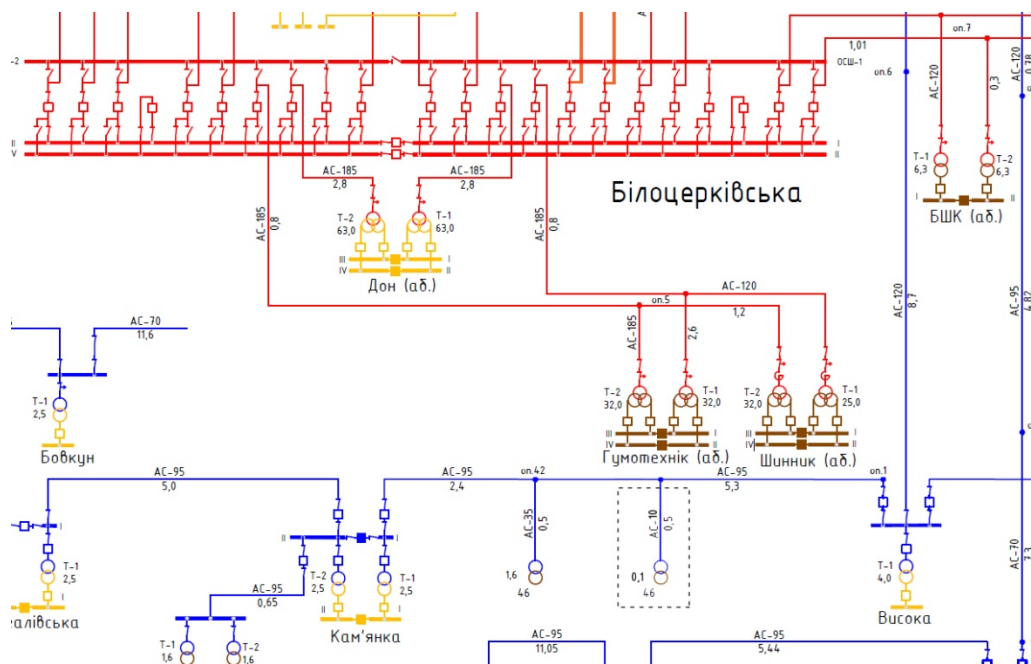


Рисунок 2.6 – Білоцерківська однолінійна СЕП.

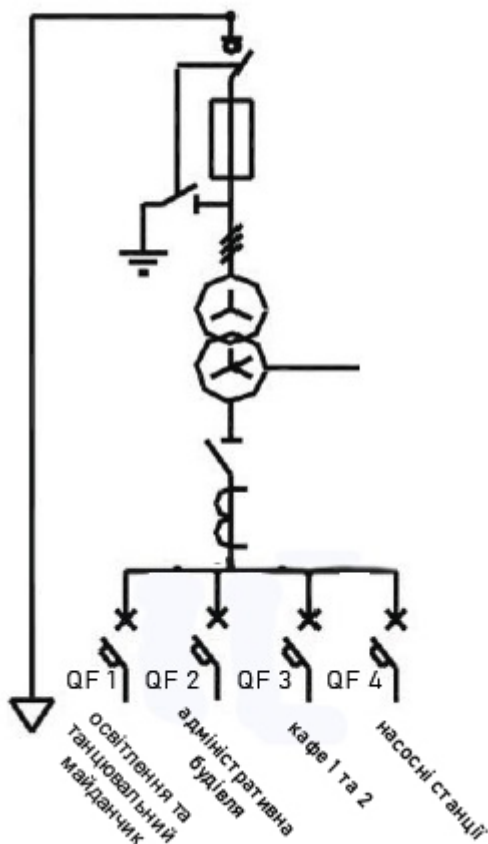


Рисунок 2.7 – Схема електрична однолінійна

Таким чином приймаємо КТП1, відповідно до каталогу заводу виробника ТОВ «УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ».

Технічні характеристики зображено та розміри зображено в таблиці (2.4) та на рисунку 2.7:

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики КТП1

Позначення	Потужність, кВт·А	Номинальний струм, А і кількість відхідних ліній				Маса, кг
КТП1 (тупикова)	25	31,5 – 3 шт.				980*
	40	31,5 – 2 шт.	63 – 1 шт.			1100*
	63	63 – 2 шт.	80 – 1 шт.			1850*
	100	63 – 2 шт.	80 – 1 шт.	100 – 1 шт.		1900*
	160	80 – 1 шт.	100 – 1 шт.	160 – 2 шт.		2920*
	250	100 – 2 шт.	200 – 2 шт.			2155*
	400	100 – 2 шт.	160 – 1 шт.	200 – 1 шт.	400 – 1 шт.	2900*

КТП1-100/10/0,4 У1, ТУ 16-92 ИБДШ.674822.001ТУ ввод ВН – кабельний, вивод НН – кабельний[32].

Відповідно технічних характеристик є 2 автомати на 63А, та по 1 автомату на 100А та 80А, що обумовлює формування системи електропостачання саме використання через магістральну схему.

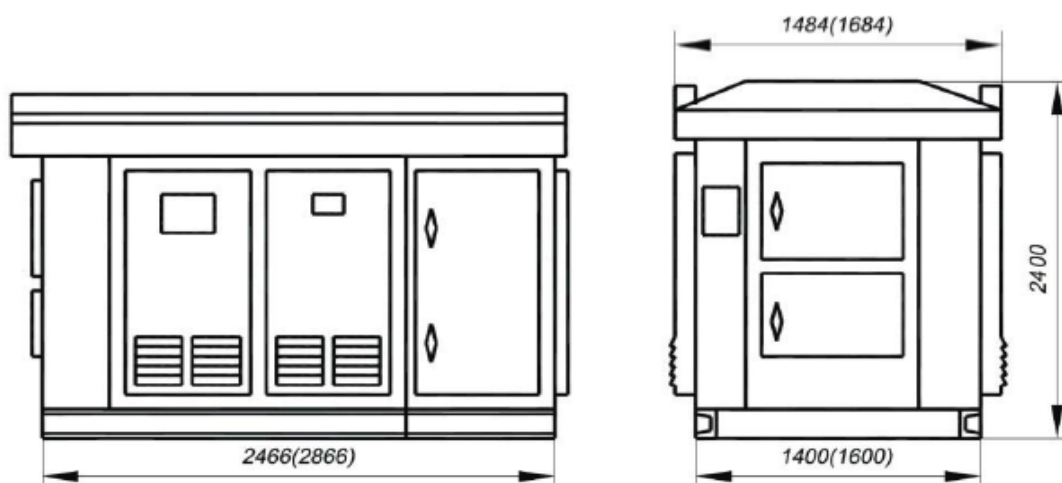


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри КТП1-25.100/10/0,4 У1, тупикова з кабельним вводом.

2.2.2 Розрахунок перерізу споживачів на лініях які проходять до Силового пункту

Визначати переріз лінії до СП будемо за формулою (2.8)

$$I_{p.l} = \frac{S_{p.l}}{\sqrt{3}U_{ном}}. \quad (2.8);$$

де

$S_{p.l}$ - сумарна потужність споживачів на лінії.

$U_{ном}$ – номінальна напруга живлення лінії

Розрахуємо потужність лінії СП 1 – 1:

$$I_{p.l} = \frac{1,26}{\sqrt{3} \cdot 0,22} = 3,32 \text{ A}$$

Підбираємо тип кабелю для СП 1 – 1: АВВГ 2х2,5

Робимо аналогічні розрахунки для всіх інших ліній СП зводимо їх до таблиці 2.5 [33]

Таблиця 2.5 – Переріз ліній СП

Силовий Пункт - № лінії	кiсть, од	P_n	$P_n \Sigma$	$\lg \varphi$	P_p , кВт	Q_p , квар	P_r ,кВт	Q_r ,квар	S_r ,квар	струм, А	Тип кабелю
Стационарне освітлення											
СП 1 - 1	40	0,03	1,2	0,3	1,2	0,396	1,2	0,396	1,264	3,32	АВВГ 2х2,5
СП 1 - 2	40	0,03	1,2	0,3	1,2	0,396	1,2	0,396	1,264	3,32	АВВГ 2х2,5
СП 1 - 3	40	0,03	1,2	0,3	1,2	0,396	1,2	0,396	1,264	3,32	АВВГ 2х2,5
СП 1 - 4	40	0,03	1,2	0,3	1,2	0,396	1,2	0,396	1,264	3,32	АВВГ 2х2,5
СП 1 - 5	40	0,03	1,2	0,3	1,2	0,396	1,2	0,396	1,264	3,32	АВВГ 2х2,5
СП 1 - 6	40	0,03	1,2	0,3	1,2	0,396	1,2	0,396	1,264	3,32	АВВГ 2х2,5
СП 1 - 7	40	0,03	1,2	0,3	1,2	0,396	1,2	0,396	1,264	3,32	АВВГ 2х2,5
СП 1 - 8	40	0,03	1,2	0,3	1,2	0,396	1,2	0,396	1,264	3,32	АВВГ 2х2,5
СП 1 - 9	40	0,03	1,2	0,3	1,2	0,396	1,2	0,396	1,264	3,32	АВВГ 2х2,5
СП 1 - 10	40	0,03	1,2	0,3	1,2	0,396	1,2	0,396	1,264	3,32	АВВГ 2х2,5
Адміністративна будівля											
СП 2 - 1	1	2	2	0,6	2	1,24	2	1,24	2,353	6,18	АВВГ 2х2,5
СП 2 - 2	1	2	2	0,6	2	1,24	2	1,24	2,353	6,18	АВВГ 2х2,5
СП 2 - 3	1	2	2	0,6	2	1,24	2	1,24	2,353	6,18	АВВГ 2х2,5
СП 2 - 4	1	2	2	0,6	2	1,24	2	1,24	2,353	6,18	АВВГ 2х2,5
СП 2 - 5	1	2	2	0,6	2	1,24	2	1,24	2,353	6,18	АВВГ 2х2,5
СП 2 - 6	1	2	2	0,6	2	1,24	2	1,24	2,353	6,18	АВВГ 2х2,5
СП 2 - 7	1	2	2	0,6	2	1,24	2	1,24	2,353	6,18	АВВГ 2х2,5
СП 2 - 8	1	2	2	0,6	2	1,24	2	1,24	2,353	6,18	АВВГ 2х2,5
Кафе 1											
СП 3 - 1	1	1	1	0,3	1	0,33	1	0,33	1,053	2,76	АВВГ 2х2,5
СП 3 - 2	1	5	5	0,3	5	1,65	5	1,65	5,265	13,82	АВВГ 2х4
СП 3 - 3	1	5	5	0,3	5	1,65	5	1,65	5,265	13,82	АВВГ 2х4
СП 3 - 4	1	5	5	0,3	5	1,65	5	1,65	5,265	13,82	АВВГ 2х4
Кафе 2											
СП 4 - 1	1	1	1	0,3	1	0,33	1	0,33	1,053	2,76	АВВГ 2х2,5
СП 4 - 2	1	5	5	0,3	5	1,65	5	1,65	5,265	13,82	АВВГ 2х4
СП 4 - 3	1	5	5	0,3	5	1,65	5	1,65	5,265	13,82	АВВГ 2х4
СП 4 - 4	1	5	5	0,3	5	1,65	5	1,65	5,265	13,82	АВВГ 2х4
Насосні станції											
СП 5 - 1	1	4	4	2,3	4	9,16	4	9,16	9,995	15,19	АВВГ 4х4
СП 5 - 2	1	4	4	2,3	4	9,16	4	9,16	9,995	15,19	АВВГ 4х4
СП 5 - 3	1	4	4	2,3	4	9,16	4	9,16	9,995	15,19	АВВГ 4х4
Танцювальний майданчик											
СП 6 - 1	1	1	1	0,4	1	0,43	1	0,43	1,089	2,86	АВВГ 2х2,5
СП 6 - 2	1	2	2	0,4	2	0,86	2	0,86	2,177	5,71	АВВГ 2х2,5
СП 6 - 3	1	2	2	0,4	2	0,86	2	0,86	2,177	5,71	АВВГ 2х2,5

Розрахунок Перерізу від Силового пункту до Трансформаторної підстанції зображено в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 - Переріз кабелю до трансформаторної підстанції

Силовий Пункт	струм, А	Тип кабелю
СП 1, СП 6	47,44	2хАВВГ 4х2,5
СП 2	49,40	АВВГ 4х4
СП 3, СП 4	88,43	2хАВВГ 4х4
СП 5	45,56	АВВГ 4х2,5

2.2.3 Вибір комутаційної апаратури

Високовольтні вимикачі вибираються за номінальною напругою і розрахунковим струмом

Вибираємо автомати захисту для кожної лінії Силового пункту, також для кожного силового пункту окремо, зводимо всі данні до таблиці 2.7, 2.8.

Таблиця 2.7 - Автомати захисту на лініях СП.

Силовий Пункт - № лінії	струм, А	Автомат захисту
Стационарне освітлення		
СП 1 - 1	3,32	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
СП 1 - 2	3,32	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
СП 1 - 3	3,32	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
СП 1 - 4	3,32	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
СП 1 - 5	3,32	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
СП 1 - 6	3,32	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
СП 1 - 7	3,32	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
СП 1 - 8	3,32	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
СП 1 - 9	3,32	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
СП 1 - 10	3,32	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
Адміністративна будівля		
СП 2 - 1	6,18	ІЕК АД12 2Р, 10А, 30мА
СП 2 - 2	6,18	ІЕК АД12 2Р, 10А, 30мА
СП 2 - 3	6,18	ІЕК АД12 2Р, 10А, 30мА
СП 2 - 4	6,18	ІЕК АД12 2Р, 10А, 30мА
СП 2 - 5	6,18	ІЕК АД12 2Р, 10А, 30мА
СП 2 - 6	6,18	ІЕК АД12 2Р, 10А, 30мА
СП 2 - 7	6,18	ІЕК АД12 2Р, 10А, 30мА

Продовження таблиці 2.7

СП 2 - 8	6,18	ІЕК АД12 2Р, 10А, 30мА
Кафе 1		
СП 3 - 1	2,76	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
СП 3 - 2	13,82	ІЕК АД12М 2Р, С16, 30мА
СП 3 - 3	13,82	ІЕК АД12М 2Р, С16, 30мА
СП 3 - 4	13,82	ІЕК АД12М 2Р, С16, 30мА
Кафе 2		
СП 4 - 1	2,76	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
СП 4 - 2	13,82	ІЕК АД12М 2Р, С16, 30мА
СП 4 - 3	13,82	ІЕК АД12М 2Р, С16, 30мА
СП 4 - 4	13,82	ІЕК АД12М 2Р, С16, 30мА
Насосні станції		
СП 5 - 1	15,19	SEZ PFI4 C 20A/0,03A
СП 5 - 2	15,19	SEZ PFI4 C 20A/0,03A
СП 5 - 3	15,19	SEZ PFI4 C 20A/0,03A
Танцювальний майданчик		
СП 6 - 1	2,86	ІЕК АВДТ32, С6А, 30мА
СП 6 - 2	5,71	ІЕК АД12 2Р, 10А, 30мА
СП 6 - 3	5,71	ІЕК АД12 2Р, 10А, 30мА

Таблиця 2.8 – Автомати захисту на кожному СП.[33]

СП 1	19,20	ІЕК АВДТ34, С25А, 300мА
СП 2	28,60	ІЕК АВДТ34, С32А, 100мА
СП 3	51,20	ІЕК АД14 4Р, 63А, 30мА
СП 4	25,60	ІЕК АВДТ34, С32А, 100мА
СП 5	25,60	ІЕК АВДТ34, С32А, 100мА
СП 6	8,27	ІЕК АВДТ34, С10А, 30мА

Висновки до другого розділу

Проаналізовано територію дендропарку за площею та споживанням електроенергії. Визначено, що споживана потужність залежить від розміщення об'єктів на території та технічного облаштування.

Графічно змодельовано зону дендропарку та математично розраховано необхідну кількість світильників. За допомогою сучасного програмного забезпечення Light in Night перевірено достатність освітлення.

Застосовано схему управління освітлювальних установок за для можливості використання спеціалізованого програмного забезпечення управління установками.

Розраховані потужності об'єктів, що знаходяться в дендропарку та підібрані відповідні елементи мережі.

Проаналізовані можливість використання технологій ВДЕ в парковій зоні за для збереження ландшафту та автентичності об'єкту.

3 ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ГАРАНТОВАНОГО ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПАРКОВОЇ ЗОНИ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ

3.1 Призначення систем накопичення енергії

Система накопичення енергії призначена для накопичення, зберігання електричної енергії та віддачі її в мережу або навантаження з метою підтримки функціонування енергосистеми, підвищення ефективності її роботи та забезпечення необхідної якості електричної енергії.

Можливості СНЕ дозволяють вирішувати ряд завдань, характерних як об'єктів, підключених до єдиної енергосистеми, так об'єктів в автономних енергосистемах [34].

Використання СНЕ дозволяє:

- підвищити робочу продуктивність;
- підвищити надійність енергосистеми;
- підвищити ефективність використання поновлюваних джерел енергії;
- забезпечити регулювання балансу генерації та споживання;
- зменшити необхідну потужність підключення до мережі;
- зменшити втрати;
- забезпечити доступність енергії у разі переривання живлення від первинних джерел;
- підвищити ресурс генераторних агрегатів за рахунок експлуатації оптимальному режимі;
- забезпечити потрібні показники якості електроенергії.

Функції, що виконуються СНЕ, поділяються на 3 класи [34]:

Клас А. Функції, що передбачають короткочасне використання СНЕ, у якому установка споживає/видає необхідну енергію протягом короткочасного робочого циклу (робочий цикл СНЕ триває менше 1 години);

Клас В. Функції, які передбачають тривале використання СНЕ, при якому установка споживає/видає необхідну енергію протягом тривалого робочого циклу (робочий цикл СНЕ триває більше 1 години);

Клас С. Функції резервного джерела живлення в аварійному режимі, коли основне джерело живлення недоступне.

Відповідно до наведеної класифікації функцій СНЕ на класи поділяються і завдання, які вирішуються за допомогою систем накопичення енергії [34].

Завдання класу А

А1. Регулює частоту в енергосистемі (при потужності СНЕ, порівнянної з потужністю енергосистеми.

- А2. Регулювання напруги (у тому числі запобігання лавині напруги)
- А3. Компенсація короткострокових піків та провалів потужності (наприклад, при пускових процесах двигунів).
- А4. Обмеження швидкості зміни потужності навантаження генераторів.
- А5. Компенсація реактивної потужності (залежно від ситуації може ставитись і до завдань класу В).
- А6. Функції активного фільтра: компенсація вищих гармонік струму, компенсація несиметрії фаз трифазної системи.

Завдання класу В

- В1. Вирівнювання графіка навантаження за рахунок забору енергії з мережі в період малого завантаження та віддачі протягом піків споживання.
- В2. Вирівнювання графіка генерації (зазвичай – генерації на основі відновлюваних джерел енергії).
- В3. Тарифний арбітраж рахунок накопичення енергії під час низького тарифу і віддачі під час високого тарифу.
- В4. Забезпечення оптимального завантаження генератора рахунок споживання надлишкової потужності і видачі недостатньої.

Завдання класу С

- С1. Забезпечення безперебійного електропостачання споживачів І категорії та І категорії особливої групи (у тому числі з відключенням

непріоритетних споживачів для більш тривалої підтримки живлення пріоритетних споживачів).

- С2. Забезпечення живлення споживачів, чутливих до коливань частоти та/або напруги, рахунок переходу в автономний режим при виході контрольованих параметрів у мережі за допустимі межі.

- С3. Забезпечення живлення споживачів на годину прогрівання та запуску генератора холодного резерву в аварійній ситуації.

Система накопичення енергії – багатфункціональний пристрій. Шкіра СНЕ (при відповідній комплектації, конструкції та системі управління) здатна виконувати широкий набір функцій, що відносяться до одного або кількох класів, причому активні та реактивні потужності, що видаються СНЕ, можуть регулюватися незалежно один від одного. Цим обумовлений синергетичний ефект застосування накопичувачів в енергосистемі [34].

3.1.1 Сценарії застосування систем накопичення енергії з найбільшим потенціалом

3.1.2 Інтеграція відновлюваних джерел енергії до енергосистеми

У зв'язку з непостійним (а в деяких випадках і важко передбачуваними) характером зміни в часі потужності, що генерується установками на основі відновлюваних джерел енергії, їх комбінують з традиційною генерацією, наприклад, дизельною електростанцією (ДЕС). ДЕС здатна як забезпечити постійний рівень генерації мінімально необхідної потужності («базовий режим»), і забезпечити додаткову потужність у період нестачі потужності ВДЕ (рисунок 3.1, а).

Для такої енергосистеми характерні такі основні недоліки:

- ДЕС приймає на себе коливання потужності навантаження, що призводить до підвищеної витрати палива та прискореного скорочення моторесурсу;

- ДЕС, очевидно, не здатна приймати потужність, тому навантаження такої системи має бути завжди більше, ніж пік генерації ВДЕ, що накладає обмеження на застосування.

Зазначені фактори призводять до низького коефіцієнта використання встановленої потужності ВДЕ, низьких економічних показників використання ВДЕ, проблем з якістю електроенергії (особливо у невеликих автономних енергосистемах) тощо.

Застосування СНЕ у такій енергосистемі дозволяє покласти її функції узгодження графіків навантаження і генерації (рисунок 3.1, б). При цьому ДЕС може працювати в базовому режимі практично з постійною потужністю, за рахунок чого забезпечується мінімальна витрата палива і моторесурсу. Крім того, СНЕ може працювати як джерело маневреної потужності, приймаючи надлишки генерованої потужності під час піків генерації, а також підвищувати стійкість паралельної роботи [34].

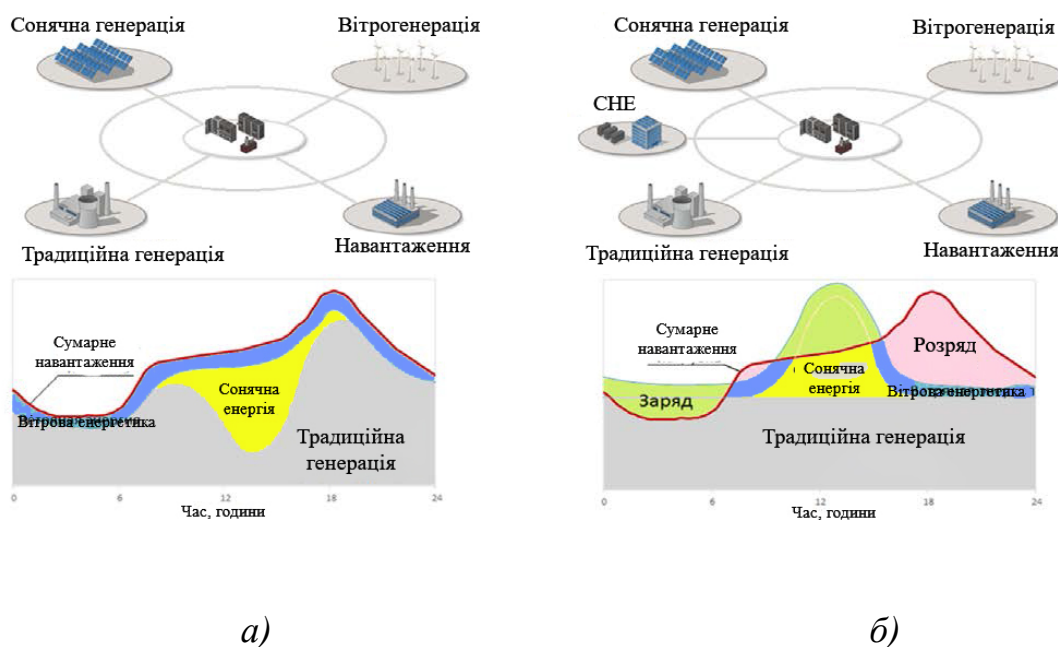


Рисунок 3.1 – Баланс генерації та споживання в енергосистемі з ВДЕ без СНЕ (а) та з СНЕ (б)

Таким чином, СНЕ забезпечує ефективну інтеграцію установок на основі ВДЕ до енергосистеми з підвищенням економічних та технічних показників.

Крім того, СНЕ може застосовуватись і у складі енергосистем, що містять тільки ВДЕ-генерацію: сонячну, вітрову та ін.

Основна проблема сонячної генерації – залежність графіка генерованої потужності від часу доби та погодних умов. Застосування СНЕ дозволяє узгодити графік потужності, що видається на навантаження, з фактичним графіком споживання. СНЕ заряджається в період надмірної генерації і розряджається в період дефіциту потужності, що генерується (рисунк 3.2) [34].

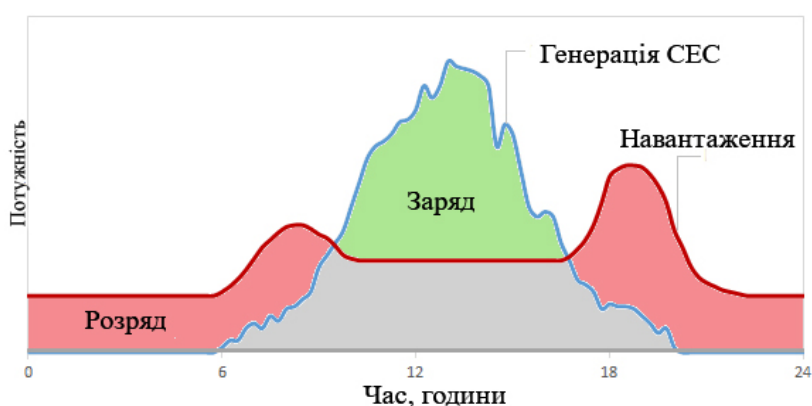


Рисунок 3.2 – Графік споживання потужності при паралельній роботі СНЕ із сонячною електростанцією.

Основна проблема вітрогенерації - складна передбачуваність графіка потужності, що генерується. СНЕ дозволяє узгодити графік генерації із графіком споживання (рисунк 3) [34].

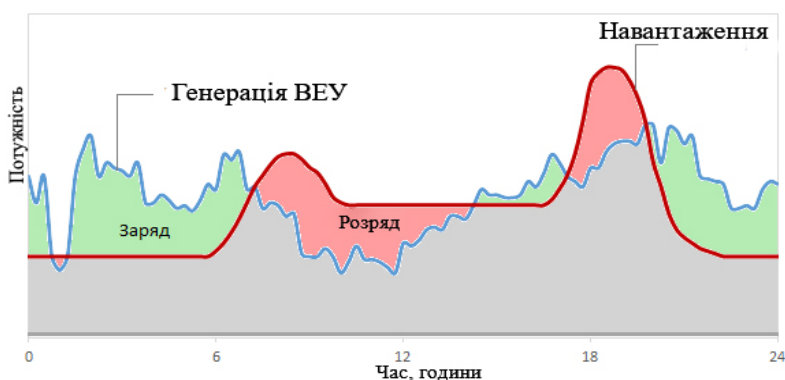


Рисунок 3.3 – Графік споживання потужності при паралельній роботі СНЕ з вітровою електростанцією

3.1.3 Зниження пікової потужності

При реалізації СНЕ функції обмеження максимальної потужності (рисунки 3.4) задається установка максимально допустимої потужності. При перевищенні потужності уставки – СНЕ починає видавати потужність. При цьому сумарна потужність фіксується лише на рівні уставки. Заряд СНЕ відбувається у інші періоди, задані часовим діапазоном, певними значеннями потужності споживання чи іншими умовами.

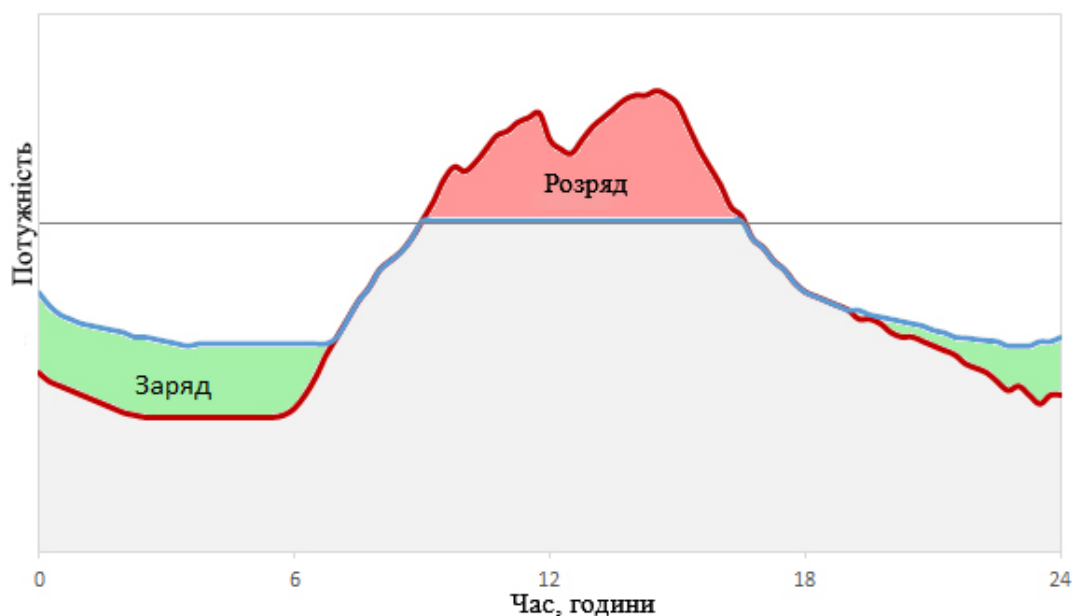


Рисунок 3.4 – Графік споживання потужності при паралельній роботі зі СНЕ в режимі обмеження максимальної споживаної потужності

Зниження пікової потужності актуальне у таких випадках [34]:

- Технологічне приєднання споживача з великою піковою потужністю. У разі неможливості (або високої ціни) технологічного приєднання через відсутність на найближчих підстанціях «вільної потужності» споживач може встановити СНЕ, що значно зменшить необхідну потужність технологічного приєднання.
- Ліквідація необхідності реконструкції підстанцій чи ЛЕП збільшення потужності. Установка СНЕ дозволяє знизити пікову потужність перетікання

ЛЕП або завантаження трансформатора на підстанції, вивільнити потужність для підключення додаткових споживачів або для інших цілей.

- Зниження необхідної потужності генеруючих установок в автономній енергосистемі. При проектуванні автономної енергосистеми включення до проекту СНЕ дозволяє знизити пікову потужність навантаження та використовувати генеруючі установки меншої потужності.

- Зниження втрат у довгих фідерах. Великі втрати у фідерах (розподільних лініях електропередачі) середньої напруги до віддалених споживачів, як правило, обумовлені значною величиною пікової потужності. При використанні СНЕ «зрізання» піку споживання призводить до суттєвого зниження втрат (рис. 3.5).

Та ін.

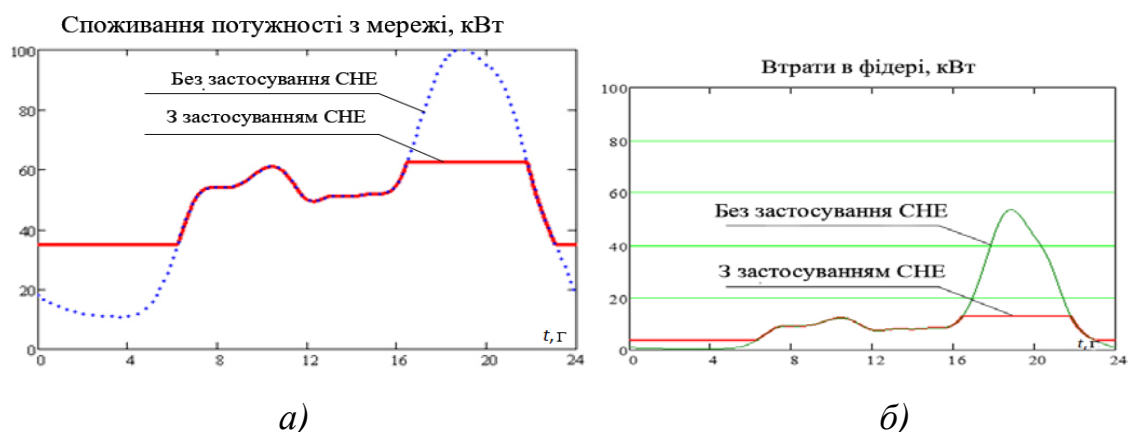


Рисунок 3.5 – Графік споживання потужності фідером (а) та графік втрат потужності (б) на добовому інтервалі часу без СНЕ та з СНЕ

Реакція генераторів різного типу на скидання/накидання навантаження - серйозна проблема, що обмежує можливість застосування генераторів деяких типів на паркових об'єктах, що характеризуються різко змінним характером навантаження. Деякі генератори (газопоршневі, газотурбінні) не здатні витримувати скидання і начерки вище заданих меж через технологічні особливості (відбувається відключення генераторів); для інших типів генерації (наприклад, дизель-генераторних установок) це пов'язано з підвищеною

витратою палива та ресурсу. Застосування СНЕ для демпфування фронтів наростання/зменшення потужності навантаження дає можливість генераторам працювати у більш комфортному режимі та знімає обмеження застосування будь-яких джерел генерації.

Для вирішення зазначеної проблеми СНЕ в режимі обмеження швидкості зміни потужності в момент накидання або скидання навантаження (наприклад, увімкнення або відключення потужного агрегату навантаження) споживає або видає необхідне значення потужності, забезпечуючи плавну зміну навантаження на генератор (рисунок 3.6), що, крім іншого, запобігає відхиленням частоти [34].

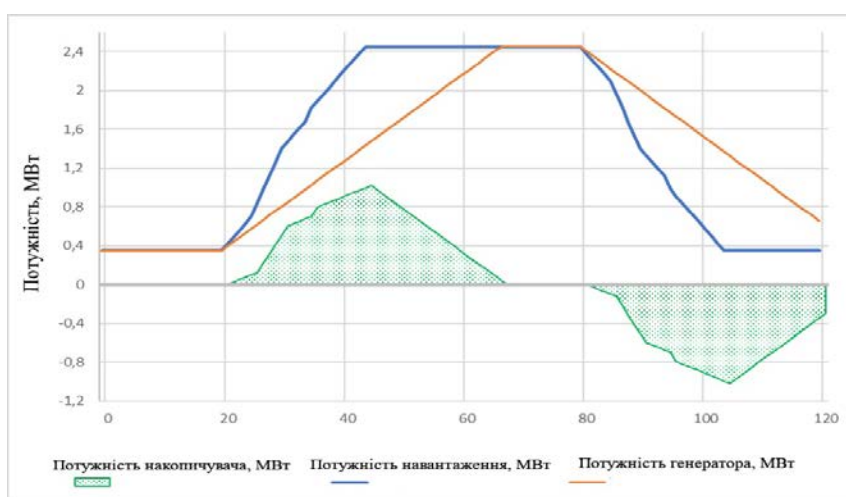


Рисунок 3.6 – Графіки: навантаження (верхній), генерації (середній) та СНЕ (нижній) під час роботи СНЕ у режимі обмеження швидкості зміни потужності

3.1.4 Створення активно-адаптивних систем електропостачання віддалених об'єктів

У зарубіжній енергетиці системи, аналогічні АА СЕ, належать до Smart Grids. Враховуючи, що в даному випадку мережа є Низьковольтні розподільчі АА СЕ щодо невеликої потужності відповідають Micro Smart Grids (скорочено – MicroGrids). MicroGrids в рамках концепції Smart Grid були запропоновані як новий вид розподільчих мереж, здатних найбільш повно використовувати

переваги інтеграції великої кількості розподілених установок малої потужності в розподільних мережах низької напруги [35].

АА СЕ засновані на наступних принципах побудови та функціонування мережі [35]:

- інтеграція різноманітних видів генерації, включаючи ВДЕ та установок, що використовують вторинні енергоресурси;
- автоматизована зміна режиму роботи АА СЕ (робота в ізолюваному режимі або паралельно із мережею);
- можливе виділення окремих частин АА СЕ на ізолювану роботу;
- автоматизований вибір оптимального складу працюючого обладнання та схеми мережі;
- самовідновлення та самобалансування;
- максимальне використання вторинних енергоресурсів.

Одним із ключових елементів АА СЕ є системи накопичення енергії. На рисунку 3.7 показано структурну схему АА СЕ змінного струму. СНЕ підключається до шин 0,4 кВ.

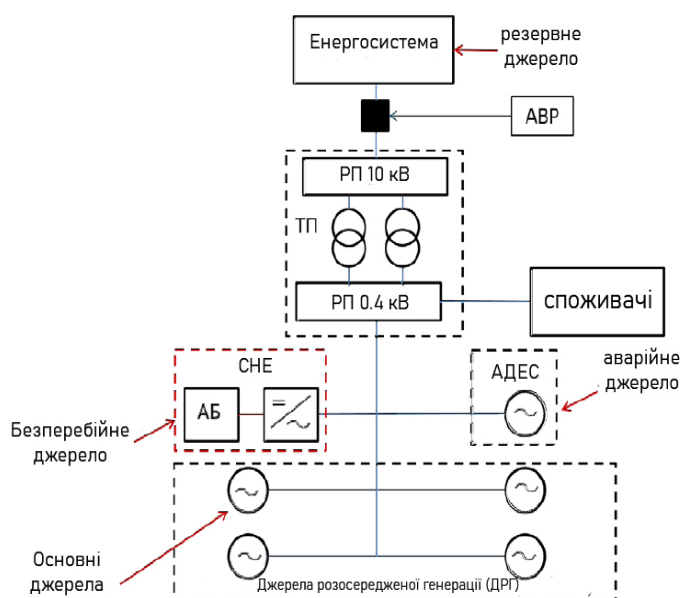


Рисунок 3.7 – Структурна схема АА СЕ змінного струму з СНЕ (АДЕС – аварійна дизельна електростанція)

Застосування на об'єкті АА СЕ з СНЕ дозволяє досягти наступних ефектів [35]:

- забезпечення балансу генерації та споживання;
- зниження втрат у розподільчій мережі;
- підвищення енергоефективності;
- зниження витрат за купівлю електроенергії;
- забезпечення енергонезалежності;
- економія коштів

3.2 Структура системи накопичення енергії

3.2.1 Склад системи накопичення енергії

СНЕ включає кілька підсистем [34]:

- основна підсистема:
- підсистема перетворення енергії ПП,
- підсистема накопичення ПН;
- підсистема контролю та управління:
- підсистема керування ПК,
- підсистема комунікації ПСК;
- допоміжна підсистема:
- підсистема живлення власних потреб ПЖВП,
- підсистема теплокондиціювання ПТК,
- підсистема пожежогасіння ПСГП,
- підсистема охоронно-пожежної сигналізації ПОПС,
- підсистема освітлення ПОСВ;
- підсистема розподілу та підключення:
- основний з'єднувальний виведення мережі (для стикування з основною точкою підключення до електроенергетичної системи ТПН),
- основний сполучний вивід навантаження (для стикування з точкою приєднання споживача ТПП),

- допоміжний сполучний вивід (для стикування з допоміжною точкою підключення до електроенергетичної системи ТПН).

Залежно від функцій СНЕ її склад і склад підсистем, їх комплектність, конструктивне виконання можуть змінюватись.

Структурна схема СНЕ у загальному вигляді наведена на рисунку 3.9, однолінійна схема СНЕ – рисунку 3.10.

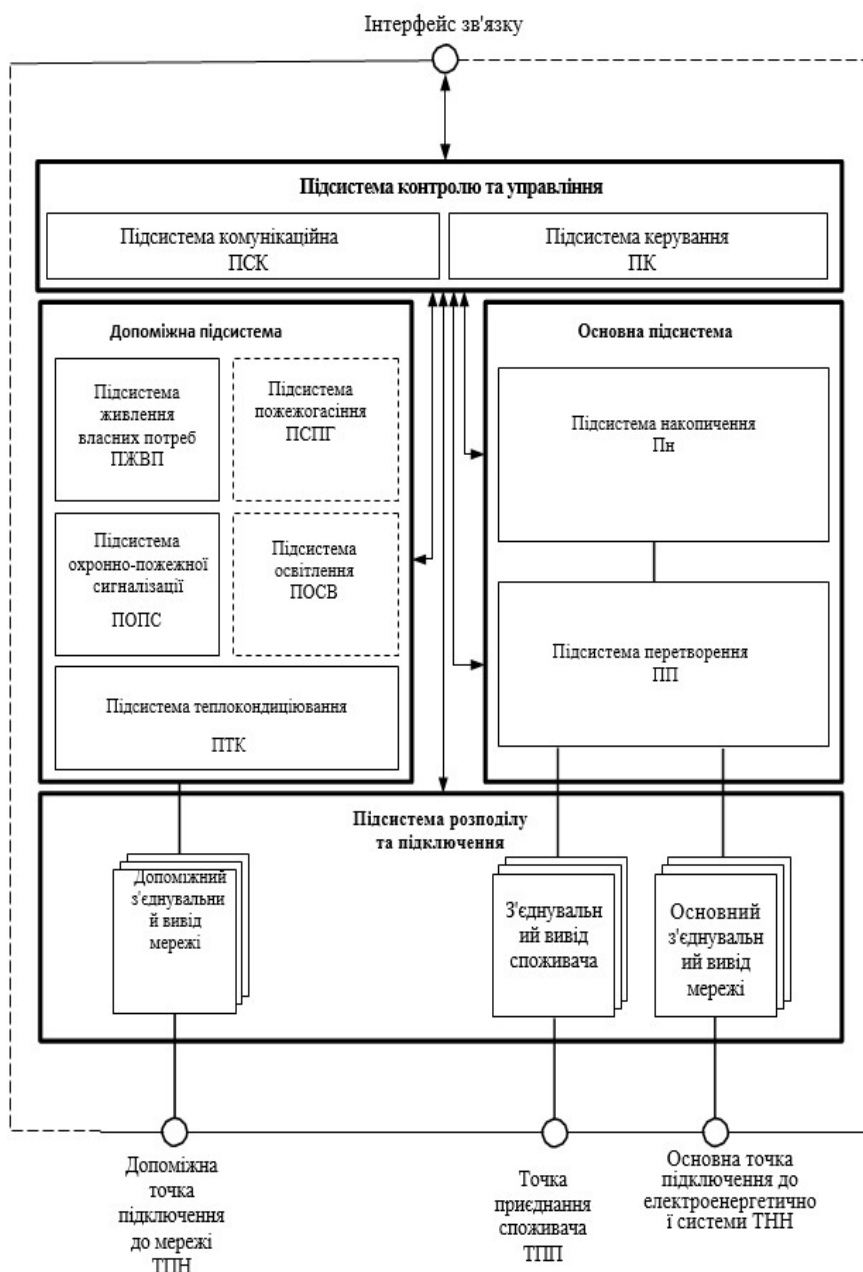


Рисунок 3.9 – Структурна схема СНЕ

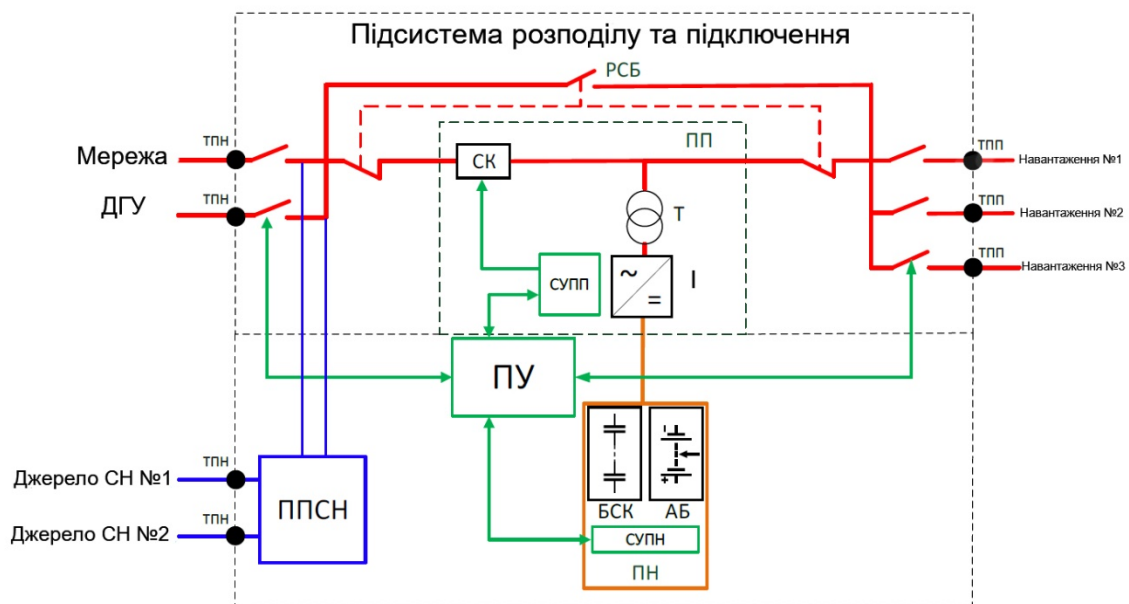


Рисунок 3.10 – Однолінійна схема СНЕ: червоний колір – силові ланцюги АС; помаранчевий – силові ланцюги DC; синій – ланцюги потреб; зелений - вторинні ланцюги управління; СК – силовий ключ; РСБ - ручний сервісний байпас-рубильник; Т – трансформатор; І – інвертор; СУПП - система управління підсистемою перетворення; БСК – батарея суперконденсаторів; АБ – акумуляторна батарея; СУПН - система управління підсистемою накопичення.

Допоміжна підсистема (рисунок 3.9) може включати до складу інженерні підсистеми, що забезпечують функціонування блочно-модульної будівлі (БМБ): ПЖВП, ПСГП, ПОСВ, ПОПС, ПТК. У разі шафового виконання – лише підсистему живлення власних потреб.

Живлення власних потреб СНЕ може здійснюватися від основної точки підключення через автоматичні захисні вимикачі, блоки живлення власних потреб та ін; або від стороннього джерела (наприклад, системи живлення потреб підстанції) через допоміжні точки підключення ТПН (рисунок 3.10).

Підключення навантаження здійснюється через точки приєднання споживача ТПП. Можлива наявність у схемі кількох фідерів з керованими комутаційними апаратами, що дає можливість реалізації алгоритму вибіркового

живлення навантаження в автономному режимі, коли за відсутності напруги мережі СНЕ може відключити частину навантаження для більш тривалого енергопостачання пріоритетних навантажень. Мережева СНЕ може містити точок приєднання навантаження.

До складу СНЕ може входити ручний сервісний байпас-рубильник, що дозволяє підключити мережу безпосередньо до навантаження, відключаючи підсистему перетворення для сервісних та ремонтних робіт.

Для швидкого переходу в автономний режим при виході параметрів мережі за задані межі до складу підсистеми перетворення може бути включений швидкодіючий силовий напівпровідниковий ключ.

Система керування перетворювачем призначена для керування інвертором у «швидких» процесах відповідно до заданих підсистем керування СНЕ налаштуваннями. Під «швидкими» маються на увазі процеси, пов'язані з аналізом миттєвих значень напруги та струмів, розрахунком, наприклад, частоти напруги, гармонійного складу, прийняття рішення на видачу/прийом потужності і т.д. Крім того, до «швидких» процесів відноситься синхронізація синусоїди з мережею, що генерується інвертором.

Підсистема управління СНЕ відповідає за узгодження роботи окремих підсистем СНЕ, поєднання інформаційних потоків, завдання та реалізацію загальних алгоритмів управління СНЕ, «повільні» процеси (управління ступенем заряду елементів ПН СНЕ тощо).

Підсистема накопичення СНЕ включає до складу елементи накопичення (найбільш перспективні варіанти: літій-іонні акумулятори та/або суперконденсатори), систему керування, що підтримує елементи в оптимальному стані і керує апаратами, що комутують, для відключення ПН СНЕ при необхідності. СНЕ на основі суперконденсаторів можуть застосовуватись за необхідності короткочасної видачі великого значення потужності. СНЕ на основі літій-іонних акумуляторів більш універсальні, і дозволяють накопичувати більшу кількість енергії. У разі, коли від СНЕ вимагається виконання декількох функцій, що передбачають видачу великої потужності (у деякі моменти часу) і

значну енергоємність, використовується СНЕ з гібридною підсистемою накопичення, що включає і акумулятори, і суперконденсатори.

Архітектура СНЕ передбачає високий рівень автономності підсистем, їх здатність діагностувати власний стан, припиняти небезпечні режими. У цьому алгоритми ПУ СНЕ дозволяють зберігати працездатність СНЕ загалом у разі виникнення несправностей окремих підсистем (із запровадженням обмежень) [34].

На рисунку 3.11 показаний приклад шафового виконання СНЕ-ПН (СНЕ, що підключається до мережі низької напруги – 0,4 кВ).



Рисунок 3.11 – СНЕ-ПН 0,4 кВ шафового виконання

3.2.2 Підсистеми системи накопичення енергії

3.2.3 Підсистема перетворення

Підсистема перетворення електричної енергії (ПП) має у своїй основі силовий перетворювач з одиночним перетворенням енергії і може виконувати такі функції:

- перетворення трифазної напруги змінного струму на напругу постійного струму – передача потужності в підсистему накопичення;

- перетворення напруги постійного струму на напругу змінного струму видачі потужності;
- підтримка елементів підсистеми накопичення в оптимальному режимі;
- швидкий перехід до автономного режиму.

Залежно від необхідної функціональності ПП СНЕ може мати різне виконання, склад [34].

Склад підсистеми перетворення

- Перетворювач із одиночним перетворенням енергії – основний елемент підсистеми перетворення. Включає до складу IGBT-транзистори, драйвери, систему примусового охолодження, снабберні резистори та ін. фазах та нейтральному проводі).

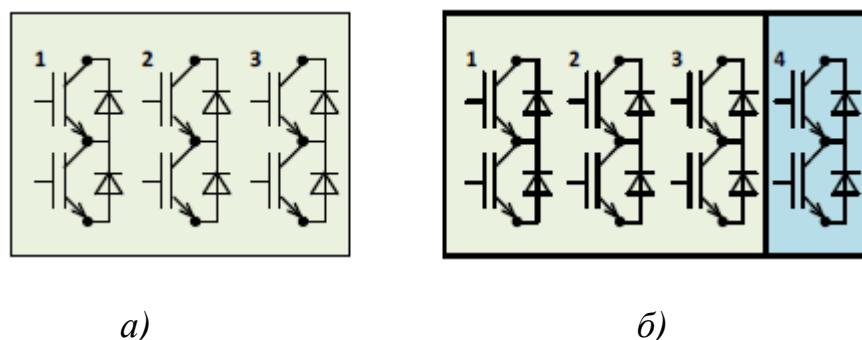


Рисунок 3.12 – Трифазна (а) та чотирифазна (б) схеми перетворювача (умовні позначення)

Система керування підсистемою перетворення (СУПП): реалізує безпосереднє керування транзисторами. Отримує сигнали від датчиків струму та напруги, відповідає за реалізацію «швидких» процесів керування, керування силовим напівпровідниковим ключем.

- Узгоджувальний трансформатор (рисунок 3.13): служить для узгодження номінальної напруги сторони АС перетворювача та напруги мережі. Базове виконання – трифазний трансформатор на тристрижневому сердечнику. Однак для реалізації деяких алгоритмів (симетрування струмів, глибокої компенсації гармонік) потрібен груповий трансформатор (системи трьох однофазних

трансформаторів, виконаних на різних сердечниках) або п'ятистрижневий трансформатор.

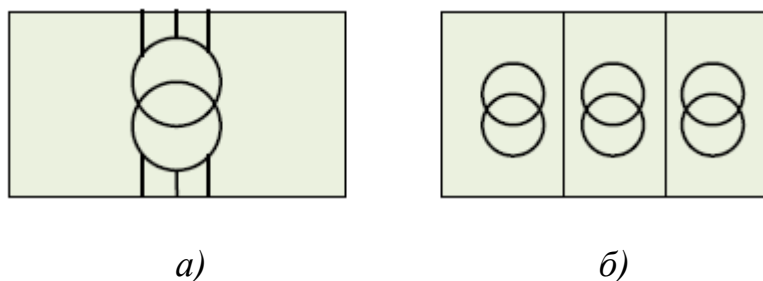


Рисунок 3.13 – Трифазний трансформатор на тристріжневому осерді (а) та груповий трансформатор (б) (умовні позначення)

Згладжуючий дросель: забезпечує фільтрацію вищих гармонік змінної напруги інвертора. Підключається між інвертором та силовим трансформатором. Можливі два варіанти виконання дроселя (рисунок 3.14): трифазний дросель або трифазний дросель з додатковим однофазним дроселем у нейтральному дроті, необхідним у разі роботи з чотиристійковим перетворювачем.

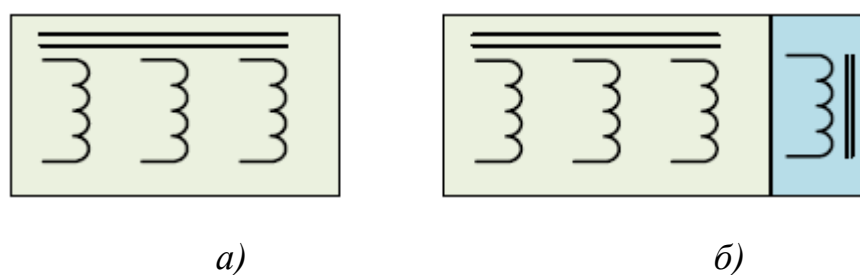


Рисунок 3.14 – Трифазний дросель (а) та трифазний дросель з додатковим однофазним дроселем (б) (умовні позначення)

Силовий напівпровідниковий ключ (СК): призначений для швидкого (декілька мілісекунд) відключення від основної точки підключення до мережі ТПН під час переходу в автономний режим.

На рисунку 3.15 зображено базовий та повний склад підсистеми перетворення СНЕ. Можливі проміжні варіанти залежно від списку функцій, що реалізуються СНЕ.

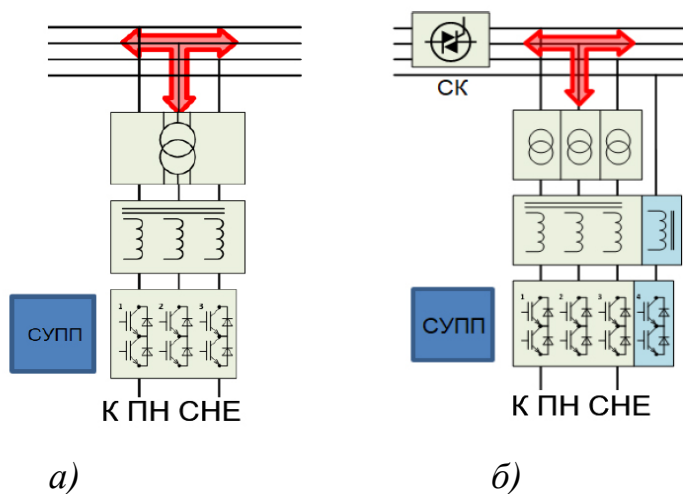
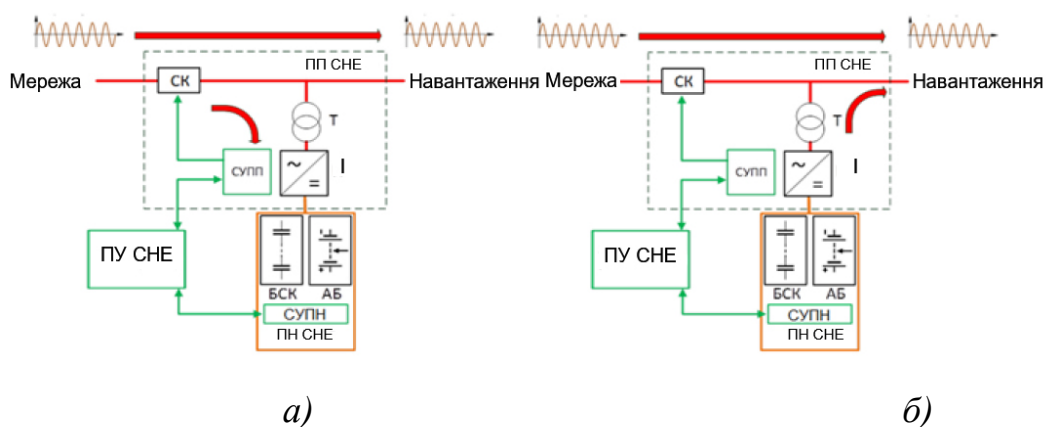


Рисунок 3.15 – Базовий (а) та повний (б) склад підсистеми перетворення СНЕ

На рисунку 3.16 показано основні режими роботи підсистеми перетворення СНЕ [34].



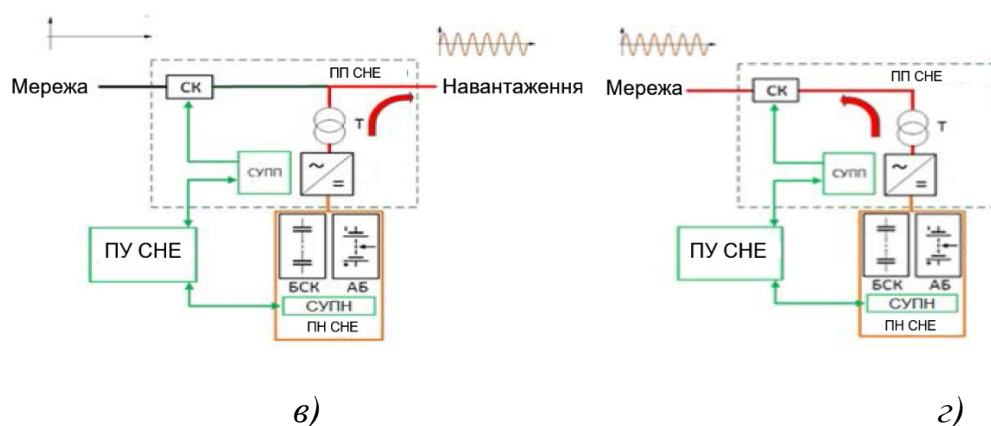


Рисунок 3.16 – Основні режими роботи підсистеми перетворення СНЕ: прийом потужності при паралельній роботі з мережею (а), видача потужності на навантаження при паралельній роботі з мережею (б), автономний режим (в), видача потужності до мережі (г)

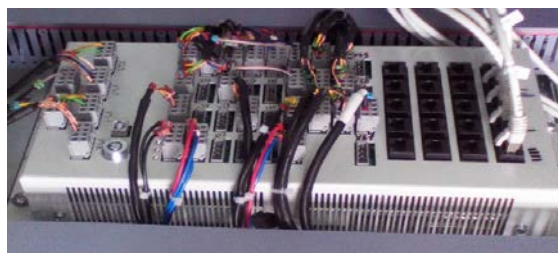
3.2.4 Конструкція підсистеми перетворення

Конструктивно підсистема перетворення будується за модульним принципом. Базовий елемент системи – перетворювальний модуль (рисунок 3.17 а). Модуль перетворювальний може бути зібраний за три- або чотиристоїчною схемою. Модулі перетворювальні виробництва ТОВ "Системи постійного струму" (ТОВ "СПТ") розраховані на номінальну потужність 50 кВА або 100 кВА.

СУПП будується з блоків управління перетворювачем (рисунок 3.17 б). Один блок управління виробництва ТОВ «СПТ» може працювати разом із чотирма перетворювальними модулями, що утворює перетворювальну систему потужністю від 50 до 400 кВА. У підсистемі перетворення СНЕ можуть працювати паралельно кілька таких систем забезпечуючи необхідне значення номінальної потужності.



а)



б)

Рисунок 3.17 – Модуль перетворювальний (а) та блок управління перетворювачем (б)

Перетворювальні модулі та блоки управління перетворювачем, а також інші елементи ПП та інших підсистем (контролер підсистеми управління, контактори мережі та навантаження підсистеми розподілу, елементи допоміжної підсистеми) залежно від потужності та комплектації СНЕ розміщуються в одному або кількох електротехнічних стелажах або шафах одно- або двостороннього обслуговування [34].

На рисунку 3.18 наведено приклад розміщення підсистеми перетворення СНЕ-ПН 0,4 кВ.



Рисунок 3.18 – Багатошафова конструкція одностороннього обслуговування двомодульного перетворювача з груповим трансформатором 50-200 кВА

3.2.5 Підсистема управління СНЕ

Підсистема управління СНЕ (ПУ) призначена для:

- забезпечення спільної роботи всіх підсистем СНЕ;
- налаштування системи;
- інформаційне сполучення потоків даних;
- реалізації алгоритмів, пов'язаних із особливими умовами роботи, взаємодією із системами стороннього обладнання;
- візуалізації параметрів системи, процесів, організації спілкування СНЕ із користувачем;
- забезпечення каналу двостороннього інформаційного обміну із вищими системами (АСКОЕ та ін.);
- ведення бази даних поточної інформації, аварійних подій, змін налаштувань тощо.

Залежно від функціональності СНЕ можливі 2 варіанти конструктивного виконання підсистеми управління: панельне та шафове.

При панельному виконанні ПУ реалізована на базі панельного контролера із сенсорним екраном. Контролер може розміщуватись на дверях шафи будь-якої підсистеми. Таке виконання підходить для локальних систем, якщо не потрібне управління зовнішніми об'єктами (наприклад, ДГУ), взаємодія з АСУ обмежена обміном даними по одному інтерфейсу, немає вимог щодо архівування та перегляду архівної інформації.

При шафовому виконанні ПУ основними елементами є: промисловий контролер (що реалізує функції обміну даними з підсистемами, управління ними, реалізації основних алгоритмів) та панельний комп'ютер (що надає можливості візуалізації, архівування, зв'язку з вищими АСУ та моніторингу через віддалених HTTP-клієнтів).

ПУ підтримує зв'язок із підсистемами СНЕ через дискретні входи/виходи та цифрові інтерфейси (рисунок 3.19). Також через інтерфейс реалізується зв'язок із системами верхнього рівня. За допомогою каналів зв'язку ПУ збирає та обробляє дані, формуючи керуючі впливи у вигляді комплексу сигналів,

налаштувань та уставок, які передаються у підлеглі підсистеми для реалізації необхідного режиму.



Рисунок 3.19 – Структурна схема зв'язків ПУ СНЕ

ПУ включає до складу ЛМІ – людино-машинний інтерфейс у вигляді сенсорного екрану, призначений для моніторингу інформації та безпосереднього керування системою накопичення енергії [34].

3.2.6 Підсистема накопичення

Підсистема накопичення СНЕ (ПН) призначена для:

- запасання електричної енергії;
- забезпечення безпечного функціонування елементів зберігання;
- розрахунку залишкової запасеної енергії та доступного заряду.

Конструкція підсистеми накопичення

Можливі кілька видів конструктивних виконань ПН:

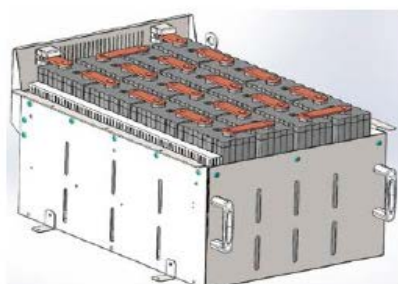
- стелажі одностороннього обслуговування (С1);
- стелажі двостороннього обслуговування (С2);
- модульна стелажна конструкція (СМ);
- модульна шафа (ШМ).

Найбільшою простотою конструкції характеризуються виконання С1 і С2 (рисунок 3.20): акумулятори стаціонарно розміщуються відповідно в 1 або 2 ряди на стелажах.

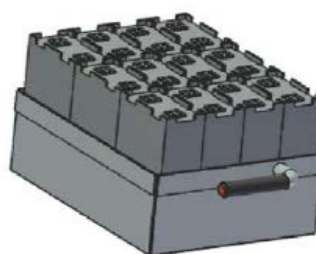


Рисунок 3.20 – Приклад виконання С2 підсистеми накопичення

Однак у ремонтпридатності, обслуговуваності, компактності С1 і С2 поступаються складнішим виконанням СМ і ШМ. Їх основним елементом є акумуляторний модуль (рисунок 3.21), що являє собою складання кількох акумуляторів, елементів системи керування акумуляторною батареєю (СУАБ) та корпусу.



а)



б)

Рисунок 3.21 – Акумуляторні модулі для ПН модульної шафової (а) та модульної стелажної (б) конструкції

Шафна модульна конструкція ПН (рисунок 3.22 а) являє собою ряд шаф одностороннього обслуговування, в яких встановлені висувні модулі на телескопічних напрямних. Комутація силових ланцюгів виконана втичними контактами у задній частині шафи.

Стелажна модульна конструкція ПН (рисунок 3.22 б) призначена для установки всередині блочно-модульних будівель (БМБ), але може застосовуватися і в загальнопромислових приміщеннях. У порівнянні з ШМ застосовуються більш легкі та компактні модулі. Як механізм ввезення-вивезення замість телескопічних напрямних - полозья ковзання. Стелажі немає розстібних дверей, замість них фронтальну площину перекривають знімні щити [34].

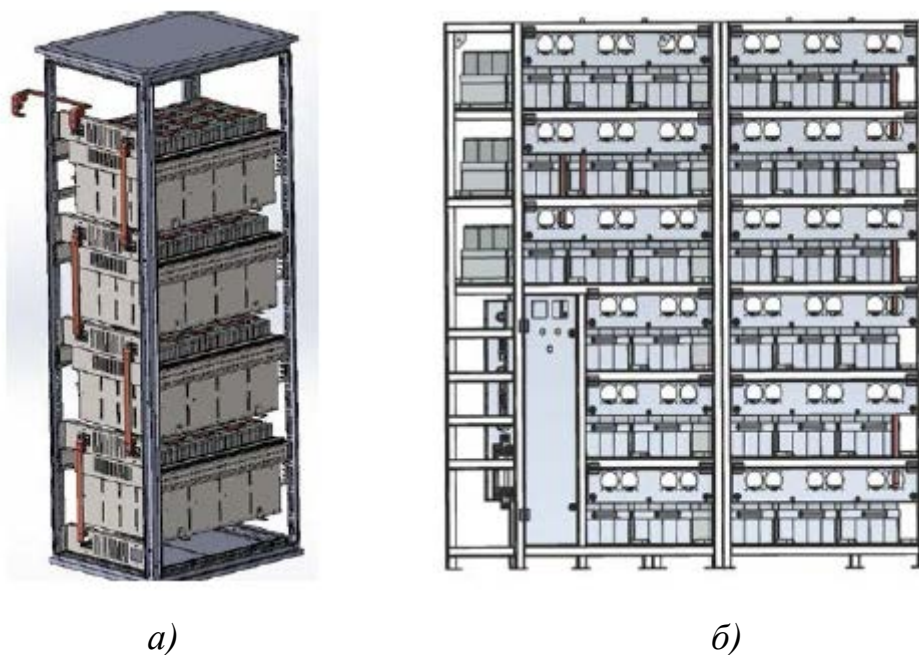


Рисунок 3.22 – Шафа акумуляторна ПН модульного шафового виконання (а, вид зворотної, стінки не показані) та ПН модульного стелажного виконання (б)

Система керування підсистеми накопичення

ПН СНЕ має власну систему управління. У ПН на основі літій-іонних акумуляторних батарей як система управління виступає СУАБ – система

управління акумуляторними батареями. Розглянемо СУАБ виробництва ООО "Системы накопления энергии" (ООО "СНЭ").

Основні функції СУАБ [34]:

- захист акумуляторів від перезаряду та глибокого розряду;
- захист акумуляторів від перегріву;
- балансування акумуляторів у батареї;
- Визначення поточного рівня заряду;
- індикація аварійних ситуацій;
- передача поточних даних до ПУ СНЕ (через RS-485 ModbusRTU);
- керування контактором ПН для відключення у критичних ситуаціях.

На рисунку 3.23 зображено трирівневу структуру СУАБ.

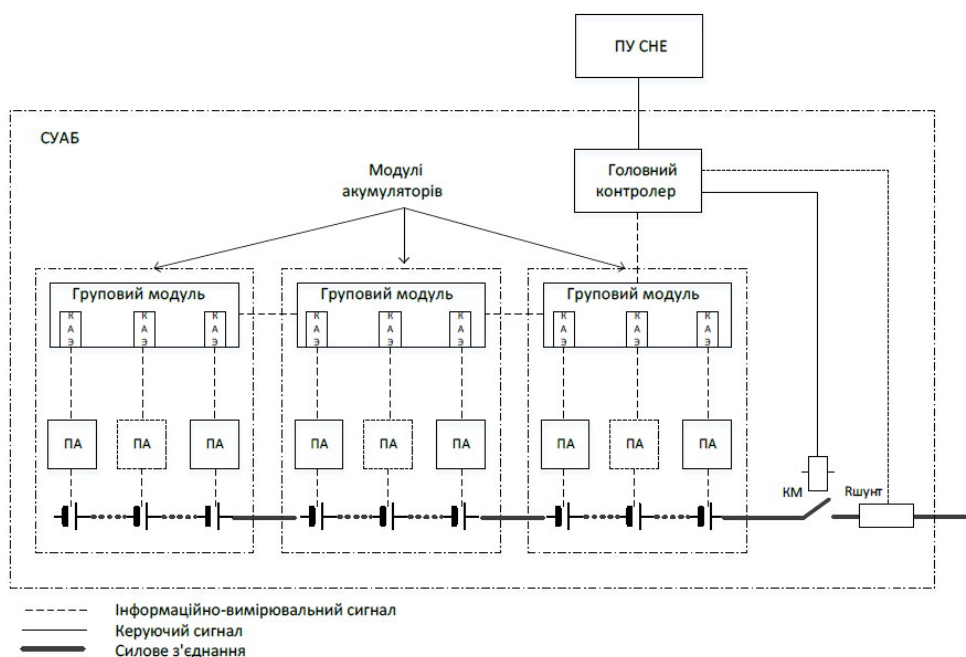


Рисунок 3.23 – Структурна схема СУАБ виробництва ООО «СНЭ»

СУАБ включає до свого складу:

- головний контролер (ГК), що встановлюються на комутаційній панелі;
- групові модулі (ГМ), що встановлюються на модулі акумуляторів у виконаннях ШМ та СМ;

- контролери акумуляторних елементів (КАЕ), виконані у вигляді плат, що встановлюються у груповий модуль;
- акумуляторні плати, встановлюються на борни (вивідні штирі) акумуляторів.

Головний контролер виконує такі функції:

- взаємодія із ПК СНЕ;
- забезпечення необхідних алгоритмів роботи ПН СНЕ;
- контроль стану акумуляторів та батареї в цілому;
- керування контролерами СУАБ нижнього рівня;
- контроль струму, що протікає через вимірювальний шунт;
- керування аварійним контактором.

Груповий модуль призначений для збору даних із групи контролерів акумуляторних елементів. ГМ об'єднуються через інтерфейс послідовного зв'язку з іншими груповими модулями та контролером. Крім того, ГМ керує включенням/відключенням вентиляторів, що охолоджують акумуляторні елементи та плати акумуляторів. На платі групового модуля передбачені втичні роз'єми для підключення контролерів акумуляторних елементів. Кількість КАЕ залежить від кількості акумуляторів у модулі, їх розміщення.

Контролер акумуляторного елемента призначений для контролю стану одного акумулятора, а також управління схемою балансування.

Плата акумуляторна встановлюється безпосередньо на силові виводи акумулятора та призначена для розміщення: силового керованого ключа балансувального ланцюга, балансувального резистора, датчика температури.

СУАБ поточний заряд акумуляторів через підрахунок кулонівського інтеграла згідно з формулою, А·год:

$$\Delta C = \int_{t_1}^{t_2} I(t) dt, \quad (3.1)$$

де

t_1 і t_2 - моменти часу початку і кінця інтервалу, що розглядається, год,

$I(t)$ - струм заряду / розряду, А.

СУАБ реалізує пасивне балансування: при досягненні на акумуляторі напруги вище заданої головним контролером уставки на акумуляторній платі відкривається силовий ключ, підключаючи до акумулятора балансувальні резистор. При цьому частина струму заряду починає протікати через резистор - заряд сповільнюється, і акумулятори з меншим ступенем заряду і меншою напругою "наздоганяють" балансується [34].

3.2.7 Підсистема розподілу

Підсистема розподілу призначена для:

- Реалізації основних з'єднувальних висновків мережі (введення вхідних силових ланцюгів від джерел – мережі, ДДУ, ГПУ, ін.);
- Реалізації основних сполучних висновків споживачів (введення силових ланцюгів, що відходять, до навантаження);
- Забезпечення захисту вхідної та відхідної лінії;
- Перемикання між джерелами, увімкнення резерву за командами системи управління;
- Комерційного/технічного обліку електроенергії (у т.ч. двонаправленого, багатотарифного обліку);
- Розподіл ланцюгів оперативного живлення;
- Перемикання системи на сервісний режим (роз'єднувачем байпасним механічним).

Підсистема розподілу може розміщуватись як в окремій шафі, так і конструктивно поєднуватися з іншими підсистемами.

За наявності шафи розподільчої в ній, крім елементів підсистеми розподілу, можуть розміщуватись також елементи підсистеми власних потреб та інші елементи допоміжної підсистеми [34].

3.3 Графіки навантаження дендропарку

На території дендропарку знаходяться об'єкти які потребують гарантованого живлення в пікові години обслуговування людей, в даному випадку на території дендропарку є 2 Кафе, танцювальний павільйон, насосні установки, стаціонарна система освітлення, Адміністративна будівля, в залежності від їх графіку навантаження необхідна додаткова генерація потужності для покриття піків навантаження.

Кафе «Олександрія» працює з 10:00-21:00, в кафе проводяться корпоративи, банкети, дитячі свята.

Графік навантаження кафе «Олександрія» зображений на рисунку 3.24.

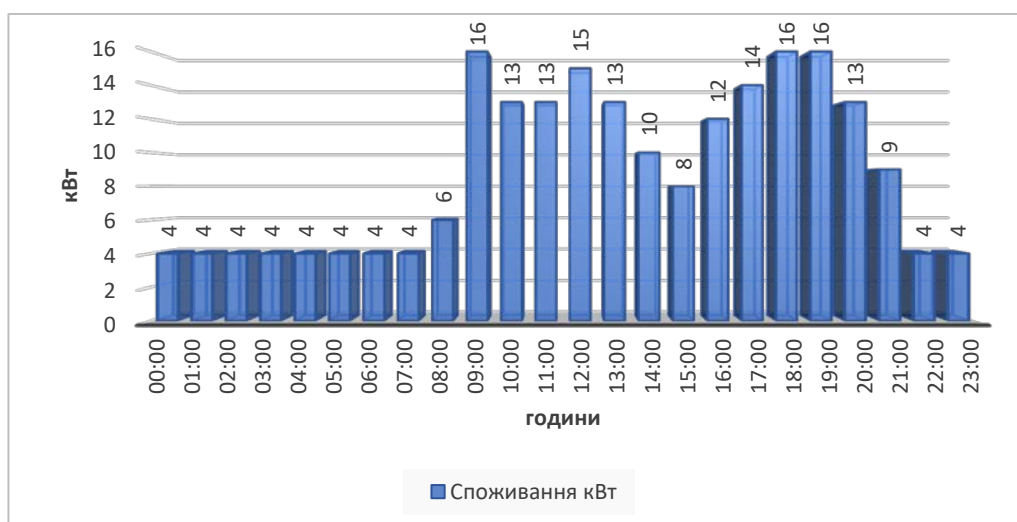


Рисунок 3.24 – Графік навантаження кафе «Олександрія»

Аналізуючи графік видно, що пікові години споживання електричної енергії кафе, є часовий період з 9:00 до 14:00, після цього йде зниження навантаження до вечеру, в вечері після 17:00 знову йде пік навантаження до 20:00, в ці проміжки часу та споживання необхідно врахувати при розрахунку ємності системи накопичення електричної енергії.

Кафе «Кузня» працює з 10:00-22:00, в кафе проводяться банкети, дитячі свята.

Графік навантаження кафе «Кузня» зображений на рисунку 3.25

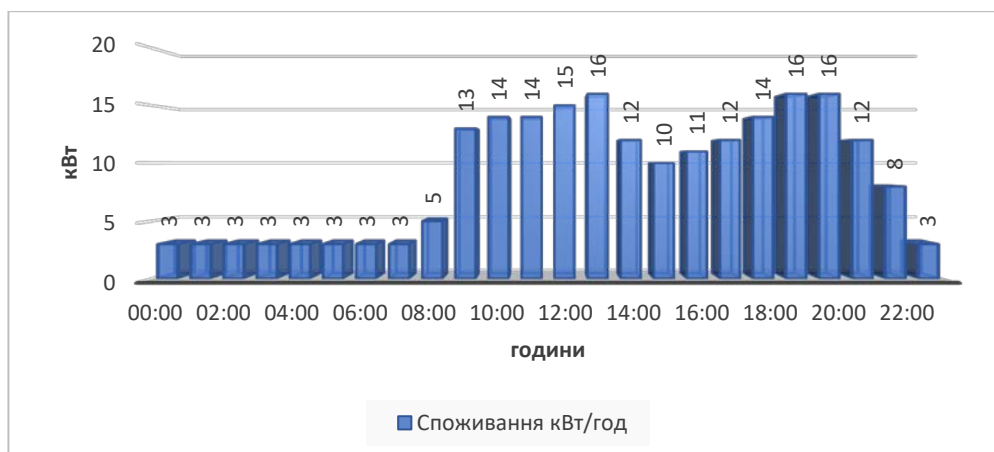


Рисунок 3.25 – Графік навантаження кафе «Кузня»

Танцювальний павільйон працює з 10:00-21:00, в павільйоні проводяться банкетні, дитячі свята, весілля.

Графік навантаження танцювального павільйону зображений на рисунку 3.26



Рисунок 3.26 – Графік навантаження танцювального павільйону

Насосні установки працюють з 8:00-21:00, графік роботи відповідно до графіку роботи парку.

Графік навантаження насосних установок зображений на рисунку 3.27.

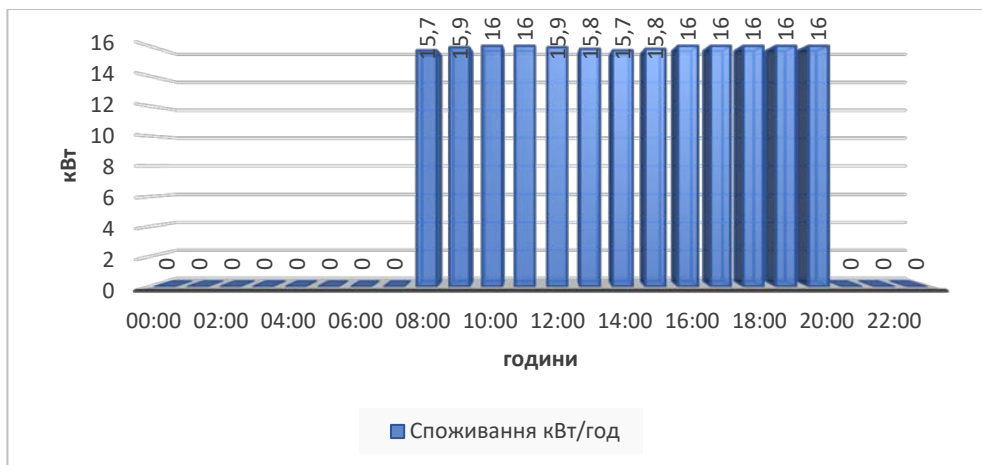


Рисунок 3.27 - Графік навантаження насосних установок.

Адміністративна будівля працює з 8:00-22:00, графік роботи відповідно до графіку роботи парку.

Графік навантаження адміністративної будівлі зображений на рисунку 3.28.

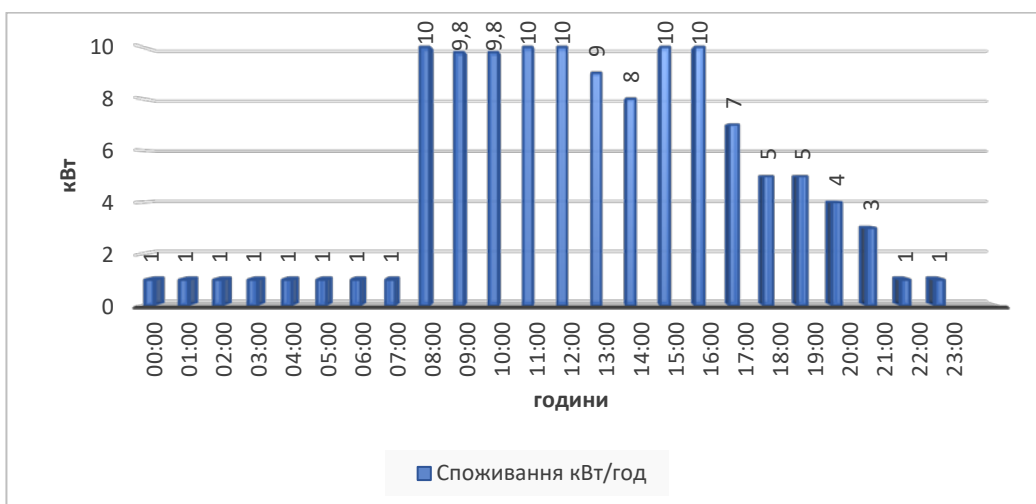


Рисунок 3.28 - Графік навантаження адміністративної будівлі

Стаціонарна система освітлення працює з 16:00-8:00, в залежності від пори року, час роботи стаціонарної системи освітлення буде змінюватись, для прикладу розрахунку був взятий зимовий період, так як освітлення в цей час пори працює найдовший період в сезоні.

Графік навантаження системи стаціонарного освітлення зображений на рисунку 3.29.

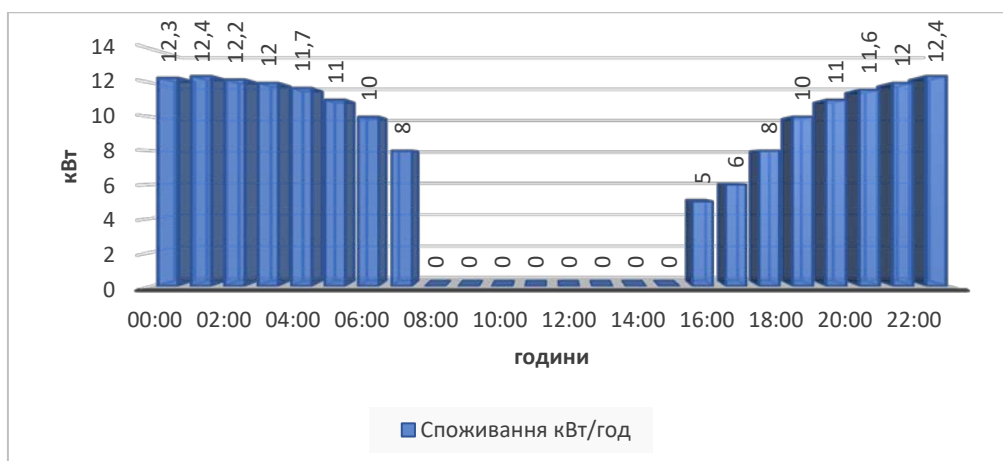


Рисунок 3.29 - Графік навантаження системи стаціонарного освітлення

Загальний графік навантаження всіх об'єктів паркової зони зображено на рисунку 3.30.



Рисунок 3.30 - Графік навантаження всіх об'єктів паркової зони

Аналізуючи графік загального навантаження всіх об'єктів паркової зони, період максимального навантаження припадає на з 09:00 до 15:00 та з 17:00 до 21:00.

Буде доцільно використовувати систему накопичення енергії саме в вказані проміжки часу для гарантованого забезпечення парку електричною енергією.

3.4 Вибір потужності та ємності системи накопичення енергії

Враховуючи графіки відключень споживачів для планових робіт оператору системи розподілу ПрАТ «ДТЕК Київські регіональні електромережі» які проходять кожного місяця в час з 09:00 до 20:00 [36].

Гарантоване живлення об'єкту необхідно забезпечити в час з 09:00 до 20:00.

Для розрахунку ємності системи накопичення енергії, використовується графік навантаження, в свою чергу розрахунок здійснюється по формулі (3.2).

$$A = \int_0^{24} w(t)dt = \sum_{i=1}^{24} P_i \quad (3.2)$$

$$P_i = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_{23} + P_{24} = 21,3 + 20,4 + 20,2 + \dots + 28,5 + 22,4 = 962,3 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Дана ємність розрахована для того випадку, якщо СНЕ буде працювати добу повністю в автономному режимі.

Для розрахунку ємності для використання в час навантаження з 09:00 до 20:00, необхідно взяти тільки потужність в цей проміжок часу для розрахунку потужності СНЕ.

$$A = \int_9^{20} w(t)dt = \sum_{i=9}^{20} P_i$$

$$P_i = P_9 + P_{10} + P_{11} + \dots + P_{19} + P_{20} = 55,7 + 53,8 + 54 + \dots + 67 + 64 = 679,6 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

При розрахунку ємності СНЕ слід врахувати втрати на інверторі, сучасні інвертори мають ККД 95%.

Також необхідно врахувати глибину розряду літійонних батареї згідно з [37] глибина розряду може досягати 100%, але рекомендована глибина розряду акумуляторної батареї становить 90%, чим менше ступінь розряду акумуляторної батареї, тим вище термін її експлуатації.

Отже з врахуванням факторів вказаних вище можна розрахувати ємність СНЕ.

$$P_{\text{СНЕ}} = 679,6 + 10\% + 5\% = 781,54 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

В сучасних акумуляторних батареях використовується загально прийнята міра ємності в одиницях А·год для цього використаємо формулу (3.3)

$$Q = \frac{E}{U} \cdot 1000$$

де

Q - електричний заряд (А·год)

U – напруга мережі, (В)

E - енергія (кВт * год)

$$Q = \frac{781,54}{380} \cdot 1000 = 2056,68 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Для розрахунку повної потужності необхідно взяти з графіку найвищу точку навантаження з врахування загального $\cos \varphi$ по формулі (3.4).

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \quad (3.4)$$

де

S - повна потужність

P – активна потужність

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності

$$S = \frac{67}{0,95} = 74,4 \text{ кВА.}$$

3.5 Розрахунок нормованої вартості накопичення електричної енергії (LCOS)

3.5.1 Загальна інформація про показник LCOS

На сьогоднішній день у світі спостерігається стійке зростання інтересу до систем накопичення електричної енергії, насамперед, на основі електрохімічних акумуляторів. Однак досі відсутня загальноприйнятий економічний показник, який дозволив би порівняти різні системи накопичення енергії за аналогією, наприклад, з порівнянням при плануванні будівництва електростанцій, для яких прийнято показник нормованої вартості електроенергії LCOE (Levelized Cost of Electricity).

За кордоном було запропоновано модифікувати формулу розрахунку LCOE, адаптувавши її для систем накопичення електричної енергії [38, 39].

Отриманий таким чином показник був названий нормованою вартістю накопичення енергії LCOS (Levelized Cost of Storage). Незважаючи на те, що зараз відсутня затверджена міжнародними та національними стандартами методика розрахунку LCOS, цей показник активно використовується виробниками, аналітичними агентствами [40], та іншими організаціями та компаніями, що працюють у галузі накопичення енергії.

Варто відзначити, що багато аналітичних агентств розраховують LCOS, виходячи з умови, що СНЕ здійснює 1 повний цикл заряду-розряду протягом дня.

Однак можлива велика кількість різних варіантів застосування СНЕ, що зовсім не відповідають цій умові. Наприклад, при виконанні функції резервування живлення СНЕ може не здійснювати одного повного циклу заряду-розряду протягом тижня або навіть місяця. При цьому термін служби буде обмежений не кількістю циклів, а природною деградацією батарей.

Таким чином, при порівнянні різних СНЕ між собою, орієнтуючись виключно на LCOS, замовник віддасть перевагу СНЕ з великою кількістю циклів заряд-розряд, хоча це йому не потрібно.

3.5.2 Розрахунок LCOS

Нормована вартість накопичення у загальному випадку показує внутрішню вартість кВт·год електроенергії, що видається СНЕ, яку її потрібно продати задля досягнення нульової чистої наведеної вартості (NPV).

LCOS визначається як сума всіх вкладень за період терміну служби СНЕ, поділена на кумулятивну енергію, що видається за рахунок цих вкладень.

У цій роботі виконано розрахунок LCOS для системи накопичення енергії з довгочасним режимом роботи у системі автономного електропостачання об'єкта.

LCOS розрахований за такою формулою (3.5), грн/кВт·год:

$$LCOS = \frac{Capital + \sum_{t=1}^T \frac{OM_t \cdot (1+i)^t + (Aux_t + Fuel_t) \cdot (1+e)^t + Am_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{MWh_t \cdot (1+e)^t}{(1+r)^t}}, \quad (3.5)$$

де

$Capital$ – капітальні витрати, тис. грн.,

t – номер року експлуатації,

T – термін експлуатації,

OM_t – витрати на експлуатацію та технічне обслуговування за рік, тис. грн.,

i – темп інфляції, о.е.,

Aux_t – ціна електроенергії на власні потреби СНЕ за рік, тис. грн.,

$Fuel_t$ – вартість накопичуваної енергії протягом року, тис. грн.,

e – темп щорічної зміни вартості електроенергії, о.е.,

Am_t – щорічні витрати на амортизацію, тис. грн.,

r – ставка дисконтування, о.

MWh_t – кількість електроенергії, що видається СНЕ, за рік, МВт·год.

Формула (3.4) уточнена щодо використовуваної [38]: враховує інфляцію, щорічне зростання вартості електроенергії, а також амортизацію.

Хоча енергія, що видається СНЕ, – це технічна величина, а не економічна, як і в [38], у формулі (3.5) враховується зміна з роками «цінності» енергії, що видається за допомогою дисконтування (а також, на відміну від [38], врахування зміни вартості електроенергії).

Капітальні витрати

У загальному випадку до складу капітальних витрат входять витрати на: проектні роботи, відведення землі, саму СНЕ, транспортування установки до об'єкта, монтажні та пусконаладжувальні роботи. Тобто, це витрати, які несе безпосередньо замовник установки.

Існують різні підходи до розрахунку капітальних витрат: можливе використання власних коштів підприємства або позикових коштів, витрати можуть бути рознесені за роками відповідно до етапів робіт (проекування, будівництво, дослідна експлуатація) тощо.

У цьому розрахунку розглядається випадок використання коштів замовника, все капітальні витрати віднесені на «нульовий» рік реалізації проекту.

Сумарні капітальні витрати при встановленні на об'єкт системи накопичення енергії потужністю 100 кВА енергоємністю 800 кВт·год за даними ООО «СНЭ» складають: $Capital = 5000$ тис. грн.

Витрати на експлуатацію та технічне обслуговування.

Електрохімічні системи накопичення енергії внаслідок відсутності у своєму складі частин, що обертаються, є мало обслуговуваними системами і

характеризуються низькими експлуатаційними витратами (менше 1% від вартості на рік). Необхідні регламентні роботи включають проведення періодичного контрольного розряду елементів накопичення (періодичність залежить від інтенсивності використання СНЕ, для випадку 1 раз на рік) для визначення залишкової енергоемності системи. При цьому здійснювати контрольний розряд можна і віддалено або автоматично, якщо це передбачено конструкцією та функціональними можливостями підсистеми управління [6].

У даному випадку вартість обслуговування СНЕ становить $OMt = 74$ тис. грн. (на рік).

Вартість електроенергії на власні потреби СНЕ

Крім витрат на технічне обслуговування, у величину OMt слід включити витрати на покупку електроенергії, необхідної для живлення підсистеми управління та зв'язку, а також допоміжної підсистеми, до складу якої входять системи кондиціонування, обігріву, вентиляції, пожежогасіння та ін. У деяких випадках величина споживаної допоміжними підсистемами електроенергії може досягати істотних значень, що зумовлено необхідністю підтримки мікроклімату всередині інженерної оболонки (контейнера або блочно-модульної будівлі), необхідного для нормального функціонування обладнання СНЕ.

Середня потужність, яка споживається на власні потреби, дорівнює 30 кВт. За рік споживається на власні потреби: $30 \text{ кВт} \cdot 4015 \text{ год} = 120450 \text{ кВт}\cdot\text{год}$. Вартість електроенергії на власні потреби в аналізованій автономній енергосистемі приймається рівною 1 грн./кВт·год. Таким чином, вартість електроенергії для потреб СНЕ за рік: $A_{uxt} = 120,45$ тис. грн.

Вартість енергії, що накопичується

Цей параметр відображає витрати, понесені на заряд накопичувача. Він актуальний, наприклад, коли СНЕ використовується для тарифного арбітражу: накопичує енергію з мережі, коли низький тариф, і видає енергію в мережу, коли тариф високий. Проте в аналізованій автономній енергосистемі СНЕ накопичує і видає енергію рівної вартості, тому вартість енергії, що накопичується, приймається: $F_{uelt} = 0$

Витрати на амортизацію

Відповідно до вітчизняної практикою при розрахунку LCOS можна врахувати щорічні витрати на амортизацію за формулою (3.6).

$$Am_t = \frac{Capital}{T} \quad (3.6)$$

$$Am_t = \frac{5000}{12} = 416,66 \text{ тис. грн.}$$

Однак для порівняння з закордонними розрахунками та з LCOS, що надаються зарубіжними виробниками СНЕ, LCOS раціонально розраховувати без урахування витрат на амортизацію.

Додаткові параметри

Таблиця 3.1 – Додаткові параметри для розрахунку LCOS

Параметр	Значення	Розмірність
Темп інфляції i	0,09	о.е.
Темп щорічної зміни вартості електроенергії e	0,05	о.е.
Ставка дисконтування r	0,08	о.е.
Курс долара	27	грн./\$

Для зручного представлення даних у табличній формі формулу (3.5) можна привести до вигляду:

$$LCOS = \frac{Capital + \sum_{t=1}^T \frac{OM_t \cdot (1+i)^t + (Aux_t + Fuel_t) \cdot (1+e)^t + Am_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{MWh_t \cdot (1+e)^t}{(1+r)^t}},$$

Таблиця 3.2 - Результати розрахунку LCOS

t	$E't$, МВт·год	$I't$, тис. грн. Без амортизації
0	0	5 000
1	143.8	47,42
2	135.9	45,27
3	128.5	43,12
4	121.5	41,08
5	114.9	39,25
6	108.6	37,42
7	102.7	35,70
8	97.1	33,98
9	91.8	32,47
10	86.8	30,97
11	82.1	29,57
12	77.6	28,17
Сума	1 291.3	5444,41
		<i>LCOS</i> , грн./кВт·год
		4,21
		<i>LCOS</i> , \$/кВт
		0,155

Висновок до третього розділу

Проаналізовано можливості застосування СНЕ, опису структури та принципів роботи СНЕ, наведено опис розробленої методики вибору параметрів СНЕ, доопрацьовані методики розрахунку нормованої вартості накопичення електричної енергії (LCOS).

За результатами розрахунку LCOS для розглянутого випадку застосування СНЕ в парковій зоні без врахування амортизаційних витрат склала 4 грн. рік.

СНЕ полегшує процес підготовки моделі енергосистеми до розрахунку спеціалістами проектних та інжинірингових організацій. Використання моделі дозволяє забезпечити автономну роботу паркових об'єктів та об'єктів цивільного призначення впродовж довго часу, також модель СНЕ підходить для маневрування потужністю об'єкту за вимогами оператора системи розподілу.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Ідея стартап-проекту

Формулювання бізнес-ідеї стартапу пов'язано з рішенням трьох взаємопов'язаних завдань:

- що продавати - визначення продукту найбільш привабливою для потенційних споживачів;
- кому продавати - вибір цільової аудиторії і розуміння її специфіки - цінностей, очікувань, критеріїв вибору, платоспроможності та ін.;
- як продавати - рішення всього комплексу проблем: від організації виробництва до сервісного та технічного обслуговування нових продуктів.

Нерідко в процесі розробки бізнес-ідеї стартапу уточнюється і в корені переглядається сама ідея інноваційної технології. Практика показує, що розробка бізнес-ідеї - це ключова передумова для успішності стартапу.

Розглядаючи енергетичні системи, зрозуміло, що інформація на стадіях її отримання, обробки та передачі є не завжди достовірною, а самі системи, відповідно, не є абсолютно надійними. Для забезпечення необхідної точності розрахунків необхідно проводити комплексне дослідження проблеми підвищення достовірності передачі і переробки інформації.

Для підвищення ефективності роботи електричних мереж об'єктів цивільного призначення, стартап-проект полягає у вигляді програмного продукту, який дозволить в режимі реального часу систематизувати дані: споживання електричної енергії, віддачі в мережу, управління смарт системами освітлення:

- Реальне споживання електричної енергії;
- Статистика споживання електричної енергії;
- Віддалене управління освітленням на території парку.
- Можливість управління кожним світильником як самостійною одиницею

Опис ідеї стартап-проекту, що включає в себе зміст ідеї, напрямки застосування та вигоду користувача представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проєкту:

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Реалізація алгоритму отримання даних, визначення показників споживання та управління системою освітлення у вигляді програмного продукту для смартфона	Впровадження на рівні об'єктів цивільного призначення, паркових зон.	1. Підвищення економічних показників
		2. Автоматизація процесів обробки даних
		3. Управління освітленням в реальному часі, можливість автоматизування даного процесу.

4.2. Аналіз можливостей запуску стартап-проєкту

Основним слабким місцем проєкту є точність розрахунків, так як є велика кількість факторів, що можуть впливати на показники електричних мереж, відповідно і на подальший розрахунок значення прогнозованого споживання та віддачі електроенергії.

До основних переваг проєкту відносяться:

- відсутність великих витрат на впровадження даного проєкту;
- унікальність. В даний момент конкуренція в сфері надання послуг аналізу та одночасного управління системами освітлення відсутня;
- зручність використання; індивідуальне управління з допомогою інтелектуальних ЕБ;
- зональне керування освітленням з дистанційним регулюванням потужності;
- зональне керування освітленням з телеметрією.

Технологічна здійсненність ідеї проєкту наведена в таблиці 4.2. Характеристика, що відображує потенційних клієнтів даного проєкту представлена у таблиці 4.3. Більше того, даний проєкт має певну міру ризику, тому був проведений аналіз факторів, які можуть стати перешкодами ринковому впровадженню. Аналіз представлений в таблиці 4.4.

Таблиця 4.2 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологі	Доступність технологій
Реалізація алгоритму отримання даних, визначення показників споживання та управління системою	Реалізується за допомогою обчислювальних засобів,	Мова програмування Python, GSM канал, ethernet канал	Доступні

Таблиця 4.3 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільові сегменти ринку	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп споживачів	Вимоги споживача до послуги
Створення програмного продукту для алгоритму, який передбачає систематизацію вихідних та вхідних даних, а саме: 1) Дані статистики споживання та віддачі електричної енергії; 2) Управління освітленням.	Державні та не державні парки, об'єкти цивільного призначення	Підвищення ефективності споживання та управління	Зручні у використанні алгоритм і продукт
		Зменшення витрат	Доступні матеріали
			Простота інтерфейсу управління

Таблиця 4.4 - Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція
Конкуренція	Зменшення попиту на послугу	Удосконалення моделей та методів
Фінансова нестабільність клієнта	Зниження або часткове зменшення фінансування проекту	Прийнятні довгострокові пропозиції

Проведення аналізу факторів загроз дає отримати ряд факторів зі сторони можливостей впровадження стартапу. Фактори можливостей представлені в таблиці 4.4

Таблиця 4.5 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція
Підтримка	Можливість удосконалення існуючого підходу	Збільшення попиту та вартості послуги
Аварійні ситуації	Потреба у придбанні послуги	

Проведений аналіз факторів загроз та можливостей показує, що найбільш загрозливими факторами є поява конкуренції та зменшення фінансування.

Розглядаючи можливості, збільшення попиту та вартість послуги можливі при поліпшенні алгоритму, так і самого програмного продукту, тобто при постійній підтримці зі сторони виробника та допоміжних підрядчиків.

На основі ринкових можливостей складається SWOT-аналіз. Для аналізу можливостей та впровадження проекту це є фінальним етапом[41]. Аналіз має 4 складових:

- Strengths (Сили);
- Weaknesses (Слабкості);
- Opportunities (Можливості);
- Threats (Загрози).

Перелік ринкових можливостей та загроз складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища.

Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками впливу факторів, та на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

SWOT-аналіз стартап-проєкту представлений в таблиці 4.6

Таблиця 4.6 - SWOT-аналіз стартап-проєкту

Сильні сторони(S)	Слабкі сторони(W)
- Необхідність продукту наразі. - Висока точність даних - Економія витрат - Найкращі технологічні рішення - Низька вартість продукту	- Наявність конкуренції - Застаріле обладнання - Неможливість застосування в інших сферах
Можливості (O)	Загрози(T)
- Можливість удосконалення продукту в подальшому	- Поява конкуренції

Базова стратегія розвитку впровадження стартап-проєкту наведена в таблиці 4.7, що включає в себе стратегію охоплення ринку, ключові позиції, щодо конкурентоспроможності, а також обрану базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.7 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Лідерство на ринку	Цільовий маркетинг	1. Новизна продукту 2. Лідерство на ринку	Диференціації

Висновки до четвертого розділу

Розроблений стартап-проект для реалізації алгоритму отримання статистичних параметрів їх аналізу та управління освітленням у вигляді програмного продукту є досить перспективним для впровадження на цільовому ринку.

Можливість створення програмного продукту для отримання статистичних параметрів їх аналізу та управління освітленням має свій ряд загроз та можливостей, завдяки цьому стає можливим слідкування за можливою реакцією потенційних клієнтів. SWOT-аналіз показав сильні та слабкі сторони, а також можливості та загрози даного проекту і його положення на ринку.

Проаналізувавши специфіку продукту, а також сферу, в якій він буде реалізовуватися, вирішено за базову стратегію розвитку обрати стратегію диференціації, що заснована на виготовленні особливого продукту, який буде виділятися на ринку серед інших стандартних рішень, постійній модернізації його для того, щоб споживач мав на увазі, що саме цей продукт є незамінним, і він його повністю влаштовує.

ВИСНОВКИ

В даній роботі проаналізовані паркові об'єкти. Наданий опис систематизації паркових зон за критеріями. Визначено залежність споживання потужності на таких територіях та на території об'єкту. Виділено основні проблеми електропостачання об'єктів благоустрою та їх елементів.

Проведено аналіз систем накопичення енергії їх використання в якості джерела гарантованого живлення, використання в якості маневрових потужностей. Виявлено, що розвиток систем накопичення енергії та їх впровадження належить до зростання, обумовлюючи це, застарілістю обладнання та більшою можливістю локалізації системи електропостачання. Встановлено, що потужність накопичення електричної енергії автономними системами залежить від розташування елементів джерела електроенергії. Із збільшенням застосування систем накопичення енергії, постає питання про естетичність вигляду та ергономічне розташування елементів.

Сформовано систему електропостачання дендропарку “Александрія” з можливістю живлення від централізованої мережі та з додатковою можливістю використання в якості додаткового джерела СНЕ.

Для формування системи живлення на основі систем накопичення енергії, запропоновані критерії вибору обладнання. Встановлено, що критерії залежать від географічного розташування території. Проведена кластеризації та запропоновано варіанти гібридних систем електроживлення.

Розраховані потужності та навантаження об'єкту. Підібрані елементи для системи управління освітленням в паркових зон. Показані схеми електропостачання на основі системи накопичення енергії.

Аналіз систем електропостачання на основі СНЕ показав, що через велику вартість, як основне джерело гарантованого живлення на теперішній час використовувати дані системи економічно не доцільні.

З технологічним розвитком елементів живлення (підвищення ККД інвенторів, здешевлення вартості акумуляторних батарей та підвищення терміну їх роботи) дозволить використовувати такі технології для

гарантованого живлення в продовж досить тривалого часу. Таким чином, залежність від централізованої мережі зникне та дозволить більш надійно, ефективно та незалежно використовувати територію парку для підвищення благоустрою населених пунктів.

У дисертаційній роботі, окрім аналізу можливостей застосування СНЕ, опису структури та принципів роботи СНЕ, наведено опис методики вибору параметрів СНЕ, доопрацьованої методики розрахунку нормованої вартості накопичення електричної енергії (LCOS) .

На основі аналізу даних та математично розрахованих систем електроживлення та систем освітлення був запропонований стартап-проект. Ідеєю проекту компанії є розробка систем адміністрування та керування системи освітлення. Виконано маркетингові аналізи, конкурентноспроможності, сильних та слабких сторін. Виявлені фактори можливостей та реалізація проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Impacts of urban morphological characteristics on nocturnal outdoor lighting environment in cities: An empirical investigation in Shenzhen / Wenjian Pan, Juan Du // Building and Environment, vol.192, April 2021.
2. Утилитарное и декоративное уличное освещение. URL: <https://inventrade.ru/articles/utilitarnoe-i-dekorativnoe-ulichnoe-osveshchenie/> (дата звернення: 20.10.2021).
3. Уличное освещение городов, цели, задачи, нормативы. URL: <https://inventrade.ru/articles/utilitarnoe-i-dekorativnoe-ulichnoe-osveshchenie/> (дата звернення: 20.10.2021).
4. Павлова Е. В., Козлова Л. Н. Принципы формирования световой среды городских территорий. Синтез искусств в проектировании среды. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 134–142.
5. Природные парки Украина. UA.IGotoWorld.com. URL: https://ua.igoto-world.com/ru/poi_catalog/6-135-natural-parks-ukraine.htm (дата звернення: 5.11.2021).
6. ДЕРЖАВНА СЛУЖБА СТАТИСТИКИ УКРАЇНИ. Статистичний збірник «Регіони України». 2019. Т. 1. С. 258.
7. Беляева Л. Ю., Пашкова Л. А. Организация световой среды вечернего города. Поколение будущего: Взгляд молодых ученых. 2012. № 3. С. 104–106.
8. Освещение как объект комплексного эргономического анализа. Бизнес-Информатика 38.03.05 · Высшее образование через Интернет · Бизнес-школа Информационных Технологий РФЭИ. URL: <https://it.rfei.ru/course/~Ylac/~VfelPrP9/~KgcyIpW8> (дата звернення: 10.11.2021).
9. Классы энергоэффективности ламп и светильников. Простая закупка сложных устройств | Световое Оборудование. URL: <https://svetpro.ru/uchebnik-svetotexniki/tehnologii-svetotexniki/klassyi-energoeffektivnosti-lamp-i-svetilnikov.html> (дата звернення: 12.11.2021).
10. Применение RGB-прожекторов в архитектурном и ландшафтном освещении. Петра-Свет | Стальные опоры и Мачты освещения. URL:

<https://petrasvet.ru/articles/landshaftnoe-osveshchenie> (дата звернення: 16.11.2021).

11. Жаркова Ю. Современная светотехника. Современные подходы к освещению общественных городских пространств. 2019. № 4. С. 45–49.

13. 10 лучших парков Украины для прогулок на выходных. sad.ukr.bio. URL: <https://sad.ukr.bio/ru/articles/10112/> (дата звернення: 20.11.2021)

14. Лазарев А. Г., Лазарева Е. В. Ландшафтная архитектура / ред. А. Лазарев. Ростов-на Дону : Феникс, 2005. 282 с.

15. Типология и классификация городских парков. Назначение. StudFiles. URL: <https://studfiles.net/preview/5768374/page:43/> (дата звернення: 21.11.2021).

16. Класифікація парків. Libtime. URL: <https://libtime.ru/construction/klasifikaciya-parkiv.html> (дата звернення: 22.11.2021).

17. Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Державний_дендрологічний_парк_«Олександрія»_НАН_України (дата звернення: 20.09.2021).

18. Про затвердження Правил охорони електричних мереж : Постанова Кабінету Міністрів України від 04.03.1997 №209 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/209-97-п> (дата звернення: 18.11.2021).

19. Бікеєв Д. О., Копчиков О. М. Підвищення надійності електропостачання систем освітлення з використанням смарт технологій в парковій зоні та зон відпочинку на прикладі дендропарку. IV науково-технічна конференція магістрантів НН ІЕЕ. 2021. С. 19–28.

20. ДБН Б.2.2-5:2011 БЛАГОУСТРІЙ ТЕРИТОРІЙ – Чинний від 01.09.2012 - Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – 61 с. – (Офіційне).

21. GALAD Галеон LED Серия универсальных светильников, созданных для применения на городских улицах, мостах, дорогах, парках, площадях и в коттеджных посёлках. 2svet.ru. URL:

https://2svet.ru/design/galadpich/157/galad_galeon_pdf.pdf (дата звернення: 21.10.2021).

22. ДБН В.2.5-28-2006 ПРИРОДНЕ І ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ – Чинний від 15.05.2006 - Київ: Мінбуд України, 2006. – 79 с. – (Офіційне).

23. Искусственное освещение территорий зеленых насаждений. Totalarch | Ландшафтная архитектура и зеленое строительство. URL: <http://landscape.totalarch.com/node/28> (дата звернення: 08.11.2021).

24. Кабель для уличного освещения. Виды и способы монтажа. URL: <https://cable.ru/articles/id-399.php> (дата звернення: 25.10.2021).

25. Насос IML NEW BCC 550T 86м3/ч 75 мм 4,7 кВт 380 В без префильтра подключение 75 мм [Електронний ресурс] // Интернет-магазин «Розетка™. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://rozetka.com.ua/305666458/p305666458/> (дата звернення: 18.11.2021).

26. Управление освещением электромеханическим реле времени 24 часа. electro.narod.ru. URL: <http://electro.narod.ru/instructions/time.htm> (дата звернення: 04.11.2021).

27. Щит освещения. 04kv.com. URL: https://www.04kv.com/produkziy/schit_svet (дата звернення: 26.11.2021).

28. SunStay — универсальные уличные светильники на солнечных батареях [Електронний ресурс] // Signify Holding and Philips Electronics N.V. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.lighting.philips.ua/ru/prof/outdoor-luminaires/solar/luminaires/7456095> (дата звернення: 18.11.2021).

29. Правила улаштування електроустановок – Чинний від 21.07.2017 - Київ: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017. – 617 с. – (Офіційне).

30. (ТТК-5/400) Конденсаторная батарея 5 кВАр, 3 фазы 400V, Tense. интернет-магазин eleksun.com.ua. URL: <https://eleksun.com.ua/ttk-5400-kondensatornaya-batareya-5-kvar-3-fazy-400v-tense.html> (дата звернення: 27.11.2021).

31. Трансформатор силовой трехфазный сухой защищенный ТСЗ-100/10/0,4. АксиомПлюс || Электрика и электрооборудование для

строительства. URL: <https://axiomplus.com.ua/silovyie-transformatoryi/product-86090/> (дата звернення: 25.11.2021).

32. Трансформатори силові типу: ТМ ТОВ «УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ» uea.com.ua URL: <http://uea.com.ua/categories/substations>. (дата звернення: 25.11.2021).

33. Автоматические выключатели АксиомПлюс || Электрика и электрооборудование для строительства. URL: <https://axiomplus.com.ua/silovyie-transformatoryi/product-86090/> (дата звернення: 25.11.2021).

34. РСДН.560150.001 РЭ. Руководство по эксплуатации. Система накопления энергии низкого напряжения СНЭ-НН. ООО «Системы накопления энергии» — Введ. 19.04.2018. — 70 с.

35. Мельников В.Д. Разработка активно-адаптивной системы электроснабжения компрессорной станции: магистерская диссертация : 13.04.02. – Новосибирск, 2017. — 102 с.

36. Графік планових відключень. ДТЕК Київські Регіональні Електромережі. URL: <https://www.dtek-krem.com.ua/ua/outages> (дата звернення: 27.11.2021).

37. Основные характеристики аккумуляторов. Системы электропитания-проектирование-продажа-установка. URL: <https://best-energy.com.ua/support/battery/411-features-battery> (дата звернення: 30.11.2021).

38. Calculating the Levelized Cost of Electricity Storage / A. Belderbos, E. Delarue, W. D'haeseleer // Energy: Expectations and Uncertainty, 39th IAEE International Conference. — 19–22 June 2016

39. Calculation of Levelized Costs of Electricity for Various Electrical Energy Storage Systems / Manasseh Obi, S.M. Jensen, Jennifer B. Ferris, Robert B. Bass // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2017. — vol. 67. — issue C. — P. 908-920.

40. Calculation of Levelized Costs of Electricity for Various Electrical Energy Storage Systems / Manasseh Obi, S.M. Jensen, Jennifer B. Ferris, Robert B. Bass //

Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2017. — vol. 67. — issue C. — P. 908-920.

41. Бланк, С. Стартап. Настольная книга основателя / С. Бланк, Б. Дорф ; пер. с англ. Т. Гутман, И. Окунькова, Е. Бакушева. — 2-е изд. — Москва : Альпина Паблишер, 2014. — 614 с.

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ

светотехнического расчета установки наружного освещения

Объект	Дендропарк Олександрія
Организация-исполнитель	KPI, IEE
ФИО исполнителя	Bikeiev Dmytro
Организация-заказчик	
Дата выполнения	24.10.2021
Файл проекта	Дендропарк Олександрія

Расчет выполнен по программе Light-in-Night Road версии 6.
Программа сертифицирована на соответствие нормам освещения ГОСТ Р 55706-2013, ГОСТ Р 55708-2013,
СП 52.13330.2016 (СНиП 23-05-95*), СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03, ГОСТ Р ИСО 9127-94, ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000

Исходные данные**Параметры дороги****Общие**

Тип участка дороги
уровне

Открытые территории в одном

Параметры участка:

длина

м 200.00

ширина

м 150.00

Нормативный документ

СП 52.13330.2011

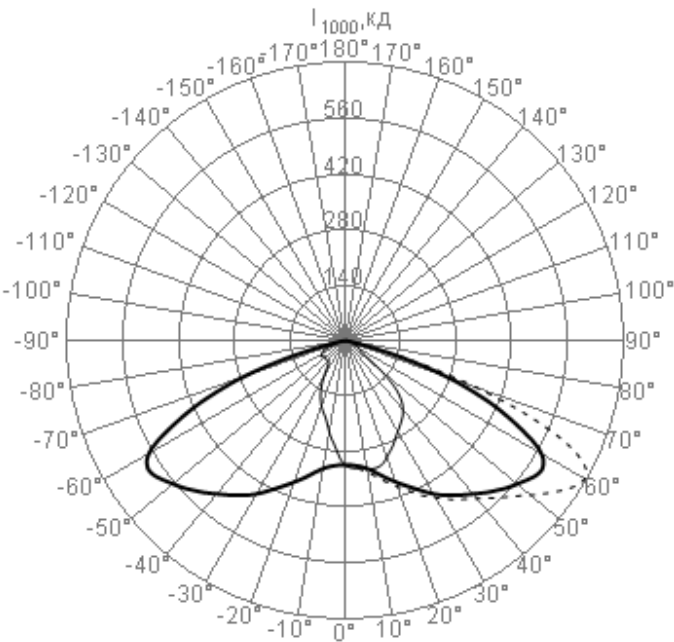
«Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*»

Освещаемый объект: Участок пешеходного пространства класса ПЗ (Пешеходные улицы; главные и вспомогательные входы парков, санаториев, выставок и стадионов)

Исходные данные	Параметры групп ОП	Параметры ОП
Тип ОП (4600/740/RAL7040/0/ORS2/GEN1)		GALAD Галеон S LED-30-ШБ/У50
Тип ИС		СД
Мощность ИС	Вт	30
Световой поток ИС	лм	4600
Изготовитель ОП		ЛЗСИ

Распределение силы света ОП в полярной системе координат

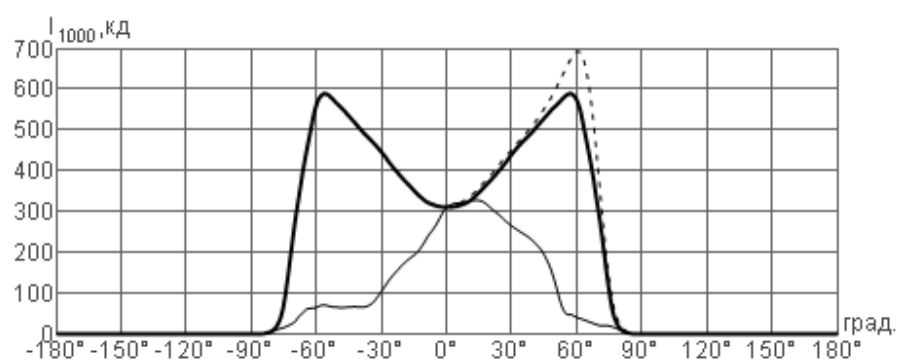
GALAD Галеон S LED-30-ШБ/У50 (4600/740/RAL7040/0/ORS2/GEN1) —
—
—



Распределение силы света ОП в декартовой системе координат

GALAD Галеон S LED-30-ШБ/У50 (4600/740/RAL7040/0/ORS2/GEN1)

—
—
—



Результаты расчета Сводные данные

		Расчет (Соответствие)	Норма
По тротуару			
Средняя освещенность, лк	$E_{\text{ср}}$	10.2 (+)	6
Максимальная освещенность, лк	$E_{\text{макс}}$	24.0	
Минимальная освещенность, лк	$E_{\text{мин}}$	2.3	
Коэффициент равномерности	$E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}}$	0.23 (+)	0.20
Отношение максимальной к средней	$E_{\text{макс}}/E_{\text{ср}}$	2.4	
Коэффициент использования по освещенности	U_E	0.15	

Результаты расчета По участку дороги Освещенность**Графики распределения освещенности**