

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Реконструкція системи електропостачання дошкільного
начального закладу «Журавлик» с. Баворів**

Виконав: студент **4** курсу, групи **ЕТс-41**
напряму підготовки (спеціальності)

**141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	(підпис)	Караба С.В. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Зінь М.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Мовчан Л.Т. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Коваль В.П. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Шелестовський Б.Г. (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Коваль В.П.

«___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)

студенту Карабі Станіславу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Реконструкція системи електропостачання дошкільного
начального закладу «Журавлик» с. Баворів

Керівник роботи Зінь Мирослав Михайлович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від 31 грудня 2025 року № 4/7– 1164

2. Термін подання студентом роботи 19 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи діючий генеральний план та однолінійна схема закладу, технічні
умови на приєднання додаткової потужності від обленерго, відомість встановленого та
перспективного електрообладнання із зазначенням його категорійності.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ.

2. Проектно-конструкторський розділ.

3. Розрахунковий розділ.

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Презентація з наведеними результатами роботи, порівняльні таблиці, рисунки з елементами
системи електропостачання.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>к.т.н., доц. кафедри МТ Гурик О.Я.</i>		

7. Дата видачі завдання

*31 грудня 2025 р.***КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд за напрямком кваліфікаційної роботи	31.12.25 – 02.03.26	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	03.03.26 – 21.04.26	
3	Підготовка розділу «Безпека життєдіяльності та основи ОП»	22.04.26 – 12.05.26	
4	Складання переліку використаних літературних джерел	13.05.26 – 27.05.26	
5	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	28.05.26 – 11.06.26	
6	Отримання відгуку та рецензії на кваліфікаційну роботу, підготовка доповіді на захист	12.06.26 – 19.06.26	

Студент

(підпис)

Караба С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Зінь М.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс – 41. - Т.: ТНТУ, 2026.

Обсяг кваліфікаційної роботи становить 70 сторінок. В роботі міститься 25 рисунків, 5 таблиць, 14 літературних джерел.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: Реконструкція системи електропостачання дошкільного начального закладу «Журавлик» с. Баворів.

Метою роботи розробка комплексного проєкту системи електропостачання для закладу дошкільної освіти, що передбачає застосування сучасного енергоефективного обладнання, неухильне дотримання чинним нормативним вимогам, забезпечення надійності й безпеки електропостачання, а також реалізацію потенціалу енергозбереження.

У дослідженні зосереджено увагу на сучасних методиках розрахунку електричних навантажень (силових та освітлювальних) для систем енергопостачання об'єктів соціальної інфраструктури. Особливу увагу приділено аналізу нормативних вимог і новітніх інженерних рішень у цій галузі.

Перелік ключових слів :

ОСВІТЛЕННЯ, СВІТЛОДІОДНА ЛАМПА, ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧ, ОБЛАДНАННЯ, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ, ВТРАТИ НАПРУГИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Проектування системи електропостачання дошкільних навчальних закладів: нормативні та технічні аспекти	8
1.2 Методи розрахунку електричних навантажень громадських будівель	15
1.3 Висновки до розділу 1	20
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	22
2.1 Опис об'єкта реконструкції	22
2.2 Технічна реалізація проекту	28
2.2.1 Реконструкція вузла живлення	28
2.2.2 Реконструкція групової електричної мережі	30
2.2.3 Реконструкція освітлювальної мережі	33
2.3 Вибір провідників та комутаційної апаратури	38
2.4 Висновки до розділу 2	39
3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	41

3.1 Розрахунок електричного навантаження споживачів дошкільного закладу	41
3.2 Дослідження роботи та розрахунок параметрів системи автоматичного резервного електропостачання	42
3.3 Розрахунок допустимих втрат напруги	46
3.4 Розрахунок захистів	48
3.5 Розрахунок і вибір перерізу проводу для кабельної лінії напругою 0,4 кВ	50
3.6 Визначення значень струмів при коротких замиканнях	56
3.7 Розрахунок економічної ефективності	59
3.8 Висновки до розділу 3	61

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

62

4.1 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпечних і шкідливих факторів під час реконструкції системи електропостачання ДНЗ «Журавлик»	62
4.2 Організаційні та технічні заходи безпеки при виконанні будівельно-монтажних і пусконаладжувальних робіт	64
4.3 Заходи з пожежної безпеки та алгоритми дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій в умовах дитячого навчального закладу	66

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

68

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

69

ВСТУП

Актуальність теми. Проектування систем електропостачання для об'єктів соціального призначення (зокрема, дитячих садків, адміністративних та комерційних комплексів) розпочинається зі складання технічного завдання. У цьому документі визначаються основні критерії: розрахункова електрична потужність, потенційні пікові навантаження та архітектурно - планувальні рішення для об'єкту.

Надійність електропостачання відіграє вирішальну роль у проектуванні. Залежно від категорії надійності електропостачання споживача (у цьому випадку - громадської будівлі) визначаються складність схеми, кількість джерел живлення, конфігурація ліній електропередачі, а також ступінь їхньої взаємозалежності.

Сучасні системи електропостачання повинні відповідати актуальним науково-технічним стандартам. Використання застарілого чи ненадійного обладнання, а також неефективна організація мережі можуть призвести до зниження стійкості системи та підвищення ризику виникнення аварійних ситуацій, що, зі свого боку, негативно позначається на якості електроенергії.

Системи енергопостачання дитячих садків мають низку технічних особливостей, зумовлених розгалуженою структурою внутрішніх мереж і високими навантаженнями від різноманітного електроустаткування. Окрім освітлювальних приладів, значне енергоспоживання створюють вентиляційні установки, технологічне обладнання харчоблоків, водонагрівальні системи та електроприводи допоміжних пристроїв. Це вимагає ретельного проектування схеми електропостачання з обов'язковим дотриманням вимог щодо заземлення та електробезпеки.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення енергоефективності в дошкільних навчальних закладах. Впровадження сучасних технологій дає змогу скоротити витрати на електроенергію, підвищити надійність енергопостачання та покращити умови перебування дітей і персоналу.

Мета роботи - розробка комплексного проєкту системи електропостачання енергоефективного обладнання, неухильне дотримання чинним нормативним вимогам, забезпечення надійності й безпеки електропостачання, а також реалізацію потенціалу енергозбереження

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання :

- Проаналізувати нормативно - правові вимоги та архітектурно-планувальні особливості проєктованого об'єкта.
- Виконати порівняльний аналіз та вибір оптимальної методики розрахунку силових та освітлювальних електричних навантажень для будівелі дитячого садочку.
- Обґрунтувати структуру схеми внутрішнього та зовнішнього електропостачання, а також здійснити вибір раціонального комутаційно-захисного обладнання та перерізу кабельних ліній.
- Розробити комплексні технічні рішення щодо забезпечення електробезпеки, захисного заземлення, вирівнювання потенціалів та блискавкозахисту.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні алгоритму розрахунку та готового інженерного рішення для системи електропостачання сучасних дошкільних закладів із розвиненою спортивно-оздоровчою інфраструктурою, що дозволяє знизити капітальні та експлуатаційні витрати на етапі будівництва та реновації аналогічних об'єктів.

Запропоновані технічні рішення відповідають сучасним стандартам і можуть бути типовим зразком для об'єктів такого класу.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку посилань.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Проектування систем електропостачання дошкільних навчальних закладів : нормативні та технічні аспекти

Створення сучасних та надійних систем енергопостачання для установ соціальної сфери, зокрема дошкільних освітніх закладів, має ґрунтуватися на трьох фундаментальних взаємопов'язаних вимогах: безпека під час експлуатації обладнання, оптимальне енергоспоживання та стабільна (безперебійна) робота всіх інженерних систем.

- Безпека експлуатації передбачає мінімізацію ризиків ураження електричним струмом дітей та персоналу, що досягається через використання пристроїв захисного відключення (ПЗВ) та автоматів диференційного захисту.
- Оптимальне енергоспоживання реалізується шляхом впровадження енергоефективного LED-освітлення, систем автоматичного регулювання мікроклімату та оптимізації потоків потужності.
- Стабільність системи гарантує безперебійне функціонування критично важливих споживачів (вентиляція, харчоблоки, системи безпеки) за будь-яких режимів роботи зовнішніх мереж.

Згідно з нормативними документами, більшість інженерних систем дитячих садків (загальне освітлення, розеткові групи загального призначення, більшість технологічного обладнання харчоблоків) відносяться до II категорії надійності електропостачання.

Проте наявність у закладі систем протипожежного захисту, охоронної сигналізації та, головне, аварійного (евакуаційного) освітлення автоматично виділяє групу електроприймачів, які відносяться до I (найвищої) категорії. Для забезпечення їхньої роботи обов'язковим є проектування панелей автоматичного введення резерву (АВР). При знеструмленні однієї з ліній, АВР миттєво

перемикає критичне навантаження на резервне джерело (другий ввід або акумуляторні блоки систем аварійного освітлення).

Правила улаштування електроустановок висувають жорсткі специфічні вимоги до внутрішнього електрообладнання дошкільних закладів через підвищені ризики травматизму:

1. Роздільне живлення силових та освітлювальних мереж: Силові мережі (технологічне обладнання, пральні, розеткові групи в групах та класах) та мережі робочого освітлення повинні отримувати живлення від абсолютно окремих групових щитків. Це локалізує можливі аварійні ситуації (наприклад, коротке замикання в розетці) і запобігає раптовому вимкненню світла у приміщеннях з дітьми.

2. Рівномірний розподіл навантажень: Проектування трифазних мереж вимагає максимально точного та рівномірного розподілу однофазних споживачів (освітлення, побутова техніка) між трьома фазами. Нерівномірність (асиметрія) навантаження призводить до появи струмів у нульовому провіднику та зміщення нейтралі, що загрожує пошкодженням техніки та перегрівом кабелів.

3. Компенсація несиметрії: При розрахунках обов'язково враховуються сумарні моменти навантажень. Для стабілізації напруги та компенсації несиметрії фаз передбачається встановлення симетруючих трансформаторів або спеціальних пристроїв динамічної компенсації, що гарантує довговічність роботи електродвигунів (наприклад, у вентиляційних системах чи насосних станціях ДНЗ).

4. Додатковий захист дітей: Усі розетки, що встановлюються в приміщеннях перебування дітей, повинні мати захисні шторки, які автоматично закривають гнізда при витягненні вилки, а висота їх встановлення регламентується на рівні 1,8 м від підлоги для унеможливлення випадкового доступу.

При розробці систем енергозабезпечення громадських будівель і споруд (адміністративні центри, заклади освіти, медичні установи, торгово-розважальні комплекси) проектні інститути керуються вимогами ДБН В.2.5-23:2008.

Система повинна базуватися на таких ключових інженерних принципах:

1. Простота, раціональність та масштабованість архітектури мережі

Структура розподілу електроенергії всередині будівлі має бути максимально лінійною та прозорою, без штучного створення надлишкових каскадів чи щаблів проміжного розподілу, які знижують загальну надійність системи.

- Трасування магістральних та розподільчих ліній живлення виконується за найкоротшими технологічними маршрутами.

- Спосіб прокладання обирається з урахуванням архітектурних особливостей будівлі: у вогнестійких кабельних шахтах, на закритих чи перфорованих металевих лотках, у спеціальних ПВХ-каналах або за допомогою сучасних шинопроводів (останнє особливо актуально для великих струмових навантажень у висотних спорудах).

- Архітектура ГРЩ (головного розподільчого щита) та поверхових щитів повинна мати резерв модульного простору (не менше 20–25%) і запас потужності для забезпечення швидкої модернізації мережі або підключення додаткових технологічних споживачів без капітальної перебудови системи.

2. Ефективне керування навантаженнями та виключення осередків перевантаження

Критично важливе інженерне обладнання (ліфти, системи вентиляції, кондиціонування, серверні кімнати, насосні станції пожежогасіння) повинно отримувати живлення від індивідуальних розподільчих пристроїв або безпосередньо від окремих панелей ВРУ (ввідно-розподільчого пристрою), розташованих на межі балансової належності поблизу кабельного вводу в будівлю.

- Проектні рішення мають повністю унеможливити несанкціоновані або транзитні підключення сторонніх споживачів до технологічних ліній.

- Розрахунок трифазних мереж передбачає максимально рівномірне (симетричне) завантаження фаз. Допустимий технологічний розкид (несиметрія

струмів у фазах) не повинен перевищувати 10–15%, що запобігає появі небезпечних струмів у нейтральному провіднику та знижує втрати енергії. Також закладаються коефіцієнти попиту та одночасності з урахуванням перспективи розвитку об'єкта.

3. Комплексне забезпечення електробезпеки та електромагнітної сумісності (ЕМС)

Конструктивне виконання та оболонка всього електрообладнання (щити, коробки, світильники, розетки) підбираються за міжнародним індексом захисту IP (Ingress Protection) відповідно до ДСТУ EN 60529. Для звичайних сухих приміщень громадських будівель достатньо класу IP20, тоді як для зони харчоблоків, санвузлів, підвалів чи технічних поверхів із підвищеною вологістю, ризиком запилення або хімічною агресивністю середовища застосовується обладнання з класом захисту не менше IP44 чи IP54 (а для вибухонебезпечних зон – спеціалізоване обладнання Ex-виконання).

Для захисту людей від ураження електричним струмом у разі прямого чи непрямого дотику, а також для запобігання пожежам через витік струму, є обов'язковим:

- Впровадження ПЗВ (пристроїв захисного вимкнення) або диференційних автоматичних вимикачів із номінальним струмом спрацьовування 30 мА для загальних розеткових груп та 10 мА для приміщень із підвищеною небезпекою (наприклад, душові або дитячі кімнати).
- Захист від коротких замикань та тривалих теплових навантажень за допомогою автоматичних вимикачів із правильно підбраною характеристикою відключення (В, С або D залежно від типу навантаження).
- Дотримання вимог електромагнітної сумісності відповідно до стандартів серії ДСТУ EN 61000. З метою захисту прецизійної цифрової техніки, медичного та серверного обладнання від імпульсних комутаційних та грозових перенапруг у схему інтегруються тривірневі системи ПЗІП (пристрої захисту від імпульсних перенапруг / SPD), а також передбачається просторове розділення силових та слабкострумових кабельних трас.

Проектування систем електропостачання у XXI столітті суттєво ускладнюється через стрімке зростання питомого енергоспоживання, урбанізацію та інтеграцію принципово нових технологій у цивільне будівництво. Сучасна будівля насичена нелінійними споживачами (комп'ютерна техніка, серверне обладнання, світлодіодне освітлення з імпульсними драйверами, частотно-регульовані приводи вентиляційних систем), що висуває жорсткі вимоги до якості електричної енергії відповідно до національного стандарту ДСТУ EN 50160:2014.

Основними критеріями оцінки якості є стабільність амплітуди та частоти напруги, мінімізація її провалів, а також жорсткий контроль коефіцієнта гармонійних спотворень (відсутність вищих гармонік, що викликають перегрів нейтральних провідників і збої в роботі автоматики).

Для забезпечення належного рівня надійності проектується багаторівневе резервування (впровадження пристроїв автоматичного введення резерву — АВР) та інтеграція альтернативних і автономних джерел живлення:

- дизель-генераторних установок (ДГУ);
- джерел безперебійного живлення (ДБЖ) на базі літій-залізо-фосфатних акумуляторів;
- дахових сонячних електростанцій (СЕС).

Вимоги до енергоефективності диктують необхідність впровадження концепцій інтелектуальних мереж (Smart Grids), автоматизованих систем комерційного та технічного обліку електроенергії (АСКОЕ/АСТУЕ), а також розгалужених мереж датчиків присутності, освітленості та температурного контролю. Реалізація цих складних інженерних рішень неможлива без використання передових розрахунково-графічних програмних комплексів (таких як *ETAP*, *DIALux*, *AutoCAD Electrical* та платформ BIM-моделювання на базі *Revit*) і вимагає найвищого рівня кваліфікації інженерів-проектувальників.

При розробці проекту електропостачання громадської будівлі інженер має враховувати комплекс взаємопов'язаних параметрів, які безпосередньо впливають на живучість та економічну доцільність системи. Базовим та

найбільш відповідальним етапом є розрахунок електричних навантажень для всіх рівнів електропостачання — від кінцевого споживача (розетки чи світильника) до магістральних ліній та трансформаторної підстанції (ТП). Розрахунки виконуються відповідно до методичних вказівок ДБН В.2.5-23:2008 із застосуванням коефіцієнтів попиту, одночасності та використання потужності.

Загальна архітектура та структура системи визначаються кількістю, номінальною потужністю та просторовим розташуванням ключових елементів енерговузла:

1. Джерела живлення та трансформації: силові трансформатори (переважно сухого типу з литою ізоляцією для громадських будівель) та головні щити низької напруги.

2. Ввідно-розподільні пристрої (ВРП): розміщуються на межі балансової належності, безпосередньо на вводі живильних кабелів у будівлю, і комплектуються апаратами захисту, керування та обліку.

3. Поверхові та локальні розподільні щитки: забезпечують безпечний розподіл енергії по конкретних зонах, кабінетах або технологічних групах (наприклад, окремо для харчоблоку, вентиляційного центру чи комп'ютерного класу).

4. Переваги тривимірного проектування (BIM) та оптимізація капітальних витрат.

Грамотно та професійно виконаний проект із залученням сучасних технологій інформаційного моделювання будівель (BIM - Building Information Modeling) надає девелоперу та замовнику низку стратегічних переваг:

- Економічна точність: Повністю виключається штучне завищення чи дефіцит бюджету на етапі монтажних робіт завдяки автоматичному та безпомилковому формуванню специфікацій матеріалів та кабельно-провідникової продукції.

- Усунення просторових колізій: На етапі цифрового моделювання виявляються та ліквідуються конфлікти між суміжними інженерними системами (наприклад, перетини масивних кабельних лотків із повітроводами припливно-

втяжної вентиляції чи трубами водопостачання).

- **Мінімізація витрат на доопрацювання:** Запобігання необхідності проведення демонтажних або додаткових будівельних робіт безпосередньо під час зведення об'єкта.

- **Безшовна інтеграція:** Забезпечення скоординованої взаємодії електромережі з іншими інтелектуальними інфраструктурами будівлі (системами контролю доступу, відеонагляду, автоматичного пожежогасіння тощо).

4. Інноваційні вимоги та особливості сучасних рішень

Сучасна система електропостачання громадського призначення має відповідати не лише суворим архітектурно-містобудівним критеріям та вимогам пожежної безпеки (ДБН В.1.1-7:2016), а й принципам проектної культури XXI століття. Це передбачає створення гнучкої інфраструктури, здатної адаптуватися до змін.

Таблиця 1.1 – Основні критерії та характеристики створення сучасних систем

Критерій	Характеристика сучасного рішення
1	2
Масштабованість	Забезпечення конструктивного резерву простору в розподільних шафах (не менше 20 – 25% вільних модульних місць) для встановлення додаткової автоматики без заміни всього щитового обладнання.
Резерв потужності	Закладання оптимального перерізу магістральних кабельних ліній та потужності трансформаторів з урахуванням перспективи розвитку об'єкта на 10–15 років уперед (наприклад, під майбутнє масове встановлення швидкісних зарядних станцій для електромобілів).
Модульність та уніфікація	Застосування висувних модульних конструкцій і стандартизованих елементів, що дозволяє проводити швидко заміну або модернізацію вузлів без тривалого знеструмлення будівлі.

Критерій	Характеристика сучасного рішення
1	2
Інтелектуальний моніторинг	Інтеграція обладнання з підтримкою цифрових протоколів передачі даних (Modbus, BACnet, KNX) для підключення до єдиної системи керування будівлею (BMS - Building Management System), що дозволяє відстежувати енергоспоживання в реальному часі та прогнозувати аварійні ситуації.

1.2 Методи розрахунку електричних навантажень громадських будівель

1. Головні завдання та цільова спрямованість розрахунку

Головним завданням розрахунку є визначення точних значень робочих (розрахункових) струмів, що протікають струмоведучими елементами системи. Цей процес здійснюється з обов'язковим урахуванням допустимого термічного нагріву кабелів, шинопроводів та апаратів захисту в різних режимах роботи. Правильне визначення струмових навантажень є базою для:

- Коректного вибору перерізів провідників за умовами нагріву, економічності щільності струму та допустимої втрати напруги.
- Вибору комутаційної та захисної апаратури (автоматичних вимикачів, запобіжників, диференційних реле).
- Забезпечення високого рівня надійності, безперебійності та повної безпеки експлуатації всієї електроустановки.

Цей розрахунок служить фундаментальною основою для якісного проектування систем електропостачання (СЕП) житлових та громадських будівель, мінімізуючи ризики виникнення аварійних ситуацій, зокрема коротких замикань та пожеж.

2. Диференціація розрахунків за типами об'єктів

Характер, обсяг і складність цього розрахунку значно різняться залежно від функціонального призначення та архітектурно-планувальних особливостей

об'єкта.

Житловий сектор

Для невеликих житлових об'єктів (приватних будинків, окремих квартир або малоповерхових забудов) застосовуються спрощені методики розрахунку. Вони здебільшого базуються на усереднених показниках питомої потужності та стандартних коефіцієнтах попиту, оскільки графік споживання енергії тут є відносно прогнозованим.

Громадські будівлі та комплекси

Для великих громадських будівель потрібен комплексний, глибокий облік багатьох взаємопов'язаних факторів. До них належать:

- Явковими є виражені пікові навантаження в певні години доби.
- Коефіцієнти одночасності роботи різнорідного технологічного обладнання.
- Категорійність надійності електропостачання (наявність споживачів I та Особливої групи I категорії, що потребують автономних джерел живлення - ДЕС, ДБЖ).
- Перспективи модернізації та поетапного розширення системи без заміни магістральних мереж.

3. Особливості розрахунку електричних навантажень громадських будівель

Під час проектування великих цивільних об'єктів практично не застосовується покомпонентний розрахунок, який передбачає поштучний облік кожного окремого споживача чи розетки. Це зумовлено такими чинниками:

- Надмірна трудомісткість процесу: облік тисяч дрібних точок споживання є неефективним.
- Динамічність середовища: часта зміна складу, потужності та розташування технологічного й офісного обладнання в процесі експлуатації.
- Необхідність резервування: потреба закладати потужнісний резерв для майбутнього розвитку інфраструктури об'єкта.

Натомість в інженерній практиці використовуються укрупнені показники,

релевантні статистичні дані та чинні галузеві нормативи України, які дозволяють з високою точністю спрогнозувати інтегральне навантаження на систему електропостачання.

4. Нормативний метод розрахунку та його обмеження в сучасних реаліях

У вітчизняній практиці проектування тривалий час базувалося виключно на жорстких табличних значеннях державних нормативних документів. Проте такий лінійний підхід сьогодні має суттєві недоліки:

- Трансформація технологій: значна частина класичних довідників не відображає появи енергоефективного LED-освітлення, інверторних систем кондиціонування та систем "розумного будинку".
- Зміна моделей споживання: сучасні офіси та ТРЦ насичені потужною комп'ютерною технікою, серверним обладнанням та зарядними станціями для електромобілів (EV-charger), що кардинально змінює конфігурацію навантажень.
- Невідповідність реальним потребам: сліпе копіювання застарілих коефіцієнтів призводить або до штучного завищення потужності (і як наслідок - перевитрати матеріалів), або до дефіциту потужності в пікові періоди.

Тому під час проектування обов'язковим є експертне коригування отриманих значень, критичний аналіз актуальності нормативних даних та застосування коефіцієнтів, що відповідають реальним умовам.

5. Сучасні інженерні рішення та комп'ютерне моделювання

Для подолання зазначених проблем та оптимізації капітальних витрат у сучасній інженерії застосовуються передові методики:

- Комп'ютерне моделювання навантажень (BIM-технології): створення цифрових двійників систем електропостачання у програмних комплексах (наприклад, Revit MEP, ETAP, DIALux).
- Адаптивні методики розрахунку: врахування ймовірного характеру графіків навантаження.
- Динамічні нормативи та експертні оцінки: регулярне оновлення

розрахункових баз із урахуванням реальних режимів експлуатації, кліматичних факторів та впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Сучасне проектування вимагає гармонійного поєднання вимог національних стандартів з практичним досвідом та використанням актуальних розрахункових інструментів.

6. Практичне застосування групового методу та коефіцієнтів попиту

Під час проектування СЕП цивільних об'єктів базовим є груповий метод розрахунку. Він передбачає:

1. Об'єднання індивідуальних споживачів у однорідні групи за характером їхньої роботи та технологічним призначенням.

2. Призначення середньозважених значень енергоспоживання та коефіцієнтів попиту для кожної виділеної групи.

3. Використання нормативних показників питомої розрахункової потужності для різних типів споживачів, визначених відповідно до чинних нормативних документів України для:

- торговельних приміщень (магазини, супермаркети, торгово-розважальні центри);
- підприємств громадського харчування (кафе, ресторани, їдальні);
- житлових будинків (багатоквартирні комплекси, котеджі);
- громадських установ та адміністративних будівель.

Розрахункові коефіцієнти попиту для визначення електричних навантажень робочого освітлення живильної мережі та ввіднорозподільних пристроїв (ВРП) національних стандартів.

Для окремих вузлів та специфічних споживачів діють чітко регламентовані правила:

Коефіцієнт попиту для розрахунку групової мережі робочого освітлення, а також живильних і групових мереж евакуаційного, аварійного (безпекового) освітлення будівель, освітлення вітрин та світлової реклами приймають рівним 1,0.

Це обумовлено необхідністю забезпечення 100% готовності та функціонування

цих систем у критичних або штатних режимах без зниження інтенсивності.

Розрахункове електричне навантаження ліній, що живлять розетки, P_{pp} визначають за формулою, кВт:

$$P_{pp} = k_{cp} \cdot P_{yp} \cdot n_p, \quad (1.1)$$

де k_{cp} – розрахунковий коефіцієнт попиту;

P_{yp} – встановлена потужність розетки прийнята 0,06 кВт в тому числі для підключення оргтехніки);

n_p – кількість розеток.

У разі змішаного живлення від загального освітлення та розеткової мережі розрахункове навантаження визначають за формулою, кВт:

$$P_{po} = P'_{po} + P_{pp}, \quad (1.2)$$

де P_{po} – розрахункове навантаження ліній загального освітлення, кВт;

P_{pp} – розрахункове навантаження розеток, кВт.

Розрахунок навантаження силових живлячих ліній і вводів визначають за формулою кВт:

$$P_{pc} = k_{cp} \cdot P_{yc} \quad (1.3)$$

де P_{yc} – встановлена потужність електроприймачів (крім протипожежних пристроїв та резервних), кВт.

Коефіцієнти попиту розрахунку навантаження вводів, живлячих і розподільчих ліній силових електричних мереж громадських будівель визначають за таблицями.

Розрахункове навантаження ліній живлення технологічного обладнання та посудомийних машин підприємств громадського харчування та харчоблоків визначають за формулою, кВт:

$$P_H = P_{нм} + 0,65P_{pp}T \geq P_{pp}T, \quad (1.4)$$

де $P_{нм}$ – розрахункове навантаження посудомийних машин, що визначається з коефіцієнтом попиту, який приймають за таблицями, кВт.

$P_{pp}T$ – розрахункове навантаження технологічного устаткування, що визначається з коефіцієнтом попиту, який приймають за таблицями, кВт.

Розрахункове навантаження ліній живлення та введів у робочому та аварійному режимах при спільному живленні силових електроприймачів та освітлення визначають за формулою, кВт:

$$P_p = k \cdot (P_{po} + P_{pc} + P_{phc}) \quad (1.5)$$

де k – коефіцієнт, що враховує розбіжність розрахункових максимумів навантажень силових електроприймачів, включаючи холодильне обладнання та освітлення що приймається за таблицями;

P_{po} – розрахункова навантаження освітлення, кВт;

P_{pc} – розрахункове навантаження силових електроприймачів без холодильних машини систем кондиціювання повітря, кВт;

P_{phc} – розрахункове навантаження холодильного устаткування, кВт.

1.3 Висновки до розділу 1

1. Сучасні системи енергопостачання для соціальних закладів базуються на вимогах безпеки, оптимального енергоспоживання та стабільності, що забезпечується поділом мереж і застосуванням пристроїв захисного відключення. Крім того, наявність критичних систем (аварійне освітлення,

пожежна сигналізація) вимагає найвищої категорії надійності з обов'язковим використанням панелей автоматичного введення резерву.

2. Проектування електрообладнання вимагає створення масштабованої лінійної архітектури з резервом модульного простору та максимально симетричним розподілом навантажень між фазами. Важливим також є комплексне забезпечення електромагнітної сумісності та захист від ураження струмом за допомогою підбору обладнання з відповідним класом захисту IP.

3. Ускладнення сучасних інфраструктур і поява нових технологій роблять недостатніми класичні лінійні нормативні розрахунки, вимагаючи переходу до тривимірного комп'ютерного проектування (BIM). Залучення цифрового моделювання дозволяє автоматизувати формування специфікацій, усувати просторові колізії на етапі розробки та ефективно керувати капітальними витратами.

4. Фундаментальною базою для безпечної експлуатації електроустановок є точний розрахунок електричних навантажень груповим методом, який враховує нормативні коефіцієнти попиту та одночасності. Визначення розрахункових струмів за допомогою спеціальних математичних формул дозволяє коректно підібрати перерізи кабелів і захисну апаратуру, запобігаючи перевантаженням та пожежам.

2 ПРОЕКТНО - КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Опис об'єкта реконструкції

Оновлення системи електропостачання – це не просто заміна старих дротів, а комплексне інженерне завдання. Воно вимагає ретельного підбору обладнання, грамотного його розміщення та розробки надійних електричних схем. Усе це супроводжується точними розрахунками та пошуком найкращих просторових і технічних рішень для оптимізації як окремих вузлів, так і всієї будівлі загалом. Щоб результат був якісним і безпечним, необхідний системний підхід: фахівці мають спиратися на передові технології, чинні державні будівельні норми (ДБН) України, а також перевірений практичний досвід проєктувальників, монтажників та експлуатаційних служб.

Коли йдеться про реконструкцію електромереж безпосередньо у дитячому садку, ключовим етапом стає розробка детальної проєктної документації. По суті, створюється повноцінний пакет технічних документів і креслень, який слугує покроковим планом для побудови абсолютно нової, безпечної та ефективної системи розподілу електроенергії в дошкільному закладі.

Будь-який подібний проєкт потребує чіткого фінансового планування. Економічне обґрунтування має показувати реальну картину: розрахунок ключових проєктних техніко-економічних показників, обсяг необхідних стартових інвестицій (капітальні витрати на саму модернізацію), а також прогнозований кошторис щорічних витрат. Останній пункт є вкрай важливим, адже він враховує, скільки коштів знадобиться для подальшого регулярного обслуговування та поточного ремонту оновлених електричних мереж.

Практичною основою цього кваліфікаційного дослідження став реальний об'єкт – заклад дошкільної освіти «Журавлик» (с. Баворів). Головне завдання роботи полягає у розробці комплексного проєкту повної модернізації та реконструкції його системи електропостачання.

Як видно з рисунку 2.1 дошкільний навчальний заклад знаходиться за

адресою село Баворів, вул. Нагірна 1, Тернопільський р-н, Тернопільська обл.



Рисунок 2.1 – Розташування дошкільного навчального закладу на карті

На рисунку 2.2 показано загальний вигляд закладу.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд КНДЗ "Журавлик" с. Баворів

Інженерно-технічні рішення та розрахунки у цій кваліфікаційній роботі ґрунтуються на такому пакеті вихідної інформації:

- 1) Архітектурно-планувальні креслення об'єкта із точним нанесенням місць розташування всього силового електрообладнання та точок споживання.
- 2) Габаритні розміри приміщень (їхні геометричні параметри), а також детальна характеристика умов навколишнього середовища в них (що є визначальним для вибору класу захисту оболонок електротехніки).
- 3) Специфікації та технічні дані щодо електричних навантажень і потужності споживачів.
- 4) Технічні параметри та умови енергопостачання об'єкта.

На рисунку 2.3 наведено план приміщень дошкільного закладу.

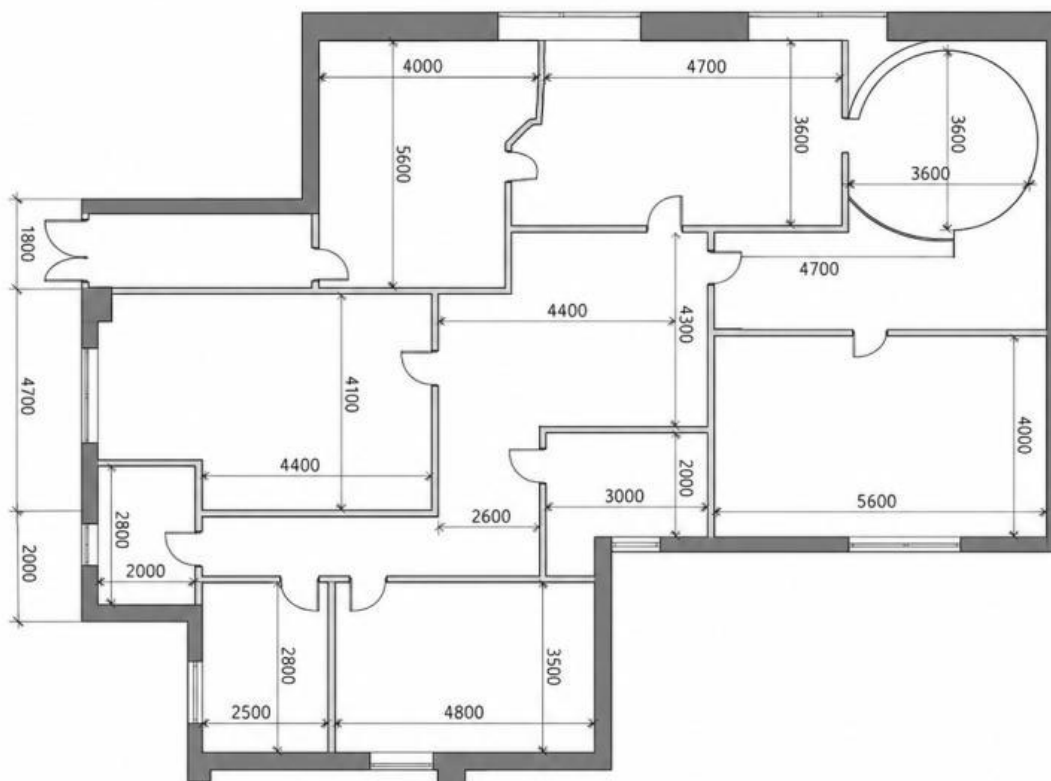


Рисунок 2.3 – План приміщень КНДЗ "Журавлик" с. Баворів

Вихідні дані по навантаженню на електричну мережу наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Відомості про електричне навантаження у КНДЗ "Журавлик"

Назва	U _{ном} , В	Потужність, кВт
1	2	3
Ваги	220	0,2
Підігрівальний стіл	220	0,5
Кавоварка	220	0,3
Соковижималка	220	0,2
Міксер	220	0,3
Піч ITRIZZA ML 44	380	12,0
Фритюрниця AIRHOT EF4	220	2,0
Мікрохвильова піч	220	3,0
Гриль	220	1,8
Посудомийна машина побутова	220	2,0
Сокоохолоджувач	220	0,2
Марміт	220	0,4
Побутова морозильна камера	220	0,6
Млинниця	220	3,0
Гарячий стіл	220	0,3
Мікрохвильова піч	220	1,5
Холодильна шафа	220	1,4
Пароконвектомат	380	10,0
Сковорода	380	12,0
Плита	380	16,4
Холодильна шафа	220	0,5
Плита	220	4,0
М'ясорубка	220	1,44
Холодильна шафа	220	1,0
Гарячий стіл	220	0,5
Комп'ютер	220	1
Робоче місце, комп'ютер, МФУ	220	1
Термоупаковщик	220	0,5
Робоче місце, комп'ютер	220	1
		82,04

Продовження таблиці 2.1.

Назва	U _{ном} , В	Потужність, кВт
1	2	3
Сушильна дробарка	220	0,75
Чайник	220	1,5
Побутовий холодильник	220	0,7
Мікрохвильова піч	220	1,2
Робоче місце, комп'ютер, МФУ	220	1
Конвекційна піч	380	16
Ротаційна піч Revent	380	54,6
Шафа для вистоювання	220	4,5
Міксер	220	0,4
Платформні ваги	220	0,2
Холодильна шафа	220	0,7
Борошнопросівач	220	1,1
Хліборізка	220	0,5

Оцінка технічної бази свідчить про те, що дошкільний заклад має досить насичену інфраструктуру електроспоживання. Загалом внутрішня мережа обслуговує 83 активні точки підключення (електроприймачі). Цей парк техніки є дуже різноманітним і охоплює кілька ключових категорій:

- ⇒ кухонне та холодильне устаткування;
- ⇒ теплові установки;
- ⇒ комп'ютерну техніку;
- ⇒ спеціалізоване технологічне та допоміжне обладнання, необхідне для

щоденного повноцінного функціонування дитсадка.

Сумарна встановлена потужність обладнання свідчить про значне навантаження на систему електропостачання.

Залишати в роботі застарілу електромережу, яка фізично не розрахована на подібні потужності, вкрай ризиковано. Експлуатація системи на межі її можливостей неминуче тягне за собою низку критичних проблем: хронічний перегрів кабельних ліній, постійне «вибивання» захисної автоматики, перекіс фаз

та відчутне падіння показників якості електроенергії. Зрештою, це багаторазово підвищує ймовірність серйозних аварій і створює небезпеку для дошкільного закладу. З огляду на те, що сьогодні садок використовує великий арсенал сучасної енергоємної техніки, його електрична інфраструктура потребує невідкладної модернізації, щоб повністю відповідати реальним щоденним навантаженням та актуальним стандартам безпеки.

Підсумовуючи наведені факти — як-от сумарну потужність обладнання та відверту зношеність самої мережі — напрошується єдиний логічний висновок: залишати електричну систему садка в її нинішньому стані технічно невиправдано. Вона потребує невідкладного і комплексного оновлення. Тільки за умови повної реконструкції можна досягти сучасних стандартів електробезпеки, суттєво підвищити енергоефективність будівлі та гарантувати, що вся техніка в закладі дошкільної освіти працюватиме стабільно й без аварійних збоїв.

Щоб модернізація електромережі була справді якісною і не обмежувалася лише «косметичним» ремонтом, проєкт реконструкції має охоплювати чіткий комплекс робіт. До нього входять:

✎ Перерахунок реальних потужностей: необхідно заново оцінити фактичні навантаження на мережу з огляду на сучасне обладнання.

✎ Аудит та оновлення проводки: ревізія наявних кабельних ліній та їхня повна або часткова заміна там, де це диктують вимоги безпеки.

✎ Модернізація головного щита: заміна застарілих ввідно-розподільних пристроїв (ВРП) та встановлення сучасної, чутливої апаратури захисту (автоматів, ПЗВ).

✎ Балансування мережі: грамотний розподіл однофазних і трифазних споживачів, щоб уникнути небезпечного перекосу фаз.

✎ Облаштування захисту: організація надійного та безперебійного контуру заземлення відповідно до чинних ДБН та ПУЕ.

Лише за умови виконання всіх цих кроків можна бути впевненим, що нова енергосистема закладу дошкільної освіти працюватиме абсолютно безпечно, стабільно та з максимальною ефективністю.

2.2 Технічна реалізація проєкту

2.2.1 Реконструкція вузла живлення

Попередні інженерні розрахунки параметрів завантаження чітко вказали на технічну необхідність модернізації: наявне обладнання не впорається із перспективними завданнями, тому його потрібно замінити на потужніший силовий агрегат. Рациональне вирішення цієї проблеми знайшлося поруч із об'єктом. Поблизу дитячого садка проходить повітряна лінія електропередачі, яка наразі має значний технологічний резерв – вона майже не завантажена, оскільки спроектована переважно для живлення недіючої адміністративної будівлі. Ця лінія підключена до трансформатора серії ТМГ-250/10/0,4, чий силовий потенціал і технічні характеристики повністю відповідають усім новим вимогам нашого проєкту. Схема приєднання наведена на рисунках 2.4.

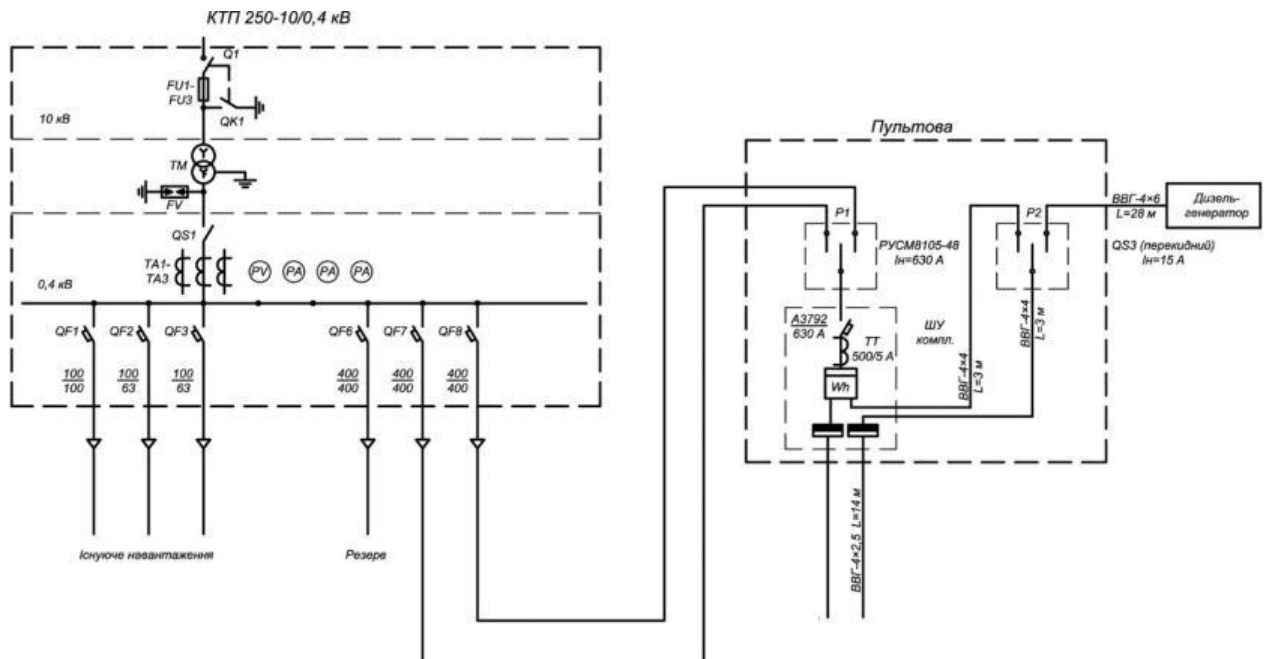


Рисунок 2.4 – Схема приєднання до трансформаторної підстанції

Технічне рішення проєкту передбачає приєднання нової внутрішньої мережі до вже наявної повітряної лінії (ПЛ) напругою 0,4 кВ. Ця ділянка інфраструктури отримує живлення безпосередньо від комплектної трансформаторної

підстанції (КТП) потужністю 250 кВА із розрахунковим співвідношенням напруги 10/0,4 кВ, параметри якої повністю задовольняють потреби об'єкта.

Центральним вузлом оновленої енергосистеми закладу дошкільної освіти (ЗДО) «Журавлик» у с. Баворів стане головний розподільний щит (ГРЩ) напругою 0,4 кВ. (рис. 2.5).

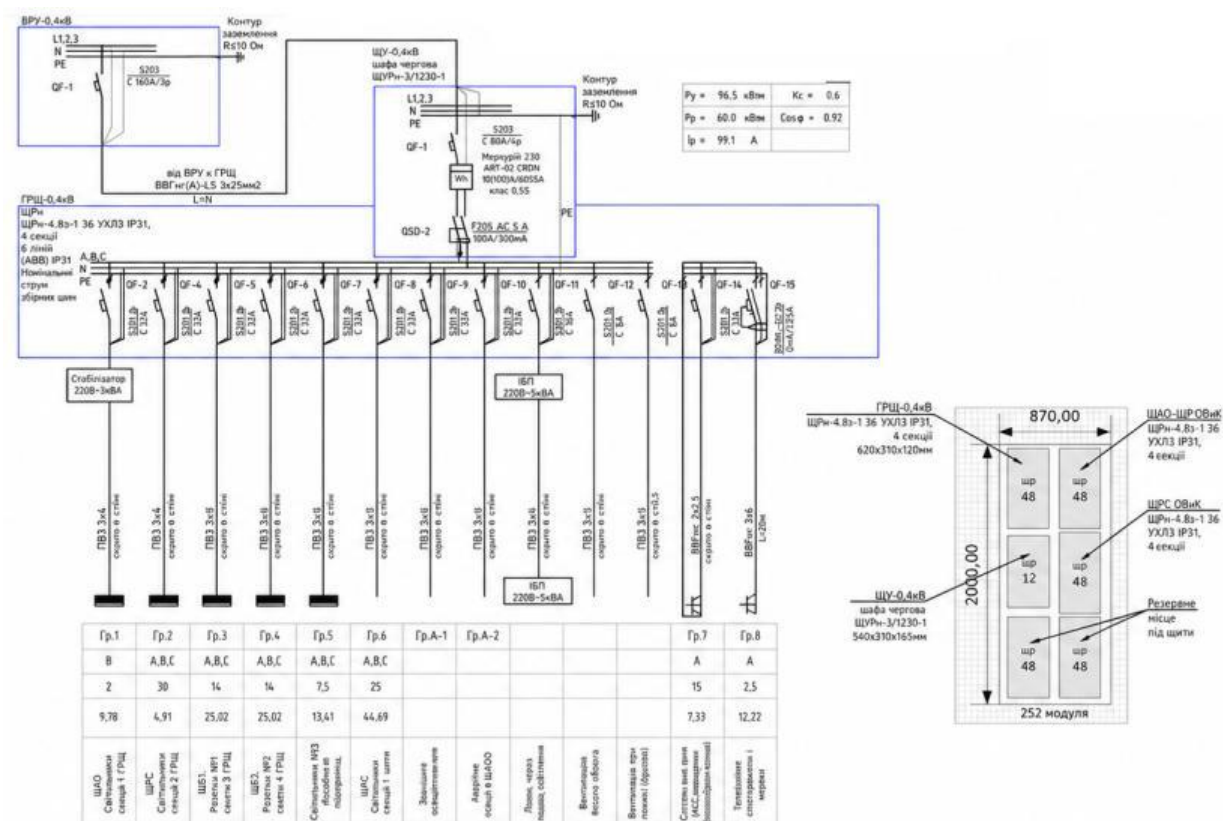


Рисунок 2.5 – Принципова схема живлення головного розподільного щита

Саме він відповідає за стабільну та безперерйну подачу струму. Розроблена принципова схема наочно демонструє, як розподіляються потоки енергії між споживачами, а також визначає точне розташування захисної автоматики, приладів обліку та елементів заземлення.

Алгоритм постачання виглядає так: струм від зовнішнього джерела спочатку надходить на ввідно - розподільний пристрій (ВРП), а вже звідти перенаправляється на ГРЩ. Від головного щита відгалужуються повністю автономні кабельні траси, кожна з яких живить свій заздалегідь визначений сектор:

- ✧ робоче внутрішнє та вуличне освітлення;

- ☞ розеткові групи в гральних кімнатах та адмінприміщеннях;
- ☞ технологічне устаткування (перш за все, харчоблок);
- ☞ незалежне аварійне освітлення та інші критично важливі допоміжні вузли.

На кожній такій лінії встановлено індивідуальний автоматичний вимикач. Це необхідно, щоб захистити кабелі від перегріву чи коротких замикань. Головна перевага такої роздільної архітектури – селективність і локалізація аварій. Якщо проблема виникне в одному місці (наприклад, коротке замикання на кухні), автоматика вимкне лише цей конкретний пристрій. Решта ж будівлі, зокрема світло в групах, продовжуватиме функціонувати у штатному режимі. Для дитячого садка це питання першорядної ваги, адже раптова темрява може налякати дітей, а безперебійна робота вентиляції та інженерних систем безпосередньо впливає на безпеку малечі й персоналу.

2.2.2 Реконструкція групової електричної мережі

Нова принципова електрична схема групової мережі (рис. 2.6) покликана зробити енергопостачання закладу дошкільної освіти (ЗДО) «Журавлик» у с. Баворів максимально безпечним та безперебійним після його масштабного оновлення. Проектне рішення чітко розмежовує потоки енергії, розподіляючи навантаження між окремими самостійними лініями. Кожна з них відповідає за свій сектор: робоче та аварійне освітлення, примусову вентиляцію, а також інше побутове й технологічне обладнання будівлі.

Енергія до цих групових ліній подається безпосередньо від розподільних щитів. На варті безпеки тут стоять сучасні автоматичні вимикачі – їхнє завдання полягає у миттєвому захисті проводки від критичних перевантажень та коротких замикань. Особливу увагу приділено пожежній безпеці, оскільки йдеться про простір, де постійно перебувають діти. Для монтажу мережі обрано спеціалізовані кабелі в негорючій оболонці з мінімальним рівнем виділення диму та газу (із маркуванням «нг-д» або «LS»), що повністю відповідає суворим

українським будівельним нормам (ДБН) щодо безпеки громадських споруд.

Щоб система працювала стабільно, ми ретельно збалансували навантаження на кожну з трьох фаз. Такий підхід запобігає небезпечному перекосу фаз і захищає техніку від передчасного зносу. Крім того, силові лінії та контури освітлення розведені автономно – це надзвичайно зручно для повсякденної експлуатації, адже під час ремонту чи профілактики одного вузла не доведеться повністю знеструмлювати приміщення дитсадка.

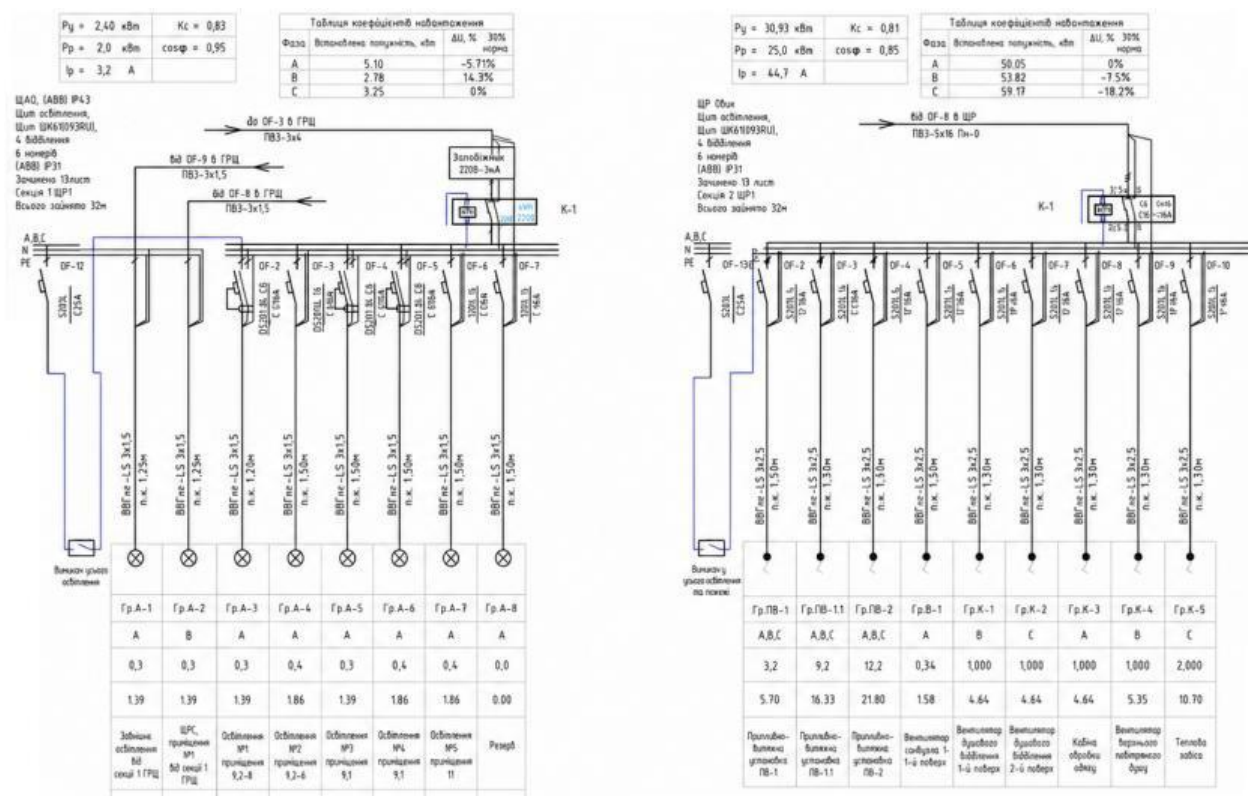


Рисунок 2.6 – Принципова електрична схема групової мережі дошкільного навчального закладу «Журавлик» після реконструкції.

Важливою ланкою оновленої енергосистеми закладу дошкільної освіти є силова розподільна шафа (ЩРС). У загальній конфігурації мережі вона відіграє роль своєрідного проміжного хабу. ЩРС отримує живлення від головного розподільного щита і вже звідси розгалужує енергію безпосередньо до кінцевих споживачів: контурів освітлення, розеткових ліній та різноманітного допоміжного устаткування (рис.2.7).

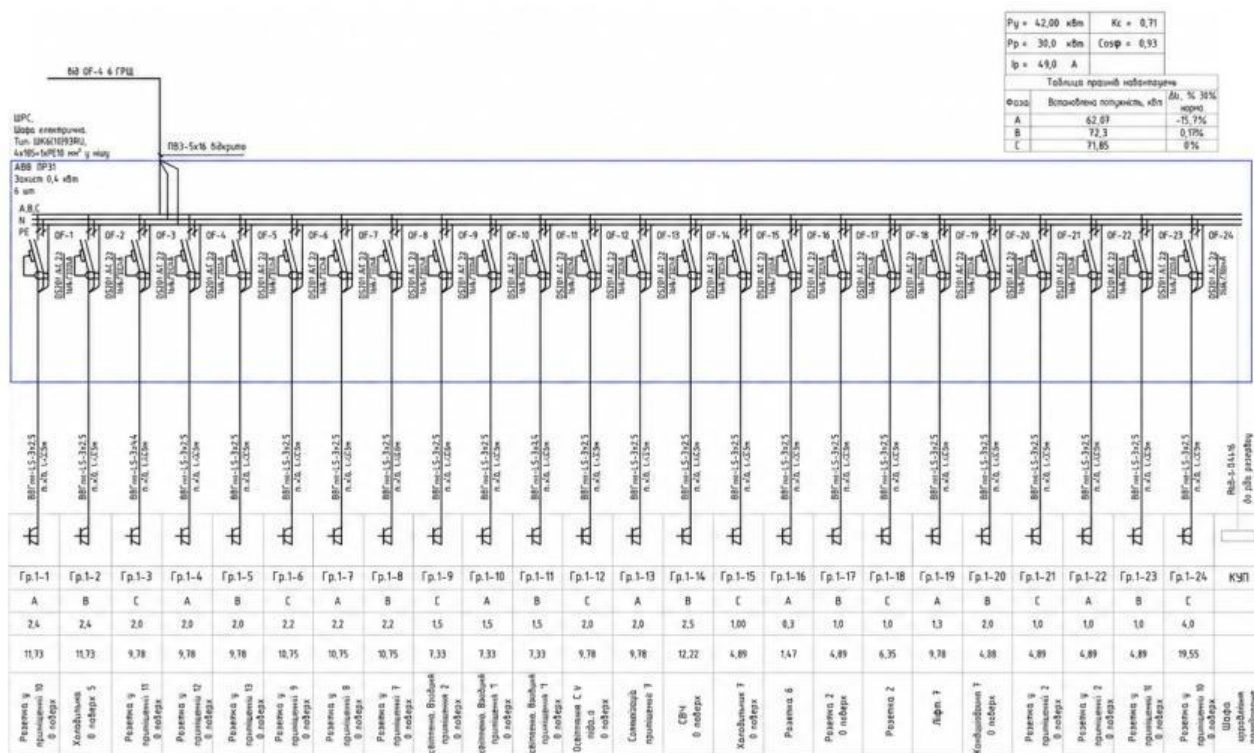


Рисунок 2.7 – Схема розподілу електричних навантажень від шафи ЩРС

Окрему увагу в проєкті приділено симетрії системи: навантаження рівномірно розподілено між трьома фазами (А, В і С). Цей інженерний крок дозволяє уникнути небезпечного «перекосу фаз» та стабілізувати напругу в мережі. Для громадських об'єктів, де безперебійна робота освітлення та інженерних комунікацій є критичною вимогою безпеки, такий підхід є обов'язковим.

Самі ж групові траси спроектовано з використанням сучасних кабелів, переріз жил яких ретельно вивірено під розрахункові струми та фактичну потужність приладів. Завдяки такому модульному принципу живлення, експлуатація, планові огляди та ремонти мережі стають набагато простішими і безпечнішими для технічного персоналу.

Окрема система локальних розподільних пунктів – щитів ЩБ1, ЩБ2 та ЩБ3, схема якої показана на рис.2.8. Це група щитів які підключаються безпосередньо до головного розподільного щита (ГРЩ) 0,4 кВ за допомогою індивідуальних кабельних ліній. Їхнє основне інженерне завдання полягає у точковому розподілі та подачі струму до конкретних споживачів на місцях.

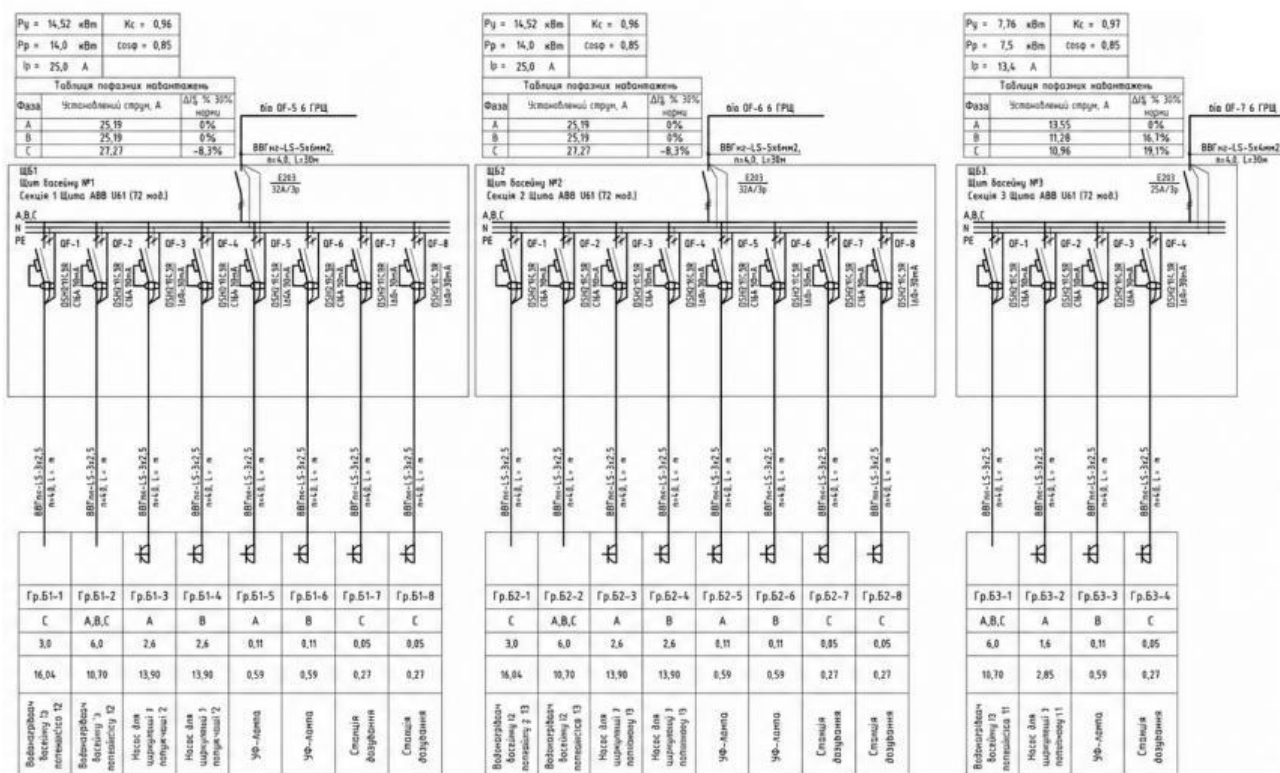


Рисунок 2.8 – Принципова електрична схема групової мережі щитів ЩБ1, ЩБ2, ЩБ3

Децентралізація розподілу енергії за допомогою кількох окремих щитів суттєво спрощує подальший технічний нагляд, проведення планових оглядів та поточних ремонтних робіт. У контексті комплексної модернізації «Журавлика» таке інженерне рішення є найбільш раціональним: воно дозволяє чітко структурувати внутрішні комунікації.

2.2.3 Реконструкція освітлювальної мережі

Практичним втіленням концепції модернізації енергосистеми закладу дошкільної освіти ДЗ «Журавлик» у с. Баворів є розроблений план розстановки електроустаткування та монтажу групових мереж штучного освітлення. Графічна частина проекту наочно відображає просторове розташування джерел світла, комутаційних апаратів, розподільних пунктів, а також точні геометричні траєкторії прокладання групових кабельних ліній у межах усіх приміщень споруди, рис. 2.9.

Проектне рішення детально регламентує дислокацію освітлювальних приладів у кімнатах загального користування, санвузлах, коридорах, а також у технічних та господарських блоках. Точки монтажу світильників обиралися на основі світлотехнічних розрахунків, щоб забезпечити нормативну рівномірність освітленості робочих поверхонь, створити комфортне візуальне середовище та гарантувати абсолютну безпеку під час пересування вихованців і персоналу закладу.

Органи керування (вимикачі) інтегровані у зонах зручного доступу - переважно безпосередньо біля входних дверей із внутрішнього боку приміщень.

Схему керування освітленням наведено на рисунку 2.10.

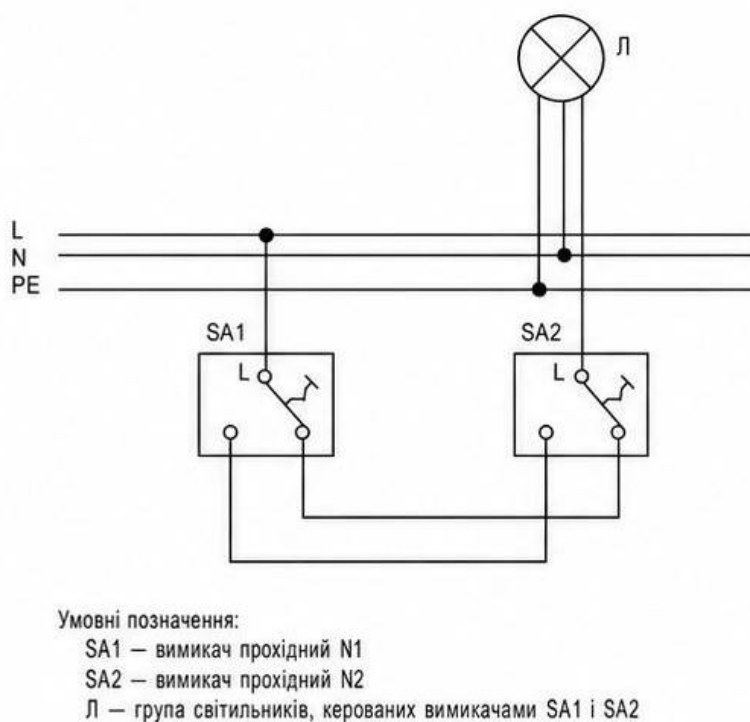


Рисунок 2.10 – Схема керування освітленням з двох місць у приміщеннях ДНЗ

Кабельні траси прокладені за суворо визначеними лінійними схемами, що забезпечує технічну впорядкованість, захист провідників від механічних пошкоджень та можливість безперешкодного доступу до комунікацій у майбутньому. На рисунку 2.11 наведено схему прокладання кабелю до вимикачів і розеток внутрішнього монтажу. Кабельна лінія прокладається за підвісною

стелею, після чого виконується вертикальний опуск у гофрованій трубі до місця встановлення електроустановчого виробу.

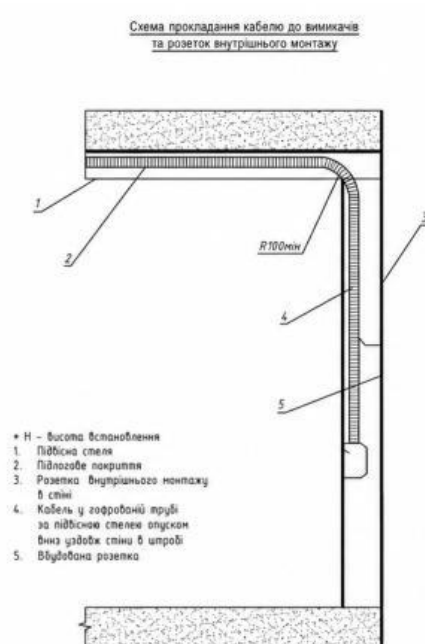


Рисунок 2.11 – Схема прокладання кабелю до вимикачів і розеток внутрішнього монтажу.

Практичною основою для реалізації силової частини проекту модернізації закладу дошкільної освіти «Журавлик» у с. Баворів є розроблений план розстановки електрообладнання та трасування групових живильних мереж. (рис. 2.12)

Даний графічний документ детально візуалізує просторове розміщення штепсельних розеток, силових терміналів, відгалужувальних коробів, а також лінійні маршрути прокладання кабельних ліній від відповідних розподільних пунктів безпосередньо до кінцевих споживачів.

Архітектура силової мережі базується на принципі суворого секціонування, що гарантує безперебійне постачання енергії для різнотипових електроприймачів. Весь комплекс споживачів диференційовано за категоріями, куди входять:

- ⚡ штепсельні розетки загального призначення;
- ⚡ побутові прилади та електроосушувачі;
- ⚡ системи примусової вентиляції та кондиціонування;

- ⚡ водонагрівальні установки (бойлери);
- ⚡ потужне термічне й холодильне устаткування харчоблоку (електроплити, кип'ятильники, холодильні шафи).

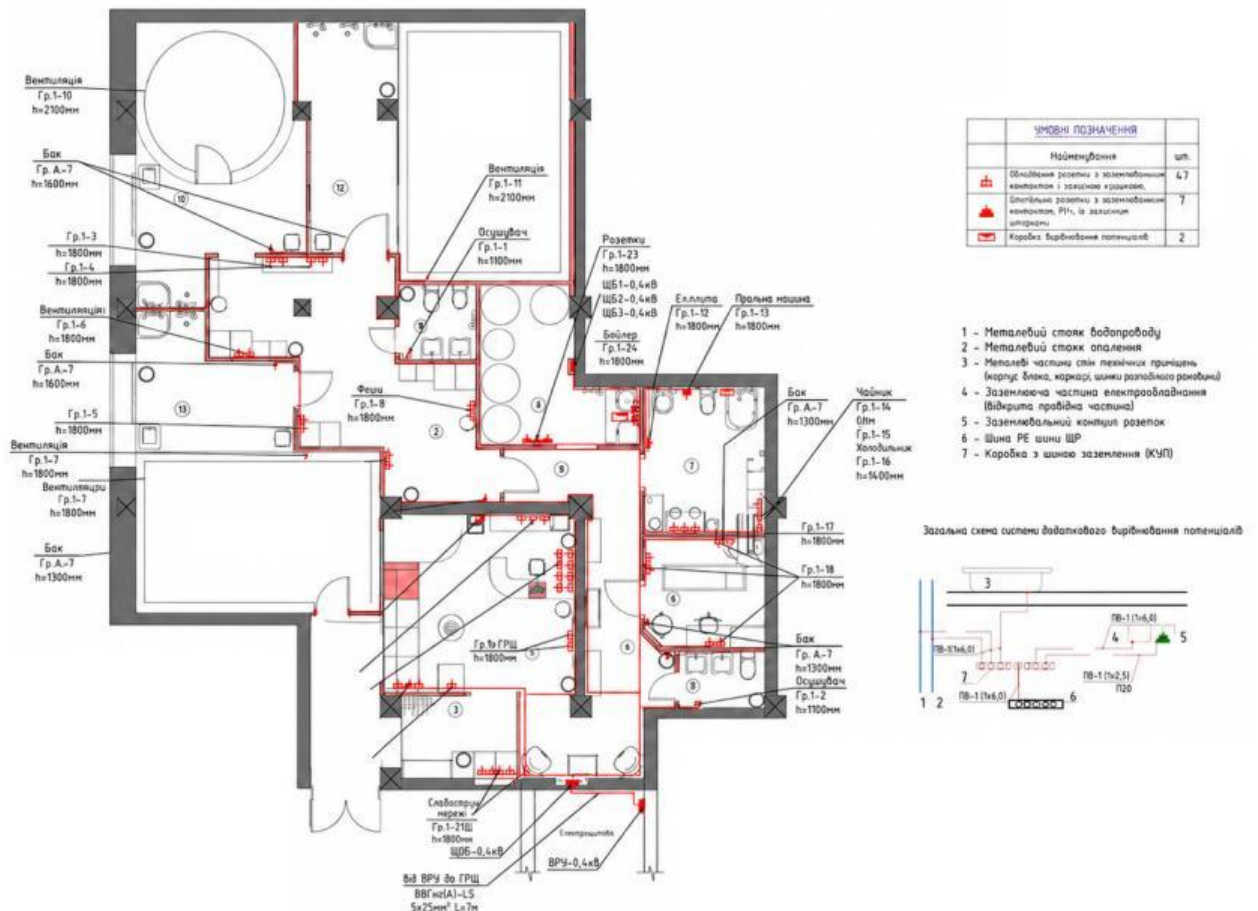


Рисунок 2.12 – План розміщення електрообладнання та прокладання групових силових мереж.

Рисунок 2.13 ілюструє детальну схему просторового розташування інженерного електроустаткування та топологію прокладання спеціалізованих групових силових ліній. Графічний документ наочно відображає алгоритм підключення кліматичної техніки до автономних контурів живлення. Зокрема, йдеться про інтеграцію таких вузлів:

- припливно-витяжні вентиляційні установки;
- локальні витяжні вентилятори;
- спліт-системи кондиціонування повітря.

Виділення окремих ліній живлення для цієї категорії споживачів є стратегічно

важливим інженерним кроком. Насамперед це гарантує стабільне та безперебійне функціонування систем формування мікроклімату. Крім того, така архітектура мережі кардинально спрощує експлуатацію.

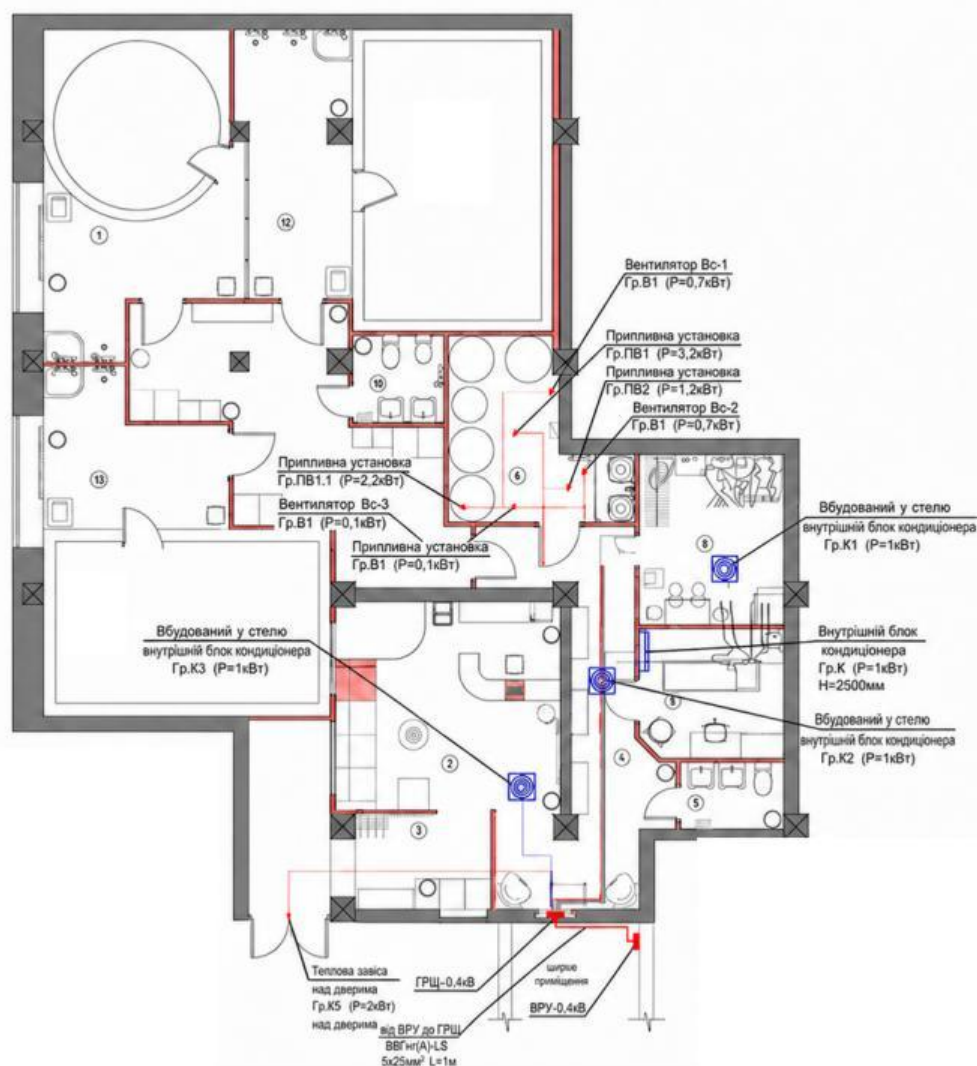


Рисунок 2.13 – Схема живлення вентиляційного та кліматичного обладнання

2.3 Вибір провідників та комутаційної апаратури

Для забезпечення надійної та безпечної роботи реконструйованої системи електропостачання дошкільного навчального закладу «Журавлик» виконано розрахунок електричних навантажень, вибір кабельних ліній, апаратів захисту, розподільчих щитів та елементів системи захисного заземлення.

Розрахунок навантаження здійснюється на основі встановленої потужності електроприймачів, їхнього призначення, режиму роботи та коефіцієнта попиту.

На підставі отриманих значень розрахункового струму I_p здійснюється вибір перерізу кабельних ліній та номіналів автоматичних вимикачів. Переріз кабелів приймається з урахуванням допустимого тривалого струму, способу прокладання, довжини лінії, умов охолодження та допустимої втрати напруги ΔU . Освітлювальні мережі: доцільно застосовувати кабелі типу ВВГнг(А)-LS перерізом $3 \times 1,5$ мм². Розеткові групи: застосовуються кабелі ВВГнг(А)-LS перерізом $3 \times 2,5$ мм². Силові трифазні споживачі: кабелі відповідного перерізу залежно від розрахункового струму. Використання кабелів із низьким димо- та газовиділенням (індекс LS – Low Smoke) є нормативно обов'язковим та технічно доцільним для будівель із масовим перебуванням людей, зокрема дітей. Кожна групова лінія захищається окремим автоматичним вимикачем. Номінальний струм автоматичного вимикача вибирається таким чином, щоб він не перевищував допустимого струмового навантаження кабельної лінії та забезпечував її надійний захист від перевантаження і короткого замикання.

2.4 Висновки до розділу 2

1. Через значне зростання кількості сучасного енергоємного обладнання (сумарною потужністю понад 82 кВт) та критичну зношеність наявних мереж дитячого садка «Журавлик», експлуатація старої системи є небезпечною і вимагає комплексної реконструкції.

2. Проектне рішення передбачає підключення до наявної повітряної лінії 0,4 кВ від трансформаторної підстанції потужністю 250 кВА із встановленням нового головного розподільного щита (ГРЩ) як центрального вузла оновленої енергосистеми.

3. Для забезпечення безперебійності та уникнення перекосу фаз впроваджено децентралізовану секційну схему живлення з відокремленими

лініями для освітлення, розеток і потужного технологічного обладнання, де кожна лінія захищена індивідуальними автоматичними вимикачами.

4. Відповідно до жорстких вимог пожежної безпеки для дитячих закладів, монтаж мереж здійснюватиметься кабелями в негорючій оболонці з низьким рівнем димо- та газовиділення (ВВГнг(А)-LS), перерізи яких розраховано згідно з розрахунковими струмовими навантаженнями.

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

Розрахункові потужності у проєкті визначено з урахуванням відсутності в будівлі дошкільного закладу системи гарячого водопостачання та постійної роботи електроводонагрівачів та проєктування насосної станції у підвалі.

3.1 Розрахунок електричного навантаження споживачів дошкільного закладу

Розрахункове навантаження споживачів ДЗ:

Ввід 1 – 54,3 кВт;

Ввід 2 – 77,71 кВт;

Аварійний режим – 108,6 кВт;

Аварійний режим з урахуванням режиму пожежі – 110,23 кВт.

Розрахункове навантаження споживачів господарського блоку:

Ввід 1 – 10,1 кВт;

Ввід 2 – 24,4 кВт;

Аварійний режим – 30,0 кВт.

Розрахункове навантаження живильної лінії 0,4 кВ від проєктованої підстанції до дитячого садка:

$$\sum P_p = \sum P_{pд.с.} + k \cdot \sum P_{pг.б.}, \quad (3.1)$$

де k – коефіцієнт одночасності; – коефіцієнт одночасності;

$$\sum P_p = 110,23 + 0,8 \times 30,0 = 134,23 \text{ кВт.}$$

Розподіл навантажень між сегментами мережі для денного й вечірнього максимумів розраховується за наступною формулою:

$$P_{розр} = k_o \cdot \sum P, \quad (3.2)$$

Вечірній максимум.

Розподіляємо всіх споживачів даної схеми на дві групи. Перша група: споживачі дитячого садка.

$P_{с.д.с.}$ – потужність споживачів дитячого садка;

k_o – коефіцієнт одночасності, $k_o = 1,0$;

$$P1_B = 1,0 \cdot 110,23 = 110,23 \text{ кВт.}$$

Друга група: споживачі господарського блоку.

$$P2_B = 0,8 \cdot 30,0 = 24,0 \text{ кВт.}$$

Обчислення сумарного розрахункового навантаження на шинах низької напруги (0,4 кВ) КТП здійснюється шляхом додавання розрахункових потужностей усіх навантажувальних груп:

$$P_{III} = P1 + \Delta P2 = 110,23 + 24,0 = 134,23 \text{ кВт,} \quad (3.3)$$

Коефіцієнт потужності трансформаторної підстанції (ТП) зі змішаним навантаженням у вечірній пік $\cos \phi_B = 0,83$.

Повна розрахункова потужність ТП:

$$S_{III} \Sigma = P_{III} / \cos \phi_B = 134,23 / 0,83 = 161,72 \text{ кВА.} \quad (3.4)$$

Денний максимум.

Перша група: споживачі дитячого садка:

$$P1_D = k_D \cdot P1_B = 1 \cdot 110,23 = 110,23 \text{ кВт}$$

Друга група: споживачі господарського блоку:

$$P2_D = k_D \cdot P2 = 0,75 \cdot 30,0 = 22,5 \text{ кВт.}$$

Сумарна розрахункова потужність ТП:

$$P_{III} = P1_D + \Delta P2_D = 110,23 + 22,5 = 132,73 \text{ кВт.}$$

Повна розрахункова потужність ТП – 2499:

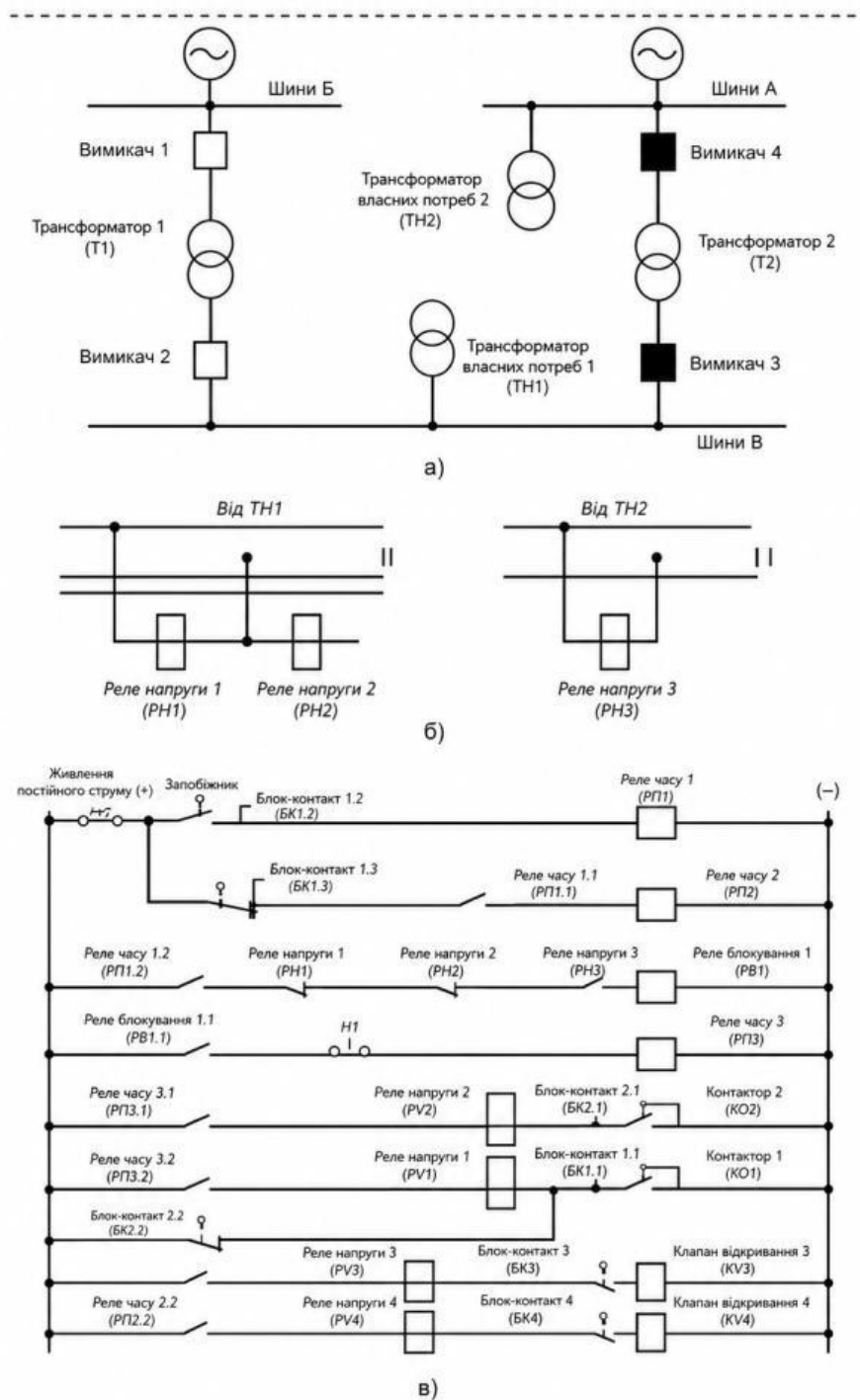
$$S_{III} \Sigma = P_{III} / \cos \phi_D = 132,73 / 0,92 = 144,27 \text{ кВА.}$$

$\cos \phi_D = 0,92$ – навантаженням у денний пік.

3.2 Дослідження роботи та розрахунок параметрів системи автоматичного резервного електропостачання

Система автоматичного резервного електропостачання (АВР) – функція систем автоматизації, призначена для підвищення надійності електропостачання

ШЛЯХОМ автоматичного підключення резервного живлення у разі виходу з ладу ОСНОВНОГО.



а) схема первинних з'єднань; б) коло змінної напруги; в) коло оперативного струму

Рисунок 3.1 – Схема АВР

Принцип роботи АВР доцільно розглянути на прикладі двотрансформаторної підстанції. За умов нормального режиму роботи все навантаження

споживачів забезпечується через основний силовий трансформатор Т1. У цей час резервний трансформатор Т2 відключений від мережі, проте перебуває в стані постійної готовності до автоматичного введення в дію.

Коли силовий вимикач В1 трансформатора Т1 з будь-яких причин відключається, його допоміжний контакт БК1-2 розмикає ланцюг живлення котушки проміжного реле РП1.

Послідовність спрацьовування схеми виглядає так:

Після зникнення напруги якір реле РП1 (який утримувався в підтягнутому стані під час нормальної роботи) відпадає. Проте його контакти розмикаються не миттєво, а із заданою витримкою часу.

Одночасно замикається інший блок-контакт відключеного вимикача В1 – БК1.3. Він подає керуючий «плюс» через контакт РП1.1 (який ще не встиг розімкнутися) безпосередньо на котушку другого проміжного реле – РП2.

Отримавши живлення, реле РП2 замикає власні контакти. Це ініціює роботу контакторів КВ3 та КВ4, які подають команду на вмикання силових вимикачів В3 і В4. Таким чином резервний трансформатор підключається до мережі.

Щойно вичерпується налаштований час затримки, реле РП1 остаточно розмикає свої контакти і розриває коло живлення котушки РП2. Цей механізм виконує критично важливу функцію: якщо автоматика випадково увімкне резервний трансформатор на лінію з неусуненим коротким замиканням (КЗ), спрацює релейний захист. Завдяки тому, що коло РП2 вже розірвано, система блокується, і повторного небезпечного ввімкнення на коротке замикання не відбудеться.

Таким чином, реле РП1 гарантує, що автоматика відпрацює лише один раз, через що в електротехніці його називають реле одноразовості дії. Повернутися у вихідний стан, знову замкнути контакти та підготувати систему до можливих нових аварій воно зможе лише тоді, коли нормальну схему живлення підстанції буде повністю відновлено, а силовий вимикач В1 – знову ввімкнено. При налаштуванні цієї схеми критично важливо дотримуватися правильного

узгодження в часі. Витримка до розмикання контактів РП1 обов'язково має бути більшою за час спрацювання резервних вимикачів В3 та В4, інакше вони просто не встигнуть надійно зафіксуватися в замкненому положенні, і живлення не відновиться. Гарантований резерв в разі відключення іншого вимикача – В2, у схемі передбачено додатковий взаємозв'язок. Активізація вказаного стану відбувається безпосередньо через перемикання допоміжного контакту БК2.2, який подається імпульс безпосередньо на котушку відключення К01 вимикача В1. Щойно останній фізично розмикається, одразу запускається вже знайомий нам стандартний алгоритм автоматичного перемикання. Водночас варто враховувати одну особливість роботи цієї системи. Повне знеструмлення споживачів може відбутися внаслідок втрати напруги на шинах вищої напруги підстанції, що призводить до порушення нормального режиму живлення відхідних ліній. Оскільки обидва вимикачі робочого трансформатора механічно зафіксовані у замкненому положенні, пристрої автоматичного керування не ідентифікують факт зникнення напруги, що унеможливорює автоматичне спрацювання відповідних кіл захисту, пускове коло просто не отримає сигналу про аварію.

З метою усунення недоліків існуючої схеми керування було передбачено інтеграцію пускового органу мінімальної напруги. Завдяки використанню реле РН1 забезпечується виявлення факту втрати живлення незалежно від стану головних контактів вимикачів, що гарантує своєчасну реакцію автоматики. Якщо напруга на шинах 5 (і відповідно на шинах підстанції) зникає, при зниженні напруги реле мінімальної напруги, що живляться від трансформатора напруги ТН1, миттєво спрацювують. Через замкнені контакти реле РН3 подається живлення (плюс оперативного струму) на котушку реле часу РВ1. Завдяки цьому плюс оперативного струму через контакт реле РН3 надходить на обмотку реле часу РВ1. Воно активується і після завершення налаштованої витримки часу перенаправляє цей імпульс на котушку реле РП3. Саме це реле здійснює примусове відключення вимикачів В1 і В2 робочого трансформатора. Щойно вимикач В1 розмикає коло, система АВР вступає в дію за вже розглянутим

раніше алгоритмом.

Головне призначення реле напруги РНЗ полягає у запобіганні беззмістовному відключенню основного трансформатора Т1 пусковим блоком мінімальної напруги. Цей захисний механізм стає в пригоді тоді, коли на високовольтних шинах А резервного трансформатора Т2 також зникло живлення, і перемикання на нього не має жодного практичного сенсу. Працює це таким чином: реле РНЗ отримує дані від трансформатора напруги ТН2 (встановленого на шинах А) і, як тільки фіксує знеструмлення, розмикає власний контакт. Завдяки цьому фізично розривається електричний ланцюг управління між контактами реле РН1, РН2 та обмоткою реле часу РВ1, що блокує марний запуск автоматики. Для зручності експлуатації та проведення обслуговування в схемі передбачено дві керуючі накладки. Перша з них – Н1 – дозволяє точково вимкнути пусковий орган мінімальної напруги, тоді як накладка Н2 призначена для повного виведення з роботи всієї системи резервування. А щоб оперативний персонал завжди розумів, що відбувається з обладнанням, усі факти спрацювання пускового органу та самої автоматики фіксуються спеціальними вказівними реле РУ, які забезпечують надійну сигналізацію.

3.3 Розрахунок допустимих втрат напруги

Режим напруги на шинах середньої напруги (10 кВ) підстанції 35/10 кВ при 100 % навантаженні становить $\Delta V_{100} = +5\%$, а при 25 % навантаженні дорівнює нулю, $\Delta V_{25} = 0$. За умови роботи мережі з максимальним стовідсотковим навантаженням, показник відхилення напруги у кінцевого споживача не має перевищувати $\Delta V_{100} = -5\%$, а при 25% навантаженні $\Delta V_{25} = +5\%$.

Втрати напруги у споживчому трансформаторі 10/0,4 кВ становлять:

$\Delta U_T = 4\%$ при 100 % навантаженні; $\Delta U_T = 1\%$ при 25 % навантаженні.

Втрата напруги у внутрішній проводці не повинна перевищувати 2,5%.

Втрати напруги у лінії 0,4 кВ у зовнішній та внутрішніх мережах приймаються рівними нулю.

Довжина лінії 10 кВ $L_B = 7,73$ км, втрати напруги на одному кілометрі лінії $\Delta U = 0,7$ %/км.

Таким чином, $\Delta U_B = 7,73 \cdot 0,7 = 5,41\%$.

Складаємо таблицю відхилень напруги (таблиця 3.1), вносячи вихідні дані до таблиці.

Таблиця 3.1 Відхилення напруги

Елемент електричної мережі	Навантаження	
	100%	25%
Шини 10 кВ ТП 35/10 кВ	+5	0
Лінія 10 кВ	-5,41	-1,35
Трансформатор 10 кВ:		
Надбавка	+5	+5
Втрати	-4	-1
Лінія 0,4 кВ:		
Зовнішня мережа	-3,09	0
Внутрішня проводка	-2,5	0
Відхилення напруги у споживача	-5	+2,65

Допустимі втрати напруги в лінії 0,4 кВ при 100 % навантаженні складе (сума відомих нам даних).

Надбавку трансформатора приймаємо +5 %, оскільки при більшому значенні відхилення напруги при 25 % навантаженні перевищить +5 %, що є неприпустимим.

$$\Delta U_{\text{доп}} = +5 - 5,41 + 5 - 4 - (-5) = 5,59\%$$

З урахуванням втрат, що виникають у внутрішній проводці споживачів, величина дозволеного падіння напруги для зовнішніх ліній живлення становитиме:

$$\Delta U_{\text{доп.н}} = 5,59 - 2,5 = 3,09\%$$

За цих умов, у разі зниження навантаження до 25%, показник відхилення напруги на клемах споживача дорівнюватиме:

$$\Delta V_{25} = 0 - 1,35 + 5 - 1 = 2,65\%$$

Для спрощення подальших розрахунків величину втрати напруги в мережі

0,38 кВ приймаємо рівною нулю.

3.4 Розрахунок захистів

Розрахунок захисту на стороні низької напруги 0,4 кВ. Вибираємо автоматичні вимикачі.

За номінальною напругою автомата:

$$U_{н.а.} \geq U_{н.у.};$$

$$0,4 \text{ кВ} \geq 0,4 \text{ кВ}$$

Для лінії споживачів дитячого садка номінальний розрахунковий струм визначається за максимальною розрахунковою потужністю. Активна потужність лінії $P = 110,23 \text{ кВт}$, тоді повна потужність за формулою становитиме:

$$S = P / \cos \varphi = 110,23 / 0,9 = 122,48 \text{ кВА}, \quad (3.5)$$

$$I_{р. \text{ макс}} = S_{д} / 1,73 \cdot U_{роб} = 122,48 / 1,73 \cdot 0,4 = 176,99 \text{ А}. \quad (3.6)$$

Струм теплового розчеплювача:

$$I_{тр} = 1,1 \cdot I_{р. \text{ макс}} = 1,1 \cdot 176,99 = 194,69 \text{ А}; \quad (3.7)$$

Приймаємо $I_{тр} = 200 \text{ А}$ та $I_{е.р.} = 12 \text{ Ін}$.

Вибираємо автоматичний вимикач **ABB Tmax XT3N 250 TMD 3P** з $I_{н} = 250 \text{ А}$, рисунок 3.2.

Для лінії споживачів господарського блоку номінальний розрахунковий струм визначається за максимальною розрахунковою потужністю. Активна потужність лінії $P = 30,0 \text{ кВт}$, тоді повна потужність становитиме:

$$S = P / \cos \varphi = 30,0 / 0,9 = 33,3 \text{ кВА};$$

$$I_{р. \text{ макс}} = S_{д} / 1,73 \cdot U_{роб.} = 33,3 / 1,73 \cdot 0,4 = 48,17 \text{ А}.$$

Струм теплового розчеплювача:

$$I_{гр} = 1,1 \cdot I_{р. \text{ макс}} = 1,1 \cdot 48,17 = 52,97 \text{ А};$$

Приймаємо $I_{гр} = 63 \text{ А}$ та $I_e = 12 I_n$.

Вибираємо автоматичний вимикач **ABB SACE Tmax T1 160** з $I_n = 100 \text{ А}$,
рисунок 3.3.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд автоматичного вимикача АВВ Tmax XT3N 250 TMD 3P



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд автоматичного вимикача АВВ SACE Tmax T1 160

3.5 Розрахунок і вибір перерізу проводу для кабельної лінії напругою 0,4 кВ

Активне навантаження КЛ-0,4 кВ споживачів дитячого садка:
 $P = 110,23$ кВт.

Повна потужність КЛ-0,4 кВ споживачів дитячого садка:

$$S = P / \cos \varphi = 110,23 / 0,9 = 122,48 \text{ кВА}$$

Площу перерізу проводів знаходимо за еквівалентною потужністю.

$$S_e = k_{д.р.} \cdot S_d, \quad (3.8)$$

де $k_{д.р.}$ – коефіцієнт динаміки зростання навантажень 0,7.

$$S_e = 0,7 \cdot 122,48 = 85,74 \text{ кВА}.$$

Для даної потужності обираємо кабель АВБбШв-4х185-1.

Жила кабелю АВБбШв – алюмінієва однодротова (клас 1) або багатодротова (клас 2), круглої форми, багатодротова, секторної форми. Ізоляція кабелю АВБбШв – ПВХ-пластикат (кольорове маркування жил). Скрутка АВБбШв – ізольовані жили чотирижильних кабелів скручені в сердечник. Поясна ізоляція АВБбШв – ПВХ-пластикат.

Структура захисту марки БбШв складається з двострічкової оцинкованої сталевій броні та герметичного зовнішнього шланга з полівінілхлориду (ПВХ).

Нормативні втрати напруги встановлені на рівні, що не перевищує 6,5%.

$$\Delta U = \Delta U_{num} \cdot S \cdot l / 100, \quad (3.9)$$

де ΔU_{num} – питомі втрати напруги, %;

S – розрахункова потужність, кВА;

l – довжина розрахункової ділянки лінії, км.

Значення ΔU_{num} прийнято для $\cos \varphi = 0,9$.

$$\Delta U = 0,815 \cdot 122,48 \cdot 0,22 / 100 = 0,22\%$$

$$6,5 \% > 0,22 \% .$$

Активне навантаження КЛ-0,4 кВ споживачів господарського блоку:

$$P = 30,0 \text{ кВт}.$$

Повна потужність КЛ-0,4 кВ споживачів господарського блоку:

$$S = P / \cos \varphi = 30,0 / 0,9 = 33,3 \text{ кВА}.$$

Площу перерізу проводів обчислюємо за еквівалентною потужністю.

$$S_e = k_{д.р.} \cdot S_{д.},$$

де $k_{д.р.}$ – коефіцієнт динаміки зростання навантажень, 0,7.

$$S_e = 0,7 \cdot 33,3 = 23,3 \text{ кВА}.$$

Для даної потужності обираємо кабель АВБбШв – 4 × 70 -1, рисунок 3.4.



Рисунок 3.4 – Розріз жили кабелю АВБбШв - 4 × 70 - 1

Жила кабелю АВБбШв – алюмінієва однодротова (клас 1) або

багатодротова (клас 2), круглої форми, багатодротова, секторної форми. Ізоляція кабелю АВБбШв – ПВХ-пластикат (кольорове маркування жил). Скрутка АВБбШв – ізольовані жили чотирижильних кабелів скручені в сердечник. Поясна ізоляція АВБбШв – ПВХ-пластикат.

Кабель типу БбШв має захисне покриття, що складається з броні у вигляді двох сталевих оцинкованих стрічок та зовнішнього захисного шланга з ПВХ-пластикату, рисунок 3.5.

АВБбШв 4

ГОСТ 16442-80,ТУ У 31.3-00214534-048:2007

Кабелі силові з алюмінієвими СПЖ, із ізоляцією з ПВХ-пластикату, броньовані сталевими оцинкованими стрічками, із захисним шлангом із ПВХ-пластикату



Конструкція:

1. Алюмінієва струмопровідна жила.
2. Ізоляція з ПВХ пластикату.
3. Обмотка ПЕТ плівкою.
4. Поясна ізоляція з ПВХ стрічок.
5. Броня з двох сталевих оцинкованих стрічок.
6. Випресований захисний шланг із ПВХ пластикату.

Примітка: скрутка струмопровідних жил не зображена на малюнку.

Рисунок 3.5 – Опис конструкції кабелю АВБбШв - 4×70 - 1

Втрати напруги не повинні перевищувати 6,5%.

Значення $\Delta U_{\text{нум}}$ прийнято для $\cos \varphi = 0,9$.

$$\Delta U = 0,815 \cdot 33,3 \cdot 0,065 / 100 = 0,017\%$$

$$6,5 \% > 0,017\%$$

Електропостачання 0,4 кВ дитячого садка та господарського блоку здійснюється двома кабельними лініями, що взаємозамінюють одна одну. Кожен кабель здатний забезпечити безперебійне живлення всього комплексу успішно пройшов перевірку за критерієм допустимих втрат напруги. «Лінії електропостачання 0,4 кВ прокладаються від опори повітряною кабельною лінією (із застосуванням самонесучого ізольованого проводу). Лінія монтується шляхом підвішування на опорах із дотриманням нормативних відстаней та габаритів. При перетині з автодорогами та інженерними комунікаціями забезпечується безпечна висота підвісу проводу над рівнем землі та проїжджою частиною. Для захисту від механічних пошкоджень у місцях спуску кабелю по опорі чи фасаду будівлі застосовуються металеві або міцні пластикові труби відповідно до вимог чинних Правил улаштування електроустановок (ПУЕ)», рисунок 3.6.

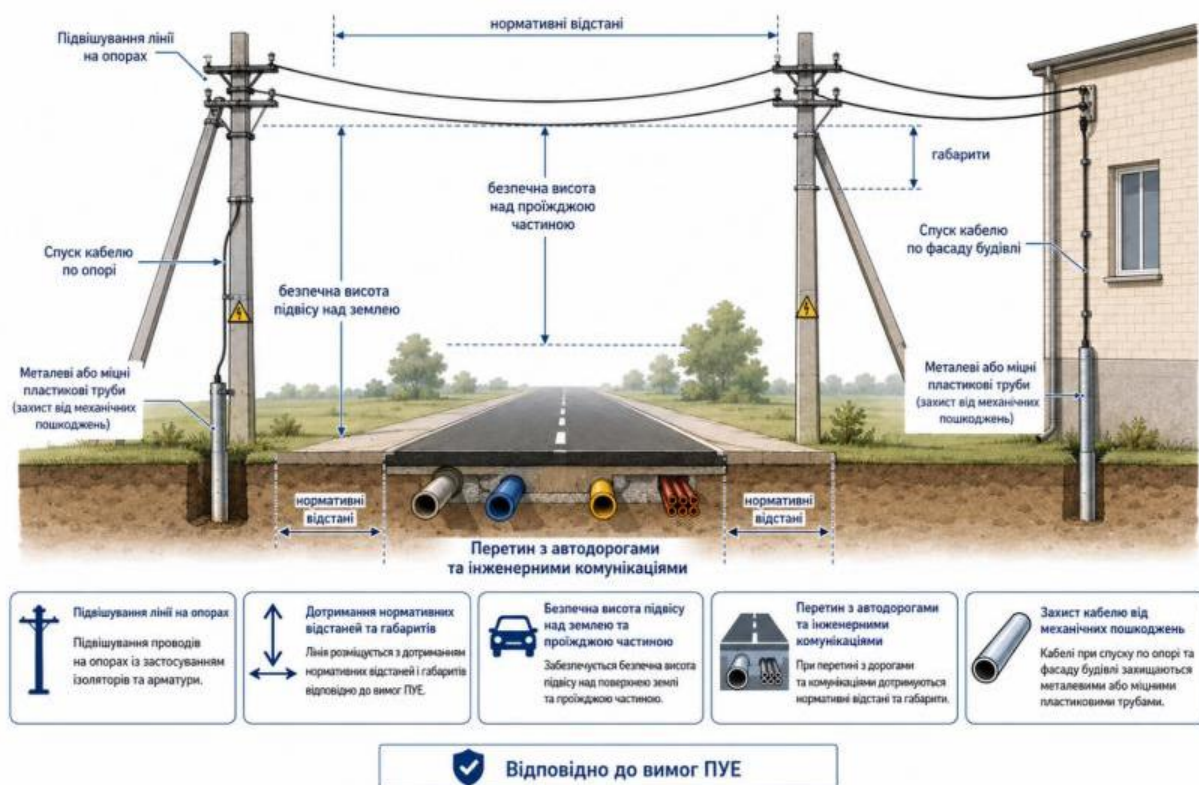


Рисунок 3.6 – Схема монтажу повітряної лінії

Протяжність мереж 0,4 кВ від зовнішньої опори до ВРУ дошкільного закладу – 220,0 м. Від кабельних наконечників ВРУ до господарського блоку – 14 м.

Для забезпечення нормованої освітленості зовнішнього освітлення приймемо світильники типу ДСУ10В, рисунок 3.7.

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика світильника ДСУ10В

Напруга живлення, В	220
Діапазон потужностей, Вт	25 ... 100
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Світловий потік, лм	3125 ... 14500
Світлова віддача, лм/Вт	152, 145
Тип кривої сили світла (кут випромінювання)	Ш
Корельована колірна температура, К	4000
Клас електрозахисту	I
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Маса, кг	1,9 ... 3,7
Температура навколишнього середовища, 120 °С	-40 ... +40



Рисунок 3.7 – Загальний вигляд світильника ДСУ10В

Відповідно до вимог щодо забезпечення надійності електропостачання, зовнішнє освітлення території дитячого садка класифікується як споживач III

категорії. Електрична потужність зовнішнього освітлення території дошкільного навчального закладу складає

$$Pr = 6,9 \text{ кВт},$$

$$Ip = 12,4 \text{ А}.$$

Мережа прокладається кабелем АВБбШв-5×10-1 у кабельних траншеях, опори металеві одно- та дворогові.

Керування освітленням здійснюється за допомогою фотореле, встановленого на трансформаторній підстанції. У проєкті передбачено два режими роботи освітлювальної установки зовнішнього освітлення: черговий режим – лише проїзди та господарські майданчики, та робочий режим – повне освітлення для прогулянок дітей. Підключення опор освітлення здійснюється з чергуванням фаз. У цокольному щитку опори приварена пластина, до якого підключений провідник лінії зовнішнього освітлення для виконання захисного заземлення освітлювальних приладів.

Проєктним рішенням передбачено облаштування мережі евакуаційного та резервного освітлення на базі сучасних світлодіодних (LED) світильників моделі ЛПП09У від вітчизняного виробника «Ватра-ЗАХІД». Визначальною конструктивною особливістю цих приладів є інтегрований блок автономного живлення, який гарантує автоматичне ввімкнення джерел світла у разі раптового знеструмлення основної магістралі. Візуальне представлення та формфактор обраного світлотехнічного обладнання проілюстровано на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Загальний вигляд світильника ЛПП09У

Для забезпечення нормативного рівня робочого освітлення в приміщеннях закладу дошкільної освіти обрано сучасні енергоефективні світлодіодні панелі серії ДСО20У «Юпітер-LED». Цей тип світлотехнічного обладнання розроблений для інтеграції в підвісні стельові конструкції та має високі експлуатаційні показники, що вкрай важливо для дитячих установ.



Рисунок 3.9 – ДСО20У «Юпітер-LED»

3.6 Визначення значень струмів при коротких замиканнях

Розрахунок характеристик КЗ на збірних шинах 0,4 кВ підстанції здійснюється з метою обґрунтованого вибору силової апаратури, налаштування захисних пристроїв та параметризації заземлення. У свою чергу, обчислення аналогічних струмів у фінальних точках ділянок мережі 0,38 кВ необхідне для забезпечення селективності та надійності роботи захисту ліній.

Для розрахунку сумарного опору ділянки електричного кола, КЗ що веде до точки К1 на шинах 0,4 кВ, ми використовуємо розрахункову модель силового трансформатора. Вихідні дані та параметри для обчислень визначаються на основі паспортних характеристик агрегату за такою формулою:

$$R_T = (\Delta P_M \cdot U_{НОМ}^2 \cdot 10^3) / S_{НОМ.Т}^2, \quad (3.10)$$

де ΔP_M – втрати в міді трансформатора, кВт;

$U_{НОМ}$ – номінальна робоча напруга лінії 0,4 кВ;

$$R_T = (4,2 \cdot 0,4^2 \cdot 10^3) / 160^2 = 0,03 \text{ мОм}.$$

Повний опір:

$$Z_T = (u_k \% \cdot U_{НОМ}^2) / 100 \cdot S_{НОМ.Т}, \quad (3.11)$$

$$Z_T = (6,5 \cdot 0,4^2 \cdot 10^3) / 100 \cdot 160 = 0,065 \text{ мОм}.$$

Опір контактів рубильника, котушок трансформаторів струму, шин, апаратури в цілому приймаємо $Z_A = 15 \text{ мОм}$.

Для визначення сили струму трифазного короткого замикання, що виникає в точці К1 (шини 0,4 кВ підстанції 10/0,4 кВ), застосовується наступний алгоритм розрахунку:

$$I_{K1} = U_{НОМ} / (\sqrt{3} \cdot (Z_T + Z_A)), \quad (3.12)$$

$$I_{K1} = 0,4 \cdot 10^3 / (1,73 \cdot (0,03 + 15)) = 15,7 \text{ А}.$$

Визначаємо опір КЛ-0,4 кВ від споживачів дитячого садка до точки К1:
 $L = 220,0 \text{ м}$;

$$X_{Л1} = 0,0799 \cdot 0,22 = 0,018 \text{ Ом} = 18 \text{ мОм};$$

$$R_{Л1} = 0,466 \cdot 0,22 = 0,102 \text{ Ом} = 102 \text{ мОм}$$

Для визначення сумарного (результуючого) опору трифазної кабельної лінії напругою 0,38 кВ виконується розрахунок, що враховує як активні, так і

реактивні складові опору провідників:

$$Z_{Л1} = \sqrt{(X_{Л1}^2 + R_{Л1}^2)}, \quad (3.13)$$

$$Z_{Л1} = \sqrt{(18^2 + 102^2)} = 103,57 \text{ мОм.}$$

Для визначення сили струму трифазного короткого замикання, що виникає в точці К1 (шини 0,4 кВ підстанції 10/0,4 кВ), застосовується наступний алгоритм розрахунку:

$$I_{К2} = U_{ном} / (\sqrt{3} \cdot (Z_T + Z_A)) = 0,4 \cdot 10^3 / (1,73 \cdot (45 + 103,57)) = 1,56 \text{ кА.}$$

Струм К3 визначається на основі такої залежності:

$$I(2)_{К2} = 0,87 I_{К2} = 0,87 \cdot 1,56 = 1,36 \text{ кА.}$$

До точки К2:

$$L = 65 \text{ м;}$$

$$X_{Л2} = 0,0799 \cdot 0,065 = 0,005 \text{ Ом} = 5 \text{ мОм;}$$

$$R_{Л2} = 0,466 \cdot 0,065 = 0,03 \text{ Ом} = 30 \text{ мОм.}$$

Для визначення повного (результуючого) опору лінії 0,38 кВ враховуються питомі опори обраного кабелю та його загальна довжина. Значення розраховується за наступною залежністю:

$$Z_{Л2} = \sqrt{(X_{Л2}^2 + R_{Л2}^2)}, \quad (3.14)$$

$$Z_{Л2} = \sqrt{(5^2 + 30^2)} = 30,41 \text{ мОм.}$$

Струм КЗ визначається на основі такої залежності:

$$I_{K2} = U_{ном} / (\sqrt{3} \cdot (Z_T + Z_{Л2})) = 0,4 \cdot 10^3 / (1,73 \cdot (45 + 30,41)) = 3,07 \text{ кА.}$$

Розрахункове значення струму на збірних шинах визначається:

$$I(2)_{K2} = 0,87 I_{K2} = 0,87 \cdot 3,07 = 2,67 \text{ кА}$$

3.7 Розрахунок економічної ефективності

Оптова ціна укомплектованої трансформаторної підстанції на 160 кВА та на 250 кВ однакова і становить 500 тис. грн.

Визначення капіталовкладень за наведеними витратами:

$$K_n = C_{он} + M_{об} + H_е \quad (3.15)$$

де $C_{он}$ – оптова ціна на обладнання, грн;

$M_{об}$ – витрати на виконання монтажних робіт, що включають оплату праці персоналу, експлуатацію механізмів та вартість допоміжних матеріалів. (20 –25 % від оптової ціни);

$H_е$ – накладні витрати, грн. (10 % від оптової ціни).

$$K_n = 500000 + 100000 + 50000 = 650000 \text{ грн}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат:

$$Eв = Zn + A + Tp + Pr \quad (3.16)$$

$$Zn = Tз \cdot Гс \cdot Кд \cdot Кр \quad (3.17)$$

де Zn – річні експлуатаційні витрати, персоналу, який забезпечує нормальне функціонування електроустановки;

$Tз$ – витрати робочого часу на обслуговування обладнання;

$Гс$ – годинна тарифна ставка оплати праці персоналу, грн;

$K\delta$ – поправочний коефіцієнт, що застосовується до базової тарифної ставки електромонтера;

Kp – районний коефіцієнт. – районний коефіцієнт.

$$3n = 720 \cdot 110,7 \cdot 1,15 \cdot 1,044 = 95692,62 \text{ грн}$$

$$A = Kc \cdot a / 100 \%, \quad (3.18)$$

де a – річна норма амортизаційних відрахувань, %;

Kc – балансова вартість машин та обладнання, грн.

$$A = 650000 \cdot 6 \% = 39000 \text{ грн}$$

$$Tp = K \cdot Ч / 100 \%, \quad (3.19)$$

де $Ч$ – річна норма відрахувань на ПР і ТО, %.

$$Tp = 650000 \cdot 4 \% = 26000 \text{ грн}$$

$$Pr = (3n + A) \times 1\%; \quad (3.20)$$

$$Pr = (95692,62 + 39000) \times 1\% = 13469 \text{ грн}$$

$$Ev = 95692,62 + 39000 + 26000 + 13469 = 174161,62 \text{ грн}$$

Термін окупності капіталовкладень:

$$Tk = Kn / Ev \quad (3.21)$$

Ефективність полягає у зменшенні витрат на експлуатацію, оскільки нове обладнання споживає на 2–3 % менше ресурсів, ніж старе.

$$T_k = 650000 / 174161,62 = 3,7 \text{ років}$$

Якщо E_f більше E_n , то капіталовкладення є ефективними: $E_n = 0,12 - 0,15$;

$$E_f = 1 / T_k = 1 / 3,7 = 0,27$$

$$E_f > E_n$$

Провівши розрахунок, бачимо, що після впровадження даної установки вона окупиться протягом 3,7 років, і капіталовкладення будуть ефективними.

3.8 Висновки до розділу 3

1. Досліджено розрахункові електричні навантаження, струми короткого замикання та відхилення напруги в мережі для забезпечення надійного електропостачання дошкільного закладу та господарського блоку.
2. Обґрунтовано вибір оптимального електротехнічного обладнання, зокрема силових кабелів марки АВББШв, автоматичних вимикачів АВВ Тmax та енергоефективних світлодіодних світильників для внутрішнього і зовнішнього освітлення.
3. Запропоновано впровадження системи автоматичного резервного електропостачання (АВР) для двотрансформаторної підстанції з інтеграцією пускового органу мінімальної напруги, що гарантує безперебійне живлення споживачів в аварійних режимах.
4. Визначено техніко-економічну доцільність прийнятих проектних рішень, яка підтверджується зменшенням витрат на експлуатацію та швидким терміном окупності капіталовкладень, що становить 3,7 років.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпечних і шкідливих факторів під час реконструкції системи електропостачання ДНЗ «Журавлик»

Реконструкція системи електропостачання дошкільного навчального закладу (ДНЗ) «Журавлик» у с. Баворів є комплексним інженерно-технічним завданням, що характеризується підвищеним рівнем відповідальності. Особливість даного об'єкта полягає в тому, що всі будівельно-монтажні, демонтажні та пусконаладжувальні роботи проводяться в умовах діючого закладу або в безпосередній близькості до зон перебування дітей та педагогічного персоналу. Це вимагає детального аналізу умов праці, оскільки будь-які відхилення від норм безпеки можуть становити загрозу не лише для безпосередніх виконавців (електромонтажників), але й для вихованців дитячого садка.

Під час проведення робіт з модернізації силових мереж, розподільних щитів та систем освітлення на персонал діє комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Основним джерелом небезпеки є електричний струм. Потенційне ураження електричним струмом можливе внаслідок прямого дотику до струмопровідних частин, які перебувають під напругою, непрямого дотику до конструктивних металевих елементів обладнання, що опинилися під напругою через пошкодження ізоляції, а також через виникнення крокової напруги або електричної дуги під час перемикань. Тяжкість наслідків дії струму на організм людини залежить від його сили, шляху проходження, тривалості дії та індивідуальних особливостей працівника.

Окрім суто електричних небезпек, технологічний процес реконструкції включає низку супутніх фізичних факторів. Зокрема, монтаж кабельних трас під стелею та встановлення світильників зумовлюють необхідність виконання робіт на висоті, що створює ризик падіння працівників, а також травмування людей

внизу через можливе падіння інструментів чи матеріалів. Використання ручного електрифікованого інструменту (перфораторів, штроборізів, кутових шліфувальних машин) супроводжується підвищеним рівнем шуму та локальної вібрації, що при тривалій дії негативно впливає на нервову та серцево-судинну системи монтажників.

Хімічні та пилові чинники також відіграють суттєву роль під час підготовки будівельних конструкцій до прокладки нових мереж. Руйнування цегляних чи бетонних стін для влаштування штроб призводить до значного виділення пилу, який за відсутності належних засобів захисту подразнює слизові оболонки та дихальні шляхи. Психофізіологічні фактори, такі як фізичне перенапруження через роботу в незручних позах (у стельових просторах, нішах) та нервово-психічне напруження, викликане високою відповідальністю за забезпечення безпеки оточуючих, додатково знижують працездатність та підвищують ризик помилок.

Для систематизації виявлених ризиків та планування превентивних заходів у таблиці 4.1 наведено класифікацію основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів за джерелами їх виникнення:

Таблиця 4.1 – Класифікація основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів за джерелами їх виникнення

Група факторів	Конкретні прояви фактора на об'єкті	Потенційні наслідки для здоров'я
1	2	3
Фізичні (електричні)	Прямий дотик до струмопровідних частин, замикання на корпус, виникнення електричної дуги.	Електричні удари, фібриляція серця, термічні опіки тіла, летальний випадок.
Фізичні (механічні)	Робота на висоті (драбини, риштування), падіння предметів, гострі кромки металоконструкцій.	Механічні травми, переломи, забиття, струс мозку при падінні з висоти.
Хімічні та пилові	Утворення силікатного та цементного пилу під час шротування та свердління стін.	Захворювання органів дихання (силікоз, бронхіт), подразнення слизових оболонок очей.

4.2 Організаційні та технічні заходи безпеки при виконанні будівельно-монтажних і пусконаладжувальних робіт

Мінімізація ризиків травматизму та забезпечення належного рівня охорони праці під час реконструкції ДНЗ «Журавлик» досягається шляхом суворого впровадження системи взаємопов'язаних технічних та організаційних заходів. Організаційне забезпечення робіт передбачає чітке розмежування обов'язків та регламентацію дій персоналу під час підготовки та безпосереднього виконання монтажу. Усі роботи в діючих електроустановках закладу проводяться виключно за нарядами-допусками або за письмовими розпорядженнями відповідальних осіб. Наряд-допуск визначає точне місце роботи, час її початку та закінчення, умови безпечного проведення, склад бригади та осіб, які є відповідальними за безпеку.

Обов'язковою організаційною вимогою є призначення відповідальних осіб, до яких належать: особа, що видає наряд; керівник робіт; допускаючий з числа оперативного персоналу; наглядач (за потреби роботи у специфічних зонах) та безпосередні виконавці. До монтажу допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли обов'язковий медичний огляд, мають спеціальну професійну освіту, пройшли навчання та перевірку знань Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС) і мають групу з електробезпеки не нижче III для виконавців та не нижче IV для керівників робіт.

Перед початком кожної зміни проводиться цільовий інструктаж безпосередньо на робочому місці, під час якого працівників ознайомлюють із конкретними особливостями схеми електропостачання дитячого садка, зонами, що залишаються під напругою, та безпечними шляхами пересування. З огляду на специфіку дитячого закладу, будівельний майданчик та місця заміни обладнання (наприклад, головного розподільного щита) відокремлюються суцільними захисними

огороженнями висотою не менше 1,2 метра для унеможливлення доступу сторонніх осіб, зокрема дітей.

Технічні заходи безпеки під час виконання робіт зі зняттям напруги реалізуються у чітко визначеній послідовності. Спочатку здійснюються необхідні вимкнення комутаційних апаратів для знеструмлення ділянки, де проводитиметься заміна кабелів чи щитів, а також вживаються заходи проти їх випадкового або самовільного увімкнення (блокування рукояток, від'єднання проводів). На приводах ручного та ключах дистанційного керування вивішуються заборонні плакати «Не вмикати! Працюють люди». Наступним критичним кроком є перевірка відсутності напруги на всіх фазах за допомогою попередньо перевіреного покажчика напруги. Безпосередньо після перевірки на відсутність напруги накладається переносне заземлення або вмикаються стаціонарні заземлювальні ножі, що захищає працівників від випадкової подачі напруги або від наведеного потенціалу. Робоче місце чітко обмежується, вивішуються вказівні та огорожувальні плакати.

Для безпечної експлуатації оновленої системи електропостачання проектом передбачено впровадження сучасних технічних засобів захисту. Основним захисним заходом від непрямого дотику є застосування системи заземлення типу TN-S (із повним розділенням нульового робочого N та нульового захисного PE провідників по всій мережі). Усі металеві корпуси щитів, технологічного обладнання харчоблоку, пральні та металеві кабельні лотки підлягають обов'язковому приєднанню до контуру захисного заземлення шляхом організації системи головного зрівнювання потенціалів. Для захисту від прямого дотику та витоків струму, які можуть призвести до пожежі чи ураження людини, на всіх групових лініях розеток у приміщеннях груп, харчоблоку та адмінчастини передбачено встановлення пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ або диференційних автоматичних вимикачів) зі струмом спрацьовування не більше 30 мА, а для приміщень з підвищеною вологістю — 10 мА.

4.3 Заходи з пожежної безпеки та алгоритми дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій в умовах дитячого навчального закладу

Забезпечення пожежної безпеки в ДНЗ «Журавлик» під час реконструкції та подальшої експлуатації електричних мереж має першорядне значення через обмежену здатність дітей самостійно приймати рішення та швидко евакуюватися у разі небезпеки. Проектні рішення щодо модернізації системи електропостачання жорстко підпорядковані вимогам Кодексу цивільного захисту України та Правил пожежної безпеки в Україні. Електрообладнання, що монтується, підбирається відповідно до класу пожежо- та вибухонебезпечності приміщень. Для загальних приміщень груп та коридорів захисне виконання обладнання (щитків, світильників, розеток) приймається на рівні не нижче IP20, а для складських приміщень, пральні та харчоблоку — не нижче IP44 або IP54 залежно від рівня вологості та запиленості.

Для мінімізації пожежної небезпеки, пов'язаної з можливим коротким замиканням або перевантаженням мереж, кабельна продукція обирається виключно з мідними жилами, які не поширюють горіння, мають низьке димо- та газовиділення (типу ВВГнг-LS або ВВГнг-FRLS для ліній протипожежного захисту та аварійного освітлення). Перерізи жил розраховуються з урахуванням допустимих струмових навантажень та перевіряються на втрату напруги і струми короткого замикання. Апарати захисту в розподільних щитах калібруються чітко під номінальні струми споживачів для забезпечення селективності та миттєвого знеструмлення пошкодженої ділянки мережі.

Організаційні заходи пожежної безпеки під час монтажу включають суворий контроль за використанням вогневих робіт (зварювання, паяння), які допускаються лише за наявності спеціального талона-дозволу та після очищення робочої зони від горючих матеріалів. Місця проведення таких робіт забезпечуються первинними засобами пожежогасіння — порошковими або вуглекислотними вогнегасниками типу ВП-5 чи ВВ-3, які є безпечними для гасіння електроустановок під напругою.

У рамках реконструкції обов'язково передбачається модернізація та інтеграція системи аварійного та евакуаційного освітлення. Світильники евакуаційного освітлення встановлюються над виходами з груп, уздовж коридорів та на сходових клітках, забезпечуючи чітку видимість маршрутів руху. Вони оснащуються вбудованими акумуляторними батареями, що гарантують автономну роботу протягом не менше 1–3 годин у разі повного знеструмлення закладу. Одночасно виконується підключення приладів автоматичної пожежної сигналізації та системи оповіщення про пожежу до гарантованої першої категорії надійності електропостачання через пристрої автоматичного увімкнення резерву (АВР).

Алгоритм дій персоналу ДНЗ у разі виникнення надзвичайних ситуацій (пожежа, аварія в мережі, стихійне лихо) базується на розробленому та затвердженому Плані евакуації, який графічно оновлюється з урахуванням нових елементів силової мережі. При виявленні ознак горіння, задимлення або специфічного запаху горілої ізоляції черговий персонал чи вихователі негайно задіюють ручні пожежні сповіщувачі, викликають службу порятунку за телефоном «101» та сповіщають керівництво закладу. Особа, відповідальна за електрогосподарство, або черговий персонал здійснює негайне аварійне відключення ввідного комутаційного апарата (рубильника чи автомата) у головному розподільному щиті (ГРЩ) для повного знеструмлення будівлі, що дозволяє безпечно застосовувати воду або інші засоби для локалізації вогню.

Основна увага під час надзвичайної ситуації приділяється негайній та впорядкованій евакуації дітей. Вихователі груп без паніки, використовуючи найближчі безпечні евакуаційні виходи, виводять вихованців у заздалегідь визначене безпечне місце (на майданчик або в сусідню будівлю) відповідно до схем евакуації, перевіряють присутність дітей за журналами обліку та організують надання першої медичної допомоги потерпілим до прибуття спеціальних служб. Усі проходи та під'їзди до будівлі дитячого садка і до пожежних гідрантів повинні залишатися постійно вільними від будівельних матеріалів чи техніки, що використовується під час реконструкції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У роботі розглянуто комплексний проєкт реконструкції системи електропостачання дошкільного навчального закладу «Журавлик», що знаходиться у селі Баворів. Загальне дослідження спрямоване на створення безпечної, надійної та енергоефективної мережі й охоплює такі ключові аспекти:

1. Проаналізовано сучасні вимоги до проєктування систем енергопостачання громадських будівель (зокрема дитячих садків), зосереджуючи увагу на безпеці експлуатації, безперебійній роботі інженерних систем та вимогах щодо використання пристроїв захисного відключення.

2. Виконано детальні обчислення потужності для різних режимів (денний і вечірній максимуми, аварійний режим) та обґрунтовано необхідність живлення закладу від наявної повітряної лінії з підключенням до трансформаторної підстанції потужністю 250 кВА.

3. Розроблено схеми реконструкції головного розподільного щита (ГРЩ), локальних розподільних пунктів, а також силових і освітлювальних мереж із забезпеченням рівномірного розподілу навантажень між фазами.

4. Обґрунтовано застосування надійних комутаційних апаратів (зокрема автоматичних вимикачів АВВ Tmax), пожежобезпечних кабелів із низьким димо- та газовиділенням (ВВГнг(А)-LS, АВББШв), а також енергоефективно - світлодіодного (LED) освітлення для внутрішніх приміщень і зовнішньої території.

5. Досліджено принцип роботи та розраховано параметри системи автоматичного резервного електропостачання (АВР) із додатковою інтеграцією пускового органу мінімальної напруги для підвищення надійності системи.

6. Виконано розрахунки струмів короткого замикання й допустимих втрат напруги, а також доведено фінансову доцільність модернізації з розрахунковим терміном окупності капіталовкладень у 3,7 року.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.

2. Андрійчук В. А. Аналіз конструктивних особливостей сучасних промислових світлодіодних світлових приладів / В. А. Андрійчук, С. Ю. Поталіцин, О. В. Кумчик // Materials 6th International Scientific Conference «Lighting and power engineering: history, problems and perspectives», 30 січня - 02 лютого 2018 року. – Т. : ФОП Паляниця В.А., 2018. – С. 19–21.

3. І. М. Дулик. Аналіз програмного забезпечення для спеціалізованого світлотехнічного розрахунку систем освітлення / І. М. Дулик, О. О. Іваніга, О. Я. Чайковський, Ярослав Михайлович Осадца // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 6-7 грудня 2023 року. – Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. – С. 264.

4. Філюк Я. О. Автономне живлення зовнішнього освітлення з використанням світлодіодних джерел світла / Ярослав Філюк, Вадим Коваль // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», 19–21 травня 2015 року – Т. : ТНТУ, 2015 – С. 191-192.

5. Коваль В. Автоматизація вимірювань рівня освітленості від світильників місцевого освітлення / В. Коваль, А. Федусь // Збірник тез доповідей XIV наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Матеріалознавство та машино-будування», 27-28 жовтня 2010 року – Т. : ТНТУ, 2010 – Том 2. – С. 62.

6. Коваль В. П. Енергоефективне динамічне освітлення довгих коридорів / Вадим Коваль // Materials 6th International Scientific Conference «Lighting and power engineering: history, problems and perspectives», 30 січня - 02 лютого 2018 року. – Т. : ФОП Паляниця В.А., 2018. – С. 30–31.

7. Бурмака В. О. Екологічні аспекти освітлення сходів багатоквартирних житлових будинків / В. О. Бурмака, М. Г. Тарасенко // Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти, м. Рівне, 21-22 травня 2020 року: у 2 ч. Ч. 1. - Рівне: НУВГП, 2020. - С. 14-16.

8. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5 – 28 – 2006 : Держбуд України : [Затв. 15.05.06: чинний з 1.10.2006.] – Київ. : Держ. комітет України з будівництва та архітектури, 2006. – 76 с.

9. Говоров П.П. Освітлювальні електричні системи та мережі / П.П. Говоров, В.О. Перепечений, В.П. Говоров // ХНАМГ. – Харків: 2009. – 227с.

10. Кадуріна А. О. Архітектурно-художні аспекти формування дитячих дошкільних закладів (на прикладі Одеси) : автореф. дис. канд. архітектури : 18.00.02 / Антоніна Олегівна Кадуріна; Київський національний ун-т будівництва і архітектури. – К., 2005. – 20 с.

11. Коваль Л. М. Дизайн & LED-технології : монографія / Л. М. Коваль. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2014. – 130 с.

12. Санітарний регламент для закладів загальної середньої освіти [Електронний ресурс] – [Цит. 2024, 05 червня https://moz.gov.ua/uploads/5/27593-dn_2205_25_09_2020_dod_1.pdf].

13. Вплив орієнтації світлопрозорої зовнішньої огорожувальної конструкції на енергетичний баланс приміщення / Віталій Бурмака, Микола Тарасенко, Катерина Козак, Віктор Хомишин // Вісник ТНТУ. – Т. : ТНТУ, 2019. – Том 94. – № 2. – С. 111 – 122.

14. Burmaka V. Economic and energy efficiency of artificial lighting control systems for stairwells of multistory residential buildings / Vitalii Burmaka, Mykola Tarasenko, Kateryna Kozak, Viktor Khomyshyn, Nataliia Sabat // Journal of Daylighting. – 2020. – Vol. 7. – Pp. 93-106. <http://dx.doi.org/10.15627/jd.2020.8>