

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та
робототехніки

Кафедра автоматичної, електроніки та телекомунікацій

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему «Удосконалення внутрішніх електромереж офісного
приміщення згідно стандартів ЄС»

Виконав: студент 2 курсу, групи 201-
пМЕ2 спеціальності 141

«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Філатов В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Фомін О. С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Галай В. М.

(прізвище та ініціали)

Полтава 2025

РЕФЕРАТ

Темою кваліфікаційної роботи є «Удосконалення внутрішніх електромереж офісного приміщення згідно стандартів ЄС»

Робота складається з пояснювальної записки, яка включає вступ, 3 розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Робота викладена на 53 сторінках, містить 14 таблиць, 6 рисунків, 1 додаток

Мета кваліфікаційної проєкту – розробка технічного рішення для удосконалення внутрішніх електромереж адміністративної офісної будівлі відповідно до стандартів ЄС.

У процесі проєктування були розв'язані наступні задачі:

- проведено аналіз стану існуючих електромереж;
- розраховано навантаження споживачів та обрано обладнання;
- розроблено проєкти освітлення, силового живлення, розеткових та слаботочних мереж;
- реалізовано схему резервного живлення та заземлення;
- сформовано організаційно-економічне обґрунтування.

Результатом є створення проєкту надійної, енергоефективної та безпечної електричної системи для офісної будівлі, яка відповідає сучасним нормативам.

Актуальність теми полягає у необхідності підвищення енергоефективності, забезпечення безпеки та цифрової модернізації інженерних систем в умовах сучасного офісного середовища.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: електропостачання, модернізація, офісна будівля, енергоефективність, ПЗВ, TN-S, освітлення, резервне живлення

ABSTRACT

The topic of the qualification work is "Improvement of internal electrical networks of an office building in accordance with EU standards"

The work consists of an explanatory note, which includes an introduction, 3 sections, conclusions, a list of sources used and appendices. The work is presented on 65 pages, contains 14 tables, 6 figures, 1 appendix

The purpose of the qualification project is to develop a technical solution for improving the internal electrical networks of an administrative office building in accordance with EU standards.

The following tasks were solved during the design process:

- an analysis of the state of existing power grids was carried out;
- consumer load is calculated and equipment is selected;
- lighting, power supply, socket and low-current network projects have been developed ;
- a backup power supply and grounding scheme has been implemented;
- organizational and economic justification has been formed.

The result is the creation of a design for a reliable, energy-efficient, and safe electrical system for an office building that meets modern standards.


The relevance of the topic lies in the need to increase energy efficiency, ensure security, and digitally modernize engineering systems in a modern office environment.

KEYWORDS: power supply, modernization, office building, energy efficiency, RCD, TN-S, lighting, backup power.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та
робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автоматки,
електроніки та телекомунікацій**


О.В. Шефер
«01» квітня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРУ СТУДЕНТУ**

Філатову Валентину Вікторовичу

1. Тема роботи «Удосконалення внутрішніх електромереж офісного приміщення згідно стандартів ЄС»
керівник роботи Фомін Олександр Сергійович, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від 03.03.2025 року
№ 306/1-ра.
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.06.2025 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Документація на електрообладнання офісного приміщення. Документація на офісні прилади, що використовуються в приміщенні. Номінальна напруга 220В, частота 50 Гц.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Загальні відомості про об'єкт будівництва, та визначення об'ємів робіт. Постановка задач на кваліфікаційну роботу. Підбір електрообладнання та матеріалів на основі прийнятих технологічних рішень. Розрахунок електричних навантажень приміщення. Підключення систем вентиляції та опалення. Проектування ввідно-розподільчого пристрою будівлі. Розрахунок інвертора та акумуляторів для резервного живлення.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) актуальність, мета та задачі розроблення;
 - 2) структурна схема електропостачання приміщення;
 - 3) схема приміщення з розміщенням приладів;
 - 4) план системи живлення опалення;
 - 5) план системи живлення вентиляції;
 - 6) схема ввідно-розподільчого пристрою;
 - 7) висновки.
6. Дата видачі завдання 01.04.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів роботи			Примітки (плакати)
		Дата	Категорія	Відсоток	
1	Збір загальних відомостей про об'єкт аналізу та визначення об'ємів робіт. Постановка задач на кваліфікаційну роботу	22.04.25	I	20%	Пл. 1
2	Підбір електрообладнання та матеріалів на основі прийнятих технологічних рішень та вимог стандартів ЄС.	08.05.25		40%	Пл. 2,3
3	Розрахунок електричних навантажень приміщення	22.05.25	II	60%	Пл. 4,5
4	Розробка мереж живлення опалення та вентиляції. Проектування вводно-розподільчого пристрою приміщення.	30.05.25		80 %	Пл. 6
5	Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра	10.06.25	III	100%	Пл. 7

Студент


(підпис)

Філатов В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Фомін О.С.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ СТАНУ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ ОФІСНОГО ПРИМІЩЕННЯ	10
1.1 Загальні відомості про об'єкт проєктування	10
1.2 Постановка задач на кваліфікаційну роботу	12
1.3 Вихідні дані та обґрунтування потреби модернізації.....	14
1.3.1 Вихідні дані для проєктування	14
1.3.2 Причини модернізації та аналіз проблем існуючої системи	15
1.3.3 Очікувані результати модернізації.....	17
1.4 Аналіз документації обладнання	18
1.4.1 Перелік електрообладнання	18
1.4.2 Виявлені проблеми обладнання.....	18
1.4.3 Аналіз технічної документації.....	19
1.4.4 Необхідність оновлення	19
1.5 Функціональне групування електроспоживачів	20
1.5.1 Основні групи електроспоживачів	20
1.5.2 Розподіл по приміщеннях.....	22
1.6 Висновки до розділу 1	23
2 ПРОЄКТНЕ УДОСКОНАЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ.....	24
2.1 Підбір електрообладнання та матеріалів	24
2.1.1 Загальні принципи вибору обладнання	24
2.1.2 Кабельно-провідникова продукція.....	24
2.1.3 Розподільчі щити.....	25
2.1.4 Автоматичні вимикачі та захисні пристрої	26
2.1.5 Освітлювальне обладнання	26
2.1.6 Розетки, вимикачі, фурнітура	28
2.1.7 Обладнання для силових груп (вентиляція, опалення)	29
2.1.8 Обладнання для серверної та ІТ-обладнання	29
2.1.9 Заземлення і захист від перенапруг.....	29
2.1.10 Інші матеріали та допоміжне обладнання	30
2.2 Розрахунок електричних навантажень офісного приміщення	30
2.3 Проєктування системи освітлення та розеткових мереж.....	33
2.3.1 Проєктування системи освітлення	33
2.3.2 Структура розеткових груп	34
2.4 Силове електропостачання вентиляції та опалення	36
2.4.1 Підключення припливно-витяжної вентиляції	37

2.4.2 Електричне опалення	38
2.4.3 Щит силових споживачів (ЩСС)	39
2.4.4 Дотримання нормативних вимог	39
2.4.5 Висновок до підрозділу	40
2.5 Проектування ввідно-розподільчого пристрою (ВРП)	41
2.5.1 Вихідні дані для проектування ВРП	41
2.5.2 Загальна структура ВРП	41
2.5.3 Вибір ввідного обладнання	42
2.5.4 Захист від перенапруг (SPD)	42
2.5.5 Вихідні лінії з ВРП	42
2.5.6 Шини N та PE (система TN-S)	43
2.5.7 Вимоги до монтажу ВРП	43
2.6 Розробка системи аварійного та резервного електроживлення	44
2.6.1 Загальні вимоги до резервного електроживлення	44
2.6.2 Перелік навантажень, що живляться від резерву	46
2.6.3 Монтаж та підключення	47
2.7 Висновки до розділу 2	48
3 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	49
3.1 Загальні положення	49
3.2 Структура витрат на реалізацію проекту	49
3.3 Очікувана економія	50
ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52
ДОДАТКИ	54

ВСТУП

Сучасне офісне середовище постає як комплексна інженерно-технічна система, яка вимагає безперебійного, захищеного та енергоощадного електрозабезпечення. З поширенням цифрових технологій, збільшенням кількості електронного обладнання та зростанням вимог до якості електроенергії виникає потреба у вдосконаленні внутрішніх електромереж відповідно до сучасних норм.

Метою даного проекту є удосконалення внутрішніх електромереж офісного приміщення, яка відповідатиме стандартам Європейського союзу. Це включає розгляд та оцінку нинішнього стану електромереж, з'ясування найкращих рішень для збільшення ефективності й надійності електропостачання, розробку технічних вимог та підбір необхідного обладнання.

Об'єктом дослідження є процеси проектування, модернізації та оптимізації електромереж офісного приміщення відповідно до стандартів ЄС.

Предметом дослідження є система енергопостачання офісної будівлі. Ця система включає в себе: джерело живлення, ввідно-розподільчий пристрій, розподільчі мережі(кабельні лінії, щитки), захисну та автоматичну апаратуру.

Для реалізації поставленої задачі в проекті будуть застосовані передові технології та матеріали. Вони відповідають найвищим стандартам якості й гарантують безпеку. Також забезпечують повну відповідність усім чинним нормам і вимогам. Особливу увагу приділено рекомендаціям щодо енергозбереження та екологічності.

Завдання дослідження охоплюють:

- Вивчення нормативних актів та вимог ЄС, що стосуються ефективності електромереж, і впровадження їх у даний проект.
- Здійснення аналізу наявної системи електропостачання офісного приміщення та виявлення її недоліків з точки зору енергоефективності, надійності та відповідності сучасним стандартам.

– Розробка системи електропостачання для підвищення ефективності, надійності та забезпечення енергозбереження внутрішніх електромереж.

Реалізація даного проєкту модернізації внутрішніх електромереж офісного приміщення не просто поліпшить енергоефективність і стабільність системи електропостачання, а й забезпечить відповідність актуальним нормам безпеки, екологічності та сталого розвитку, враховуючи стандарти Європейського Союзу.

У ході дослідження застосовувалися методи аналізу інженерних процесів, електротехнічного моделювання, порівняння нормативних актів, створення моделей електричних навантажень, а також сучасне графічне проєктування із використанням спеціалізованих програмних продуктів.

Отже, проєкт удосконалення внутрішніх електромереж офісного приміщення спрямований на створення ефективної, надійної та енергоефективної системи електропостачання, яка відповідає сучасним вимогам та стандартам ЄС та має на меті забезпечити комфортні умови роботи для працівників.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ ОФІСНОГО ПРИМІЩЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт проєктування

Об'єктом проєктування є двоповерхова адміністративна будівля офісного призначення. Споруда відноситься до категорії будівель змішаного типу з переважним використанням під офісні приміщення. У зв'язку з розширенням чисельності персоналу, збільшенням кількості обладнання та інтеграцією сучасних цифрових технологій, виникла необхідність удосконалення внутрішніх електричних мереж відповідно до чинних норм і стандартів Європейського Союзу.

Будівля має прямокутну конфігурацію в плані, з розмірами 24×16 метрів. Загальна площа становить 900 м^2 , з яких 460 м^2 припадає на перший поверх, а 440 м^2 – на другий. Несучі конструкції виконані з монолітного залізобетону, внутрішні перегородки – з цегли. Вікна виготовлені з металопластикового профілю з двокамерним склопакетом. Зовнішнє утеплення реалізовано за допомогою навісної вентиляованої фасадної (НВФ) системи, що забезпечує ефективне зниження тепловтрат у зимовий період і покращення мікроклімату влітку за рахунок зменшення перегріву.

Висота першого поверху у коридорі становить 3,2 м. У офісних приміщеннях 3 м. На другому поверсі висота у приміщеннях 3,1 м, найбільша висота у коридорі 3,3 м.

Призначення приміщень

Перший поверх містить:

- центральний вхід і вестибюль;
- кімнату охорони;
- дві конференц-зали;
- офісні приміщення для працівників;
- кімнату серверного обладнання;

- санвузли та технічні приміщення.

Другий поверх включає:

- 6 окремих кабінетів для керівників та відділів;
- кухню-їдальню;
- кімнату для переговорів;
- технічне приміщення для систем вентиляції та кондиціонування;
- санвузли.

У кожному кабінеті планується розміщення персональних комп'ютерів, офісної техніки (принтери, сканери, мультифункціональні пристрої), освітлювального обладнання, розеткових груп для додаткового освітлення або підключення другорядних пристроїв.

Стан існуючих електромереж

На момент проєктування внутрішні електромережі будівлі частково застарілі й не відповідають сучасним вимогам щодо:

- енергоспоживання (перевантаження ліній у пікові години);
- енергетичної безпеки (відсутність аварійного резерву живлення та захисту від перенапруги);
- ергономіки розміщення офісних приладів;
- норм ЄС (невиконання сучасних вимог щодо селективного захисту, обліку споживання, енергоефективності та пожежної безпеки).

Також відсутні інженерні рішення щодо інтеграції з системами опалення, вентиляції та автоматизованого керування енергоспоживанням.

Електротехнічні характеристики

Номінальна напруга – 220 В, частота мережі – 50 Гц. Джерело живлення – електрична мережа міста, підключення здійснюється через ввідний пристрій, розміщений у щитовій на першому поверсі. Система електропостачання – трифазна (з однофазними споживачами), із заземленням за схемою TN-S.

Очікуване сумарне навантаження об'єкта складає приблизно 25–30 кВт з урахуванням систем вентиляції, опалення, освітлення та офісного обладнання.

Передбачається розділення споживачів на групи: загальне освітлення, розеткові мережі, офісне обладнання, система безпеки, вентиляція та опалення.

Особливості модернізації

Проект передбачає:

- повну заміну внутрішніх силових і розеткових мереж;
- встановлення сучасних щитів із автоматичними вимикачами з селективним захистом;
- встановлення сучасних світильників з інтелектуальним управлінням;
- підключення оновлених систем опалення й вентиляції;
- впровадження автоматизованого обліку електроенергії;
- монтаж слаботочних систем для серверної та мережевої інфраструктури
- встановлення акумуляторної системи живлення з автономним інвертором

Мета проєкту – створення сучасної, надійної, енергоефективної й безпечної електричної системи, яка відповідатиме європейським вимогам і забезпечуватиме стабільну роботу офісу з мінімальними витратами на енергію та простим технічним обслуговуванням у майбутньому.

1.2 Постановка задач на кваліфікаційну роботу

На основі аналізу технічного стану офісного приміщення, оцінки електроспоживачів та виявлення ступеня застарілості електрообладнання, а також з урахуванням сучасних вимог до електромереж офісних будівель, визначено ключові завдання, що мають бути вирішені в рамках даної кваліфікаційної роботи.

Ці задачі охоплюють як технічну складову (проектування, розрахунки, вибір обладнання), так і організаційно-проектну (структурування мережі, відповідність нормам, оптимізація системи для подальшої експлуатації).

Метою даної роботи є створення оптимального технічного рішення для удосконалення внутрішніх електромереж офісної будівлі. Рішення формується з урахуванням останніх нормативних вимог і європейських стандартів, що дозволить досягти:

- високої енергоефективності;
- безпечної та стабільної експлуатації системи;
- надійності електропостачання;
- гнучкості для подальшої модернізації чи масштабування офісної інфраструктури.

Загальна постановка задач

На основі проведених досліджень і аналізу вихідних даних було сформовано наступні **ключові задачі**, які мають бути вирішені в межах даного дипломного проєкту:

1. Аналітико-підготовчі задачі

- Збір та узагальнення технічних даних про будівлю;
- Аналіз існуючого електрообладнання та визначення обсягів модернізації;
- Функціональне групування електроспоживачів;
- Урахування вже оновлених елементів системи (TN-S, вентиляція).

2. Розрахунковий етап

- Визначення розрахункових навантажень по групах споживачів;
- Урахування коефіцієнтів використання та одночасності;
- Розрахунок сумарного навантаження будівлі для підбору ВРП та кабельних ліній.

3. Технічні задачі

- Підбір сучасного електрообладнання відповідно до нормативів;
- Проєктування силових та розеткових мереж;
- Розробка схем живлення освітлення, вентиляції, опалення та ІТ-зон;
- Формування схеми ввідно-розподільчого пристрою.

4. Забезпечення електробезпеки та відповідності нормам

- Реалізація системи захисту (ПЗВ, автоматичні вимикачі);

- Дотримання стандартів ПУЕ, ДБН, та європейських норм у частині безпеки та енергоефективності;
- Врахування особливостей підключення критичних споживачів (серверна, система вентиляції тощо).

5. Оформлення проєктної документації

- Розробка графічної частини: схеми електропостачання, плани, ВРП;
- Складання пояснювальної записки з розрахунками, висновками та рекомендаціями;
- Узагальнення результатів роботи.

1.3 Вихідні дані та обґрунтування потреби модернізації

В нашому проєкті удосконалення внутрішніх електромереж офісної будівлі спочатку аналізуємо стан поточних технічних приміщень, характеристик існуючого електрообладнання та реальних потреб користувачів. Першим етапом у процесі створення технічного завдання є визначення початкових даних, що дає змогу точно розрахувати електричне навантаження, визначити вимоги до нового обладнання, узгодити проєкт із чинними нормативами та детально окреслити обсяг робіт.

1.3.1 Вихідні дані для проєктування

1. Основні характеристики об'єкта

- Тип споруди: адміністративна будівля, два поверхи;
- Загальна площа: орієнтовно 900 квадратних метрів;
- Робоча напруга: 220 вольт;
- Частота електромережі: 50 герц;
- Кількість електроспоживачів: до 50 ПК, окрема серверна, освітлення, офісне обладнання, системи вентиляції та обігріву;
- Прогнозоване сумарне енергоспоживання: у межах 25–30 кіловат.

2. Технічна база та наявне устаткування

- Архітектурні плани з розташуванням усіх приміщень;
- Існуючі креслення електричних мереж, як силових, так і освітлювальних;
- Перелік офісної електроніки (комп'ютерна техніка, принтери, маршрутизатори, тощо);
- Технічна документація на оновлені системи опалення та вентиляції;
- Інформація про наявні електрощити, автоматичні вимикачі та розподільчі пристрої.

3. Нормативні документи та стандарти

- ДБН В.2.5-23:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення
- ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення
- ПУЕ (Правила улаштування електроустановок), 2017;
- EN 50174, EN 60204-1, IEC 60364 (стандарти ЄС з електробезпеки, проектування та експлуатації електромереж);
- ISO/IEC 14543, ISO 50001 (енергетичний менеджмент і smart-технології).
- ДСТУ Б В.2.5-82:2016 "Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом"

1.3.2 Причини модернізації та аналіз проблем існуючої системи

При аналізі технічного стану наявних електромереж було виявлено низку недоліків, які свідчать про необхідність удосконалення внутрішніх систем електропостачання:

1. Невідповідність навантажень проектним показникам

Спочатку будівля виконувала функцію адміністративно-господарського призначення, що обмежувалося невеликим рівнем енергоспоживання до 10 кВт. Згодом її функціональність розширилася, що призвело до збільшення кількості

енергоємного обладнання, серед якого з'явилися комп'ютери, сервери, принтери, елементи мережевої інфраструктури, а також системи спостереження і безпеки. Водночас було модернізовано системи опалення та вентиляції. Всі ці зміни стали причиною перевантаження електричних мереж, нагрівання кабелів понад допустимі температури, а також частих спрацювань автоматичних вимикачів.

2. Застарілість обладнання

Довготривалий термін експлуатації понад 15 років призвів до того, що обладнання більше не відповідає сучасним вимогам та стандартам. Серед основних проблем можна виділити такі (див. рис. 1.1):

1. відсутність можливості селективного захисту;
2. використання морально застарілих автоматичних вимикачів;
3. обмежена кількість модулів, які можна використовувати для підключення нових ліній;
4. підвищений ризик коротких замикань у випадках аварійних режимів.
5. застарілість освітлення: використання традиційних джерел світла без сучасних регульовальних можливостей призводить до нерівномірного розподілу освітлення, високих витрат електроенергії та зниження якості світлового середовища.



Рисунок 1.1 – Наявне застаріле обладнання

3. Відсутність зонального або диференційованого обліку

- Сучасні стандарти передбачають використання обладнання, яке забезпечує:
 - зональний контроль споживання електроенергії;
 - групове розділення навантаження відповідно до їх функціонального призначення (освітлення, електричні розетки, ІТ-обладнання, системи опалення та вентиляції);
 - моніторинг і аналіз використання енергії з метою подальшого зниження витрат.
 - Наявність лише одного лічильника в існуючій системі значно обмежує можливості ефективного управління енергоспоживанням.

4. Порушення правил безпечної експлуатації:

- У деяких приміщеннях на одну електричну лінію припадає надмірна кількість навантаження, що досягає до 20 розеток.
- Потужне обладнання нерідко підключається через подовжувачі, що створює додаткові ризики.
- Система заземлення залишається застарілою та відповідає стандарту TN-C, тоді як сучасні вимоги передбачають використання TN-S.
- В розеткових мережах відсутні пристрої захисного вимкнення (ПЗВ), що є порушенням норм безпеки для користувачів.

1.3.3 Очікувані результати модернізації

Під час модернізації очікуються наступні результати:

- Підвищення надійності електропостачання, що виразиться у зниженні аварійності та продовженні експлуатаційного ресурсу мережі.
- Забезпечення енергоефективності завдяки використанню LED-освітлення, впровадженню зонального керування та сучасних автоматизованих систем контролю.

- Скорочення витрат на обслуговування внаслідок зменшення кількості аварійних викликів і оперативного діагностування неполадок.
- Відповідність міжнародним стандартам, що відкриє перспективи перетворення приміщення на сучасний бізнес-центр.

1.4 Аналіз документації обладнання

1.4.1 Перелік електрообладнання

В результаті огляду виявлено, що більшість обладнання, яке використовуються в офісній будівлі, є застарілими. Зокрема це:

- Комп'ютери – 10–15-річні системні блоки з енергоспоживанням понад 300 Вт на одиницю, які не мають енергоощадних режимів;
- Освітлення – люмінесцентні світильники типу ЛПО з лампами потужністю 36–58 Вт, низьким ККД і частими поломками ПРА;
- Побутова техніка – стара, неекономічна, без автоматичних засобів керування споживанням;
- Системи опалення та вентиляції – прості електричні конвектори, але систему вентиляції оновили і встановили припливно-витяжну систему.
- Щитові пристрої – зібрані з використанням автоматів радянського або раннього українського виробництва, без ПЗВ, без селективного захисту.

1.4.2 Виявлені проблеми обладнання

Провівши аналіз обладнання знайшли такі недоліки:

1. Пристрої підключаються через подовжувачі, що позбавлені окремого захисту.
2. Під час пікових навантажень лінії часто перегріваються через перевищення навантаження.

3. Система заземлення оновлена, типу TN-S, яка на даний час є найкращим вибором
4. Відсутність диференційного захисту, ПЗВ, створює додаткові ризики для безпеки.
5. Освітлення має низьку енергоефективність, що призводить до високих витрат електроенергії та незадовільної якості світлового середовища.
6. Регулярно фіксуються відмови обладнання, що свідчить про нестабільність системи.

1.4.3 Аналіз технічної документації

Документація наявного електрообладнання в основному:

- відсутня або втрачена (більшість пристроїв встановлені понад 10 років тому);
- не відповідає реальному стану речей (у кресленнях — одне, фактично – інше);
- не містить паспортних даних про навантаження, допустимі струми, типи підключення;
- не передбачає поділ на функціональні групи споживачів (все підключено хаотично – світло, розетки, техніка на одних лініях).

1.4.4 Необхідність оновлення

Оскільки нинішнє обладнання знаходиться у критичному стані, будемо робити повну заміну на нове. Вивчивши документацію, перелік обладнання потрібно зробити наступні оновлення (див. табл. 1.1):

Таблиця 1.1 – Перелік оновлення обладнання

Категорія обладнання	Застаріла техніка	Запланована заміна
ПК	ПК 2010-х років, ≥ 300 Вт	Енергоощадні моделі ≤ 200 Вт
Освітлення	Люмінесцентні лампи	LED світильники з автоматичним керуванням
Щити	Застарілі автомати, відсутність ПЗВ	Сучасні модульні щити з захистом та обліком
Опалення	Змішане(міське і конвекційне)	Змішане(міське і енергоефективні конвектори з терморегуляцією)

1.5 Функціональне групування електроспоживачів

Для досягнення ефективної модернізації внутрішніх електромереж спочатку необхідно провести систематичну класифікацію та розподіл електроспоживачів за їх функціональними характеристиками. Такий підхід дозволяє не лише встановити логічну структуру мережі, але й попередити перевантаження окремих ділянок, впровадити селективний захист, а також спростити технічне обслуговування й локалізацію неполадок. Крім того, це створює основу для гнучкого зонального обліку та оптимізації управління навантаженням.

З урахуванням призначення приміщень та видів планованого обладнання, електроспоживачі офісної будівлі було згруповано за такими критеріями: функція, важливість, енергоспоживання, режим роботи.

1.5.1 Основні групи електроспоживачів

1. Освітлення

- LED-світильники стельові (вбудовані);

- світильники аварійного освітлення (на випадок відключення живлення);
- світильники у технічних приміщеннях (серверна, вентиляційна тощо).

Особливості: відносно низьке споживання; важливість стабільної роботи; можливість автоматизації (датчики руху, таймери).

2. Розеткові групи

- Розетки для підключення ПК, моніторів, зарядних пристроїв;
- Розетки для підключення дрібної офісної техніки (принтери, сканери);
- Розетки для зарядки мобільних пристроїв у загальних зонах.

Особливості: велика кількість точок; імпульсні блоки живлення; потреба в надійному захисті від перенапруги.

3. Силові групи

- Електроопалення (інфрачервоні панелі, електричні обігрівачі);
- Вентиляційні установки (припливно-витяжна система з рекуперацією);
- Побутові електроприлади на кухні (мікрохвильова піч, чайник, холодильник, кавомашина);
- Джерела безперебійного живлення (живлять ІТ-групу).

Особливості: підвищене споживання, пускові струми, потреба в окремих лініях і автоматиці з високим номіналом.

4. Серверна та ІТ-обладнання

- Сервер, маршрутизатори, комутатори, джерела безперебійного живлення (UPS), система відеоспостереження.

Особливості: критичні до якості живлення, мають бути підключені до стабільного джерела з резервуванням, захищені ПЗВ, мають працювати безперервно 24/7.

5. Слаботочні системи

- Система відеоспостереження (камери);

- Охоронна сигналізація (датчики руху, контролери);
- Система контролю доступу (зчитувачі, електромеханічні замки);
- Системи інтернет-мереж (точки доступу, кабельні маршрутизатори).

Особливості: низьке споживання, проте потребують постійного живлення; часто об'єднуються в окрему лінію або захищаються через UPS.

1.5.2 Розподіл по приміщеннях

Функціональні групи розташовуються нерівномірно залежно від призначення кімнат (див. табл. 1.2):

Таблиця 1.2 – Розміщення електроспоживачів по зонах офісної будівлі відповідно до їх призначення

Приміщення	Основні групи навантажень
Офісні приміщення (1 поверх)	Освітлення, розетки, опалення
Конференц-зали	Освітлення, розетки, ІТ-обладнання
Кабінети керівників і робітників (2 пов.)	Освітлення, розетки, ПК
Серверна	ІТ-обладнання, UPS, охорона
Кухня	Силові споживачі (чайник, мікрохвильова піч), розетки
Технічні приміщення	Вентиляція, освітлення, охоронна сигналізація

Примітка: групування за функціоналом дозволяє оптимально розподілити навантаження між лініями, організувати логічну структуру електропостачання та забезпечити безперебійну роботу критичних споживачів.

1.6 Висновки до розділу 1

У результаті проведеного аналізу встановлено, що існуюча система електропостачання офісної будівлі перебуває у незадовільному технічному стані та не відповідає сучасним вимогам енергоефективності, безпеки та нормативам ЄС.

Основними виявленими проблемами є:

застарілість електрообладнання, що експлуатується понад 15 років без капітального оновлення;

перевантаження ліній, особливо у пікові години, що призводить до частих аварійних ситуацій;

відсутність селективного захисту та пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ), що створює потенційну небезпеку для користувачів;

неефективна структура мереж, з хаотичним підключенням споживачів без функціонального групування;

використання енерговитратного освітлення та обладнання, що призводить до зайвих витрат на електроенергію;

недостатній облік споживання, який унеможливорює оптимізацію використання електроенергії.

Також виявлено, що поточна система заземлення в процесі модернізації була частково оновлена до типу TN-S, що є позитивним моментом і основою для подальшого вдосконалення мережі.

Загалом, результати аналізу підтверджують необхідність повної модернізації внутрішньої системи електропостачання з впровадженням сучасного обладнання, автоматизованого керування, енергоефективних технологій та резервного живлення. Це дозволить підвищити надійність, безпеку, економічність та відповідність інженерної системи актуальним нормам і вимогам Європейського Союзу.

2 ПРОЄКТНЕ УДОСКОНАЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ

2.1 Підбір електрообладнання та матеріалів

Раціональний вибір електротехнічного обладнання та матеріалів є критично важливою частиною проекту модернізації електромереж, адже від нього залежить не лише ефективність і надійність системи, а й її відповідність чинним нормам ПУЕ, ДБН та стандартам ЄС. При підборі враховано функціональне зонування, потужності споживачів, вимоги до захисту, а також необхідність майбутнього розширення або автоматизації.

2.1.1 Загальні принципи вибору обладнання

Під час підбору враховано:

- функціональне призначення ліній (освітлення, розетки, силові навантаження);
- категорію споживачів (стандартні, критичні, з резервуванням);
- умови монтажу (прихована проводка, протипожежні вимоги);
- наявність заземлення TN-S;
- потребу у селективності захисту.

Також дотримано рекомендацій стандартів ІЕС 60364, EN 61439, а також національних ДБН В.2.5-28:2018 і ПУЕ.

2.1.2 Кабельно-провідникова продукція

Для живлення основних груп споживачів обрано мідні кабелі з ізоляцією НГ-LS (низьке димовиділення, без галогенів), що відповідає європейським вимогам пожежної безпеки(див. табл. 2.1):

Таблиця 2.1 – Вибір провідників

Призначення лінії	Марка кабелю	Переріз, мм ²	Прокладка
Освітлення	ВВГнг-LS 3×1.5	1.5	у гофротрубі в штробі
Розеткові групи	ВВГнг-LS 3×2.5	2.5	під штукатуркою
Вентиляція (4 кВт)	ВВГнг-LS 3×6	6.0	у кабель-каналі
Опалення (до 9 кВт)	ВВГнг-LS 3×10	10.0	відкрито, у металорукаві
Серверна	ВВГнг-LS 3×4	4.0	у коробі з UPS
Ввідна лінія	АВВГ 5×50	50	у трубі ПВХ

Кабель ВВГнг-LS являє собою силову жилу, виготовлену з міді. Ізоляційний матеріал ПВХ складу має знижений рівень горючості і низький рівень димо- і газовиділення. Застосування ВВГнг-LS знайшло своє застосування в установці в різних приміщеннях [5].

2.1.3 Розподільчі щити

Проект передбачає встановлення:

- головного ВРП (ввідно-розподільчий пристрій) – розміщений у технічному приміщенні на першому поверсі;
- окремих щитків для: освітлення; розеткових мереж;
- силових споживачів (опалення, вентиляція);

Обрано такі розподільчі щити:

- Ввідно-розподільчий пристрій ВРПнж-250А;
- Щиток освітлення HAGER на 24 автомати;
- Силовий щиток E-NEXT ЯРП-100;
- Слабкострумний щит HAGER.

2.1.4 Автоматичні вимикачі та захисні пристрої

Захист мереж забезпечують (див. табл. 2.2):

- Автоматичні вимикачі (ВА) для захисту від перевантаження й короткого замикання;
- ПЗВ/УЗО (30 мА) - обов'язково для всіх розеткових груп і вологих приміщень;
- ПЗВ (10 мА) – для серверної та ІТ-груп;
- Диференційні автомати (дифавтомати) – для побутової техніки та кухні;
- Обмежувачі перенапруг – на вводі в будівлю.

Таблиця 2.2 – Автоматичні вимикачі та захисні пристрої

Призначення лінії	Тип автомата	Номинал, А	Характеристика	Кількість
Освітлення	АВ	10	С	8
Розетки	Диф.автом	16	С	12
Кухня	Диф.автом.	25	С	4
Опалення	АВ	32	С	6
Вентиляція	АВ	25	С	2
Серверна	ПЗВ	16	В	1
Ввідна лінія	АВ	50	С	1
Обмежувачі	Т1+Т2	-	-	1

2.1.5 Освітлювальне обладнання

Застосовується енергоефективне LED-освітлення.

Обрано світильники типу:

- EVROLIGHT ОПАЛ-В 36 Вт світлодіодна панель (див. рис. 2.1), 600×600 мм – для офісних приміщень кабінетів;

– Євросвітло 18 Вт квадрат LED-SS-225-18(див.рис.2.2) – для коридорів і санвузлів;

– Аварійні LED-світильники з акумулятором – у зонах евакуації;

Передбачено можливість автоматичного керування освітленням за допомогою датчиків руху в коридорах.

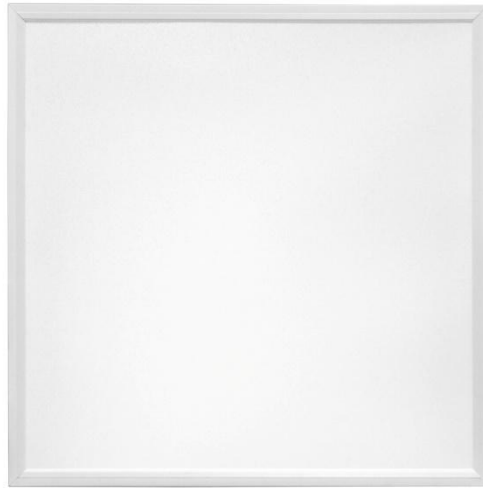


Рисунок 2.1 – Світлодіодна панель для освітлення кабінетів і офісних приміщень



Рисунок 2.2 – Світлодіодний світильник накладний в коридор, санвузли, тех. приміщення

2.1.6 Розетки, вимикачі, фурнітура

Розетки та вимикачі обрано із серії Schneider Electric Unica.

Подвійні або потрійні розетки із заземленням, у кожному робочому місці;

Вологозахищені розетки IP44 – для кухні;

Двоклавішні та одноклавішні вимикачі – у залежності від зони освітлення;

Дистанційні кнопки аварійного вимкнення – у технічних зонах.

Підключення розеток

Вибір кабелю

Для стандартної розеткової групи використовується кабель ВВГнг-LS 3×2.5 мм²;

Якщо навантаження більше 3,5 кВт (наприклад, у кухні чи серверній), беремо 3×4 мм².

Схема прокладки

У гофротрубі або кабель-каналі приховано;

Кабель йде від щитка до першої розетки і далі послідовно (шлейфом) або зіркою (рідше);

Шлейф: простіше, дешевше, але при пошкодженні кабелю – вся група знеструмлена;

Зірка: дорожче, але забезпечує стабільність і локалізацію проблем.

Заземлення

Обов'язково підключається РЕ-провідник до кожної розетки;

Заземлювальний контакт має фізично з'єднуватися з контуром TN-S;

В жодному разі не допускається об'єднання N і PE!

2.1.7 Обладнання для силових груп (вентиляція, опалення)

Вентиляція

Припливно-витяжна система з рекуперацією тепла — це тип вентиляційної системи, що використовується для ефективного обміну повітря в приміщенні з одночасним збереженням енергії. Ця система складається з двох основних частин: припливної та витяжної. Припливна частина забезпечує подачу свіжого зовнішнього повітря в приміщення, тоді як витяжна частина видаляє з приміщення вживане повітря [4].

Припливно-витяжна установка з рекуперацією має паспортну потужність 3,6 кВт. Підключення здійснюється окремою лінією через автомат 25 А, з можливістю підключення до системи автоматичного керування.

Опалення

Використовуються електричні інфрачервоні панелі потужністю 1,5 кВт – 6 одиниць. Підключення здійснюється трьома окремими групами по 2 панелі (номінал автоматів – 20 А).

2.1.8 Обладнання для серверної та ІТ-обладнання

ДБЖ типу APC Smart-UPS 1500VA — 2 шт.

ПЗВ 10 мА — для підвищеного захисту.

Кабельні системи для слаботочних ліній — UTP cat.6 + екранізований FTP для запобігання завадам.

Стабілізатори напруги — при необхідності, для захисту критичних приладів.

2.1.9 Заземлення і захист від перенапруг

Оскільки в будівлі вже реалізована система заземлення типу TN-S, передбачається:

- Підключення РЕ-провідника до всіх розеток, щитів і корпусів обладнання;
- Встановлення загального головного заземлювального провідника (ГЗП) у ВРП;
- Використання обмежувачів перенапруг класу Т1+Т2 на вводі;
- Дотримання вимог розділу 1.7 ПУЕ та пунктів 6.5–6.8 ДБН В.2.5-23:2010.

2.1.10 Інші матеріали та допоміжне обладнання

- Гофротруби, коробки, кабель-канали (ПВХ, самозагасаючі);
- Клемні колодки, DIN-рейки;
- Маркування для кабелів і автоматів;
- Стяжки, кріплення, хомути.

2.2 Розрахунок електричних навантажень офісного приміщення

На підставі технічної документації та усереднених паспортних даних обладнання, визначено такі розрахункові потужності (див. табл. 2.3):

Таблиця 2.3 – Розрахункові навантаження

№	Група споживачів	Кількість пристроїв	Потужність 1 пристрою, Вт	Сумарна потужність, кВт
1	Освітлення (LED)	147	36 Вт, 18 Вт	4,1
2	Освітлення аварійне	10	5	0,05
3	ПК з моніторами	40	200	8,0
4	Принтери, МФУ	8	400	3,2
5	Серверна (сервер + маршрутизатори + UPS)	1 комплект	1200	1,2
6	Побутова техніка (кухня)	-	-	3,2
7	Вентиляційна установка	1	6600	6,6
8	Електроопалення (панелі)	6	1500	9
9	Слаботочне обладнання	-	-	0,5
	Разом (без коеф.)			35,85 кВт

Для обґрунтованого визначення розрахункової потужності враховано:

Коефіцієнт використання (K_v) – показує, яку частину номінальної потужності фактично споживає пристрій у середньому;

Коефіцієнт одночасності (K_o) – враховує, що не всі пристрої працюють одночасно.

Дані обчислень заносимо в табл. 2.4:

Таблиця 2.4 – Розрахунок потужності з урахуванням коефіцієнтів

Група споживачів	K_v	K_o	Розрахункова потужність, кВт
Освітлення	1.0	0.9	$4,1 \times 1,0 \times 0,9 = 3,69$
ПК і офісна техніка	0.8	0.8	$11,2 \times 0,8 \times 0,8 = 7,168$
Серверна	0.9	1.0	$1,2 \times 0,9 \times 1,0 = 1,08$
Побутова техніка	0.6	0.7	$3,2 \times 0,6 \times 0,7 = 1,34$
Вентиляція	1.0	1.0	$6,6 \times 1,0 \times 1,0 = 6,6$
Опалення	1.0	0.6	$9,0 \times 1,0 \times 0,6 = 5,4$
Слабкострумові	0.7	1.0	$0,5 \times 0,7 \times 1,0 = 0,35$
Загальна	-	-	25,63 кВт

Отже, розрахункове навантаження для об'єкта з урахуванням реального використання – 25.63 кВт.

Наступним кроком визначаємо повний струм навантаження за формулою 2.1:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} \quad (2.1)$$

де P – сумарна потужність, кВт

U – напруга на вході – 380 В

$\cos\varphi$ (для трифазного вводу) – 0,95

Підставляємо значення у формулу 2.1:

$$I = \frac{25,63}{0,38 \cdot 0,95} = 71 \text{ A}$$

Орієнтовний розподіл навантаження по фазах

Для трифазної системи важливо збалансувати навантаження по фазах, щоб уникнути перекосів і перевантажень(див. табл. 2.5):

Таблиця 2.5 – Розподіл навантаження по фазах

Фаза	Орієнтовні групи	Сумарна потужність, кВт
L1	Освітлення, вентиляція, охорона, слабкоструміві	11,25
L2	Офісне обладнання	11,2
L3	Серверна, опалення, побутова техніка	12,2

Таке балансування дозволяє рівномірно розподілити навантаження між фазами та зменшити ризик спрацювання автоматів на перевантаження.

Для надійності системи рекомендовано:

- додати запас 15–20 %, це дозволяє врахувати можливе підключення нового обладнання в майбутньому;
- запас необхідний також для врахування пускових струмів двигунів вентиляції та компресорів кондиціонерів.

$$P_{\text{заг}} = 25,63 + 20\% = 30,76 \text{ кВт}$$

Ця цифра буде врахована при виборі автоматів на вводі, перерізу кабелів живлення і схеми ВРП.

Висновок до підрозділу

Розрахунок навантажень показав:

- Розрахункове навантаження офісної будівлі становить 25,63 кВт з урахуванням коефіцієнтів;
- З урахуванням запасу – 30,76 кВт;
- Струм на вводі – 71 А;

- Мережа потребує трифазного підключення з можливістю балансування фаз;
- Усі основні групи навантажень мають бути окремо захищені, з виділенням на різні фази;
- Серверна та вентиляція потребують надійного резервного живлення;
- Дані розрахунки ляжуть в основу вибору щитового обладнання, кабелів і автоматики у наступних підрозділах.

2.3 Проєктування системи освітлення та розеткових мереж

Проєктування внутрішніх електромереж починається з формування оптимальних схем освітлення та розеткових груп. Ці дві підсистеми є базовими для будь-якого адміністративного або офісного приміщення, тому потребують детального планування, правильного зонування, вибору типів світильників, пристроїв керування, захисту і відповідності нормам безпеки.

2.3.1 Проєктування системи освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018, нормативна освітленість:

- Робочі місця — не менше 300–500 лк;
- Коридори — 100 лк;
- Санвузли — 50 лк;
- Аварійне освітлення — не менше 1 лк.

Для основного освітлення передбачено використання:

- LED-панелей 36 Вт, 600×600 мм — для офісів та кабінетів;
- LED-світильників 18 Вт — для коридорів, санвузлів;
- Аварійних LED-світильників з акумуляторами — у сходових клітках, біля евакуаційних виходів;

Світильники мають колірну температуру 4000–5000 К, що забезпечує комфортне освітлення робочого простору.

Групування освітлення

Світильники об'єднуються у функціональні групи:

- Загальне освітлення офісів;
- Освітлення кабінетів (окрема лінія на 2 кімнати);
- Освітлення коридорів (окрема група з автоматизацією);
- Аварійне освітлення живиться від окремої фази з аварійним резервом.

Керування освітленням

Застосовано локальне та автоматизоване керування:

- У робочих зонах – вимикачі біля входу;
- У коридорах – датчики руху;
- У аварійній системі – автоматичне включення при знеструмленні.

Схема підключення освітлення

Кожна група освітлення живиться від окремого автомата 10 А типу С. Кабель – ВВГнг-LS 3×1,5 мм². Лінії прокладено в гофрованій ПВХ-трубі під штукатуркою.

2.3.2 Структура розеткових груп

Враховуючи велику кількість робочих місць, розеткові мережі поділено на зони:

- Кабінети та офіси – одна група на кожні 2–3 кабінети;
- Кухня – окрема група з диференційним захистом;
- Серверна – окрема лінія з ПЗВ 10 мА;
- Загальні зони – 1 група.

Типи розеток і їх розміщення

- Подвійні розетки із заземленням — стандарт для всіх зон;
- Вологозахищені розетки IP44 — кухня, санвузли;

– Висота встановлення — 0,3 м від підлоги (робочі місця), 1,0–1,2 м — для технічних зон.

Захист розеткових мереж

Дані про захист розеткових мереж заносимо в табл. 2.6:

Таблиця 2.6 – Захист розеткових мереж

Зона	Кабель	Автомат, А	Захист
Робочі місця	3×2.5 мм ²	16	ПЗВ 30 мА
Кухня	3×4 мм ²	25	Диф. автомат 30 мА
Серверна	3×4 мм ²	16	ПЗВ 10 мА + UPS
Загальні зони	3×2.5 мм ²	16	ПЗВ 30 мА

Примітки:

- *Всі кабелі прокладаються в гофрованих ПВХ трубах або кабель-каналах;*
- *Забезпечено розділення силових і слаботочних ліній;*
- *Кабелі мають маркування згідно з проєктом та виконуються із мідного дроту з LS-ізоляцією.*

Усі розеткові групи підключаються через поверховий розподільчий щит, який з'єднано з ВРП трифазним кабелем. Застосовано групове підключення споживачів по фазах для рівномірного розподілу.

Відповідність нормам

- *Вся мережа спроектована відповідно до ПУЕ, ДБН В.2.5-23:2010, ІЕС 60364;*
- *Усі розетки мають заземлювальні контакти, підключені до контуру TN-S;*
- *Використано ПЗВ 30 мА для захисту користувачів;*
- *Усі зони мають логічне функціональне групування.*

Висновки

Відповідно до вищесказаного складаємо таблицю про специфікацію освітлювального та розеткового обладнання (див. табл. 2.7):

Таблиця 2.7 – Специфікація освітлювального та розеткового обладнання

№	Найменування	Тип / модель	Кількість	Потужність, Вт	Примітка
1	LED-панель стельова 600×600 мм	36 Вт, 4000К	96	36	Офіси, кабінети
2	Степльовий світильник LED	18 Вт, 4200 К	51	18	Коридори, санвузли
3	Аварійний світильник з АКБ	LED 5 Вт	10	5	Сходові клітини, виходи
4	Подвійна розетка із заземленням	schneider electric asfora	44	-	Робочі місця
4	Потрійна розетка із заземленням	schneider electric asfora	23	-	Робочі місця
5	Вологозахищена розетка IP44	schneider electric cedar	3	-	Кухня, тех. приміщення
6	Вимикачі	schneider electric asfora	27	-	Управління освітленням
7	Датчик руху	Інфрачервоний, степльовий	6	-	Коридори, санвузли

2.4 Силове електропостачання вентиляції та опалення

Силові споживачі, такі як вентиляційні установки, кондиціонери та електроопалення, мають істотне навантаження на внутрішню електромережу. Вони характеризуються підвищеною потужністю, наявністю пускових струмів, специфічними вимогами до підключення та захисту. Врахування цих факторів є критично важливим для забезпечення надійної та безпечної експлуатації системи електропостачання офісної будівлі.

2.4.1 Підключення припливно-витяжної вентиляції

Згідно з умовами проєкту, у будівлі вже встановлена сучасна припливно-витяжна система вентиляції з рекуперацією тепла. Вона потребує лише правильного підключення до силової мережі.

Характеристики вентиляційної установки:

- Споживана потужність: 6,6 кВт;
- Тип підключення: 1~ 220 В, 50 Гц;
- Вбудоване автоматичне керування (контролер, таймери, датчики CO₂);
- Клас захисту IP44.

Підключення:

- Живлення здійснюється окремою лінією від щита силових споживачів (ЩСС);
- Кабель: ВВГнг-LS 3×6 мм²;
- Автоматичний вимикач: ВА 25 А, характеристика С;
- Захист: ПЗВ 30 мА на вводі в щит;
- Місце підключення: через окрему клемну коробку зі зручним доступом для обслуговування;
- У щиті передбачено індикатор роботи та автомат для керування.

Особливості:

- Пускові струми в момент запуску компенсуються характеристикою С автоматичного вимикача;
- Обов'язкове підключення РЕ до корпусу установки;
- У схемі передбачено реле контролю напруги як додатковий захист.

2.4.2 Електричне опалення

У проєкті передбачено застосування електроопалювальних інфрачервоних панелей загальною потужністю 9 кВт. Вони встановлені в офісних приміщеннях, конференц-залі та деяких кабінетах.

У проєкті передбачено застосування електроопалювальних інфрачервоних панелей загальною потужністю 9 кВт.

Вони встановлені в офісних приміщеннях, конференц-залі та деяких кабінетах.

Характеристики системи:

- Кількість панелей: 6 шт.;
- Потужність однієї: 1.5 кВт;
- Керування: вбудовані термостати або зовнішній контролер;
- Робоча напруга: 220 В.

Групування та підключення(див. табл. 2.8):

Панелі об'єднані в 3 групи по 2 шт:

- Група 1 – офісні приміщення;
- Група 2 – кабінети;
- Група 3 – конференц-зала.

Таблиця 2.8 – Групування та підключення опалення

Група опалення	Кабель	Автомат	Примітка
Група 1	ВВГнг-LS 3×4 мм ²	20 А	Ручне або автоматичне керування
Група 2	ВВГнг-LS 3×4 мм ²	20 А	Вбудовані термостати
Група 3	ВВГнг-LS 3×4 мм ²	20 А	Таймер + термостат

Захист та керування:

- Автомати типу С забезпечують захист від перевантаження та КЗ;
- Для точного регулювання температури встановлюються програмовані термореле (наприклад, Theben, Schneider);

– Панелі встановлюються на висоті 2–2,5 м, мають алюмінієвий корпус і обов’язкове заземлення.

2.4.3 Щит силових споживачів (ЩСС)

Усі силові навантаження об’єднуються в окремий щит, розташований у технічному приміщенні на першому поверсі.

Структура ЩСС:

- 1 ввідний автомат (50 А);
- 3 автомати по 20 А — для електроопалення;
- 1 автомат на 25 А — вентиляція;
- ПЗВ 63 А / 30 мА — на весь щит;
- ГЗШ (головна заземлювальна шина) — підключення РЕ;

Індикатори напруги на фазах.

- Переваги такої структури:
- Простота обслуговування;
- Можливість відключення силових ліній незалежно від освітлення та розеток;
- Забезпечення окремого захисту та резерву.

2.4.4 Дотримання нормативних вимог

Проект передбачає повне дотримання:

- ПУЕ, розділ 7.1 — електропостачання громадських будівель;
- ДБН В.2.5-23:2010 — внутрішнє електропостачання;
- ІЕС 60364 — вимоги до вибору захисних пристроїв і балансування навантаження;
- Захист TN-S — із підключенням РЕ до всіх корпусів обладнання.

2.4.5 Висновок до підрозділу

Підключення вентиляції, електроопалення виконано з дотриманням вимог:

- окремих автоматичних ліній;
- достатнього перерізу кабелів;
- селективного захисту споживачів;
- балансування навантаження між фазами.

Силове електропостачання спроектоване з урахуванням пускових навантажень, електробезпеки, зручності обслуговування, а також можливого розширення мережі в майбутньому. Також складаємо специфікацію обладнання щита силових споживачів (ЩСС) та заносимо дані до таблиці 2.9:

Таблиця 2.9 - Специфікація обладнання щита силових споживачів (ЩСС)

№	Найменування елемента	Позначення	Кількість	Номінал / тип	Примітка
1	Ввідний автоматичний вимикач	QF1	1	100 А, 3Р	Загальне живлення щита
2	Пристрій захисного відключення (ПЗВ)	QD1	1	63 А, 30 мА, 4Р	На весь щит, диференційний захист
3	Автомат для вентиляції	QF2	1	25 А, С, 1Р	Окрема лінія, кабель 3×6 мм ²
4	Автомати для електроопалення (3 групи)	QF3–QF5	3	20 А, С, 1Р	Кожна група – 2 панелі по 1.5 кВт
5	УЗО для кондиціонерів	QD2	1	25 А, 30 мА, 2Р	Додатковий захист
6	Нульова шина (N)	—	1	—	Монтаж у щиті
7	Заземлювальна шина (РЕ, ГЗШ)	—	1	—	Підключення РЕ-провідників
8	Індикатори напруги на фазах	—	1 компл.	LED індикатори 3-фаз	Контроль наявності напруги
9	DIN-рейки, клеми	—	набір	—	Для монтажу елементів у щиті

2.5 Проектування ввідно-розподільчого пристрою (ВРП)

Ввідно розподільний пристрій (ВРП) — це сукупність електротехнічних виробів, призначених для прийому, розподілу та обліку електроенергії, складається з вступних, комутаційних апаратів і приладів відхідних ліній, фідерів. З практичної точки зору воно служить проміжним компонентом між підстанції та внутрішньою системою енергопостачання. Встановлюється в житлових і громадських будівлях, а також виробничих приміщеннях (цехах)[6].

У межах цього проекту спроектовано ВРП для двоповерхової офісної будівлі з трифазним живленням і оновленою системою заземлення TN-S.

2.5.1 Вихідні дані для проектування ВРП

На основі розрахунків навантажень (п.2.2) встановлено:

- Розрахункова потужність: 25,63 кВт, з урахуванням запасу – 30,76 кВт;
- Робоча напруга: 380/220 В, частота: 50 Гц;
- Струм навантаження: приблизно 71 А;
- Система заземлення: TN-S (окрема РЕ-шина);
- Відповідність вимогам ПУЕ, ДБН В.2.5-23:2010, ІЕС 61439-1/2.

2.5.2 Загальна структура ВРП

ВРП проектується як модульний щит, укомплектований:

- Ввідним автоматом;
- Пристроями обліку електроенергії;
- Обмежувачами перенапруг (SPD);
- Вихідними автоматами на лінії;
- Нульовою та заземлювальною шиною (N, PE);
- Індикаторами наявності напруги.

2.5.3 Вибір ввідного обладнання

Ввідний автоматичний вимикач (QF1):

- Тип: ВА47-100 або аналог, 3Р;
- Номінал: 100 А (із запасом);
- Характеристика: С або D (для силових навантажень);
- Монтаж: на DIN-рейку або у ввідному відсіку щита.

Пристрій обліку:

- Лічильник: трифазний, прямого ввімкнення, клас точності не гірше

1.0 (НІК 2303 АРЗ);

- Захист лічильника: окремий автомат 6 А;
- Опломбування облікового відсіку згідно вимог

енергопостачальника.

2.5.4 Захист від перенапруг (SPD)

Для захисту внутрішніх мереж від імпульсних перенапруг передбачено:

- Обмежувач перенапруг типу 1+2 (клас В+С);
- Назва: ОВО V20-С/3+NPE
- Монтаж на DIN-рейку після обліку;
- Захист: через автомат 16 А;
- Підключення до шини РЕ – мінімальної довжини, $\leq 0,5$ м.

2.5.5 Вихідні лінії з ВРП

З ВРП виходять живильні кабелі на функціональні щити(див. табл. 2.10):

Таблиця 2.10 – Вихідні лінії з ВРП

Назва щита	Кабель	Автомат в ВРП	Номинал	Примітка
Щит освітлення і розеток(ЩОС)	ВВГнг-LS 5×10 мм ²	QF2	25 А	Освітлення всіх зон
Щит силових споживачів (ЩСС)	ВВГнг-LS 5×16 мм ²	QF4	50 А	Опалення, вентиляція, кухня
Серверна / ІТ-щит	ВВГнг-LS 5×6 мм ²	QF5	25 А	Резервоване живлення

2.5.6 Шини N та PE (система TN-S)

Система TN-S передбачає повне розділення нульового (N) і захисного (PE) провідників у внутрішніх мережах.

Особливості реалізації:

- Встановлення окремих шин N та PE в корпусі ВРП;
- Підключення PE-шини до ГЗШ (головної заземлювальної шини) будівлі;
- Усі лінії з ВРП - п'ятижильні (L1, L2, L3, N, PE);

Заборонено об'єднання N і PE в одній точці.

2.5.7 Вимоги до монтажу ВРП

- Встановлення у сухому технічному приміщенні з вентиляцією;
- Захисний ступінь оболонки не менше IP31, рекомендується IP43–IP54;
- Наявність вільного простору для обслуговування (мін. 1 м перед щитом);
- Всі автомати та лінії – підписані згідно з маркуванням;
- Забезпечення резервного місця (мін. 20%) для можливого розширення;

- Пожежна безпека: корпус зі сталі або негорючого пластику, кабелі НГ-LS.

2.6 Розробка системи аварійного та резервного електроживлення

У сучасних офісних будівлях безперебійне живлення критичних споживачів є обов'язковою умовою забезпечення стабільної роботи інфраструктури. До таких навантажень відносяться серверні комплекси, мережеве обладнання, системи безпеки, а також аварійне освітлення. Переривання електропостачання навіть на короткий період може призвести до втрати даних, порушення роботи обладнання чи зупинки життєво важливих систем. Для запобігання цьому в проєкті передбачено встановлення системи резервного живлення на основі акумуляторів та гібридного інвертора.

2.6.1 Загальні вимоги до резервного електроживлення

Система резервного живлення повинна забезпечувати:

- Автономну подачу електроенергії для визначених груп споживачів протягом мінімум 1 години;
- Автоматичне перемикання живлення при зникненні основного джерела;
- Захист обладнання від перенапруг, зниження напруги та коротких замикань;
- Можливість масштабування у разі збільшення потужності споживачів.

У якості автономного джерела живлення обрано гібридну інверторну систему з літій-залізо-фосфатними (LiFePO_4) акумуляторами, яка поєднує функції:

- резервного живлення (UPS);
- стабілізації напруги;

– можливості майбутнього підключення сонячних панелей (PV) у разі модернізації.

Гібридний інвертор обрали HUAWEI SUN2000-5KTL-L1 (див. рис. 2.3), та залізо-фосфатні акумулятори Huawei LUNA2000-5KW-C0 (див. рис. 2.4).

Гібридний інвертор – це пристрій, що комбінує в собі функції класичного інвертора та контролера заряду. Він дозволяє не тільки перетворювати постійний струм від сонячних панелей або акумуляторів у змінний, але й управляти зарядкою акумуляторів від сонячних панелей та інших джерел енергії [7].



Рисунок 2.3 – Гібридний сонячний інвертор HUAWEI SUN2000-5KTL-L1

Характеристики даного інвертора:

- Тип: гібридний інвертор
- Номінальна потужність: 5 кВт
- Максимальний ККД: до 98,4%
- Кількість MPPT: 2
- Максимальний вхідний струм на MPPT: 12,5 А
- Діапазон вхідної напруги: 90-560 В
- Підтримка акумуляторів: Huawei LUNA2000
- Діапазон робочих температур: -25 °С ~ +60 °С
- Клас захисту: IP65

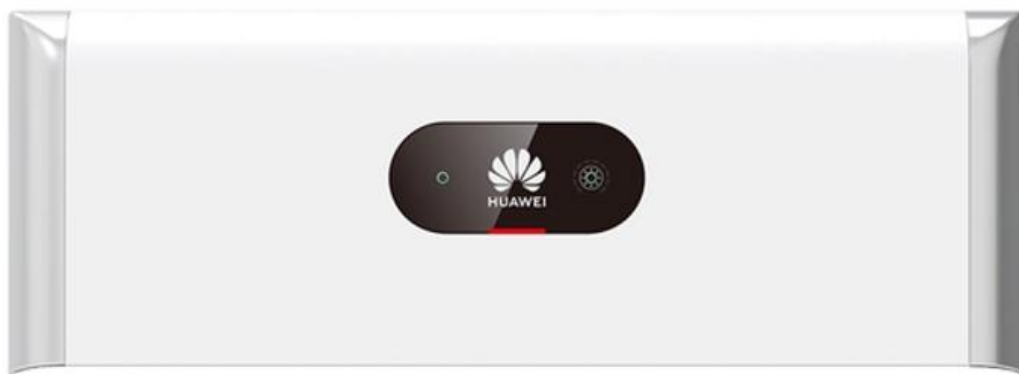


Рисунок 2.4 - АКБ для сонячних інверторів Huawei LUNA2000-5KW-C0 на 5 кВт

Характеристики:

- Ємність: 11 А*год
- Струм розряду: 8А
- Ємність Вт*год – 5000

2.6.2 Перелік навантажень, що живляться від резерву

У систему аварійного електропостачання включені такі групи(див. табл. 2.11):

Таблиця 2.11 – Перелік навантажень аварійного електропостачання

Група	Потужність, кВт	Час роботи, хв	Примітки
Серверне обладнання	1,2	60+	Через UPS з AVR
Відеоспостереження	0,3	60+	Камери + реєстратор
Аварійне освітлення	0,2	90	LED із резервом
Wi-Fi, маршрутизатори	0,2	60	Критичні для роботи
Автоматика доступу	0,2	60	Зчитувачі, замки

Сумарне навантаження: ~2 кВт.

При зникненні напруги на вводі гібридний інвертор миттєво переходить у режим живлення від акумуляторів (перемикання ≤ 20 мс), не допускаючи зупинки роботи критичних систем. Коли основне живлення відновлюється, інвертор автоматично переключає навантаження назад і розпочинає підзарядку АКБ.

2.6.3 Монтаж та підключення

Усі споживачі аварійної мережі підключаються через окремий щит критичних навантажень (ЩКН). ЩКН отримує живлення від гібридного інвертора, підключеного до ВРП. Кабелі живлення – мідні, з LS-ізоляцією, перерізом відповідно до потужності (3×4 мм² для живлення ЩКН). Акумуляторна батарея встановлюється у вентилязованому технічному приміщенні на антивібраційну основу. Проста однолінійна схема підключення зображена на рис. 2.5.

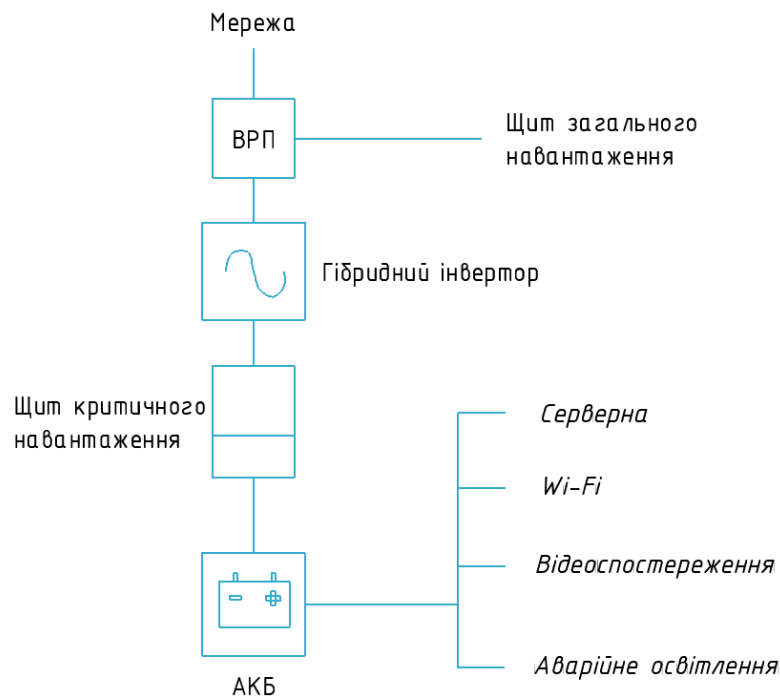


Рисунок 2.5 – Однолінійна схема підключення інвертора до ВРП

2.7 Висновки до розділу 2

У результаті розробки проєктного рішення виконано повне технічне опрацювання модернізації внутрішніх електромереж офісної будівлі з урахуванням сучасних вимог безпеки, енергоефективності та надійності.

Основні досягнення:

- Проведено раціональний підбір обладнання: автоматичних вимикачів, ПЗВ, дифавтоматів, щитового устаткування, кабельної продукції та світильників, що відповідають стандартам ПУЕ, ДБН та ІЕС.
- Виконано докладний розрахунок електричних навантажень, із урахуванням коефіцієнтів використання й одночасності, що забезпечує достовірність проєктної потужності та балансування по фазах.
- Спроектовано оптимальні схеми освітлення та розеткових мереж, із зональним розподілом, захистом кожної групи, а також автоматизованим керуванням освітленням.
- Передбачено окреме живлення силових споживачів (вентиляція, електроопалення) через виділені автомати, із урахуванням пускових струмів і терморегулювання.
- Розроблено схему ввідно-розподільчого пристрою (ВРП) з окремими лініями на функціональні групи, захистом від перенапруг і дотриманням системи TN-S.
- Інтегровано систему резервного живлення на базі гібридного інвертора Huawei з LiFePO₄-акумуляторами, яка забезпечує безперебійну роботу критичних систем (серверна, аварійне освітлення, відеоспостереження).
- Запропоновані технічні рішення дозволяють:
 - значно підвищити надійність та безпеку електропостачання;
 - забезпечити енергоефективну експлуатацію будівлі;
 - створити гнучку й масштабовану інфраструктуру, готову до майбутніх потреб;
- зменшити витрати на електроенергію та обслуговування.

3 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

3.1 Загальні положення

Економічне обґрунтування проєкту модернізації внутрішніх електромереж передбачає визначення доцільності інвестицій у оновлення електротехнічного обладнання, впровадження енергоефективних технологій, систем резервного живлення та засобів автоматизації. Аналіз враховує витрати на матеріали, обладнання, монтаж, а також очікувану економію енергоресурсів та зниження експлуатаційних витрат.

3.2 Структура витрат на реалізацію проєкту

Сума витрат на даний проєкт розрахована в табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Розрахунок витрат на модернізацію

№	Найменування	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Загальна сума, грн
1	Кабельно-провідникова продукція (ВВГнг-LS)	1000 м	70	70 000
2	Автоматичні вимикачі, ПЗВ	40 шт	450	18 000
3	Щити розподільчі (ВРП, ЩОС, ЩСС, ЩКН)	4 шт	6 000	24 000
4	LED-світильники	147 шт	400	58 800
5	Розетки, вимикачі Schneider Electric	70 шт	250	17 500
6	Гібридний інвертор HUAWEI SUN2000	1 шт	42 000	42 000
7	АКБ Huawei LUNA2000 (5 кВт·год)	1 шт	39 000	39 000
8	Монтажні роботи (кабелі, щити, освітлення)	-	-	50 000
9	Проектування, налаштування, ПНР	-	-	25 000
	Загальна вартість			344 300 грн

3.3 Очікувана економія

Завдяки впровадженню енергоефективного освітлення та обладнання очікується зменшення енергоспоживання приблизно на 25–30% у порівнянні з до модернізації.

Середнє щомісячне споживання до: $\sim 3\,200$ кВт·год

Після модернізації: $\sim 2\,250$ кВт·год

Тариф: 4,32 грн/кВт·год

Місячна економія: $(3200 - 2250) \times 4,32 \approx 4320$ грн

Річна економія: ~ 51840 грн

3.4 Термін окупності

Термін окупності інвестицій обчислюється за формулою:

$$T = \frac{C}{E} \quad (3.1)$$

де C – загальні витрати на модернізацію, грн;

E – щорічна економія, грн.

$$T = \frac{344300}{51840} = 6,64 \text{ роки}$$

Проте цей строк може бути скорочений за рахунок подальшого підключення сонячних панелей або програм енергоефективного фінансування.

Висновок

Запропоновані технічні рішення є економічно доцільними та забезпечують повернення інвестицій у межах 7 років, з урахуванням зменшення споживання електроенергії, підвищення енергоефективності й довгострокової експлуатаційної вигоди.

ВИСНОВКИ

Проект модернізації внутрішніх електромереж офісної будівлі розроблено з урахуванням сучасних вимог енергоефективності, електробезпеки та нормативів Європейського Союзу. В ході роботи проведено всебічний аналіз технічного стану існуючих мереж, виявлено ключові недоліки: застаріле обладнання, перевантаження ліній, відсутність резервного живлення, низьку якість освітлення та недотримання сучасних норм безпеки.

У проекті запропоновано комплексне технічне рішення: впровадження трифазної системи TN-S, поділ електроспоживачів на функціональні групи, встановлення сучасного LED-освітлення, засобів автоматизованого керування, резервного живлення на базі інвертора та акумуляторів, а також захисту від перенапруг і коротких замикань.

Застосування якісного електротехнічного обладнання та правильне проектне структурування дозволяє не лише підвищити надійність і безпеку системи, а й забезпечити енергоощадність, зручність у подальшій експлуатації та можливість масштабування. Очікуваним результатом є стабільна робота офісної інфраструктури, зниження витрат на електроенергію та відповідність чинним технічним регламентам.

Проект є готовою основою для практичної реалізації та відповідає актуальним вимогам до сучасних офісних приміщень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 171 с.
2. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» – Полтава: НУПП, 2021. – 14 с.
3. Природне і штучне освітлення. Державні будівельні норми ДБН В.2.5-28:2018 – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 133 с
4. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ – Київ, Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017. – 617 с.
5. Припливно-витяжні установки з рекуперацією тепла - Air Stream LTD. Air stream. URL: [Припливно витяжна вентиляція ціна | Припливно витяжна установка з рекуперацією тепла](#)
6. Кабель силовий ВВГнг-LS 1 кВ. МПКЛ. URL: <https://mpka.com.ua/ru/vvgng-ls-1-kv-gost-16442-80/>.
7. Ввідно розподільний пристрій. Югов-Проект. URL: <https://ugov.ua/catalog/detail/vrp-vvidno-rozpodilnyi-prystrii/>.
8. Як працює гібридний інвертор?. Diachuk Family Development. URL: <https://www.dfd.house/yak-pratsiuie-hibrydnyy-invertor/>.
9. ДСТУ EN 60204-1:2015 Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги (EN 60204-1:2006; A1:2009; AC:2010, IDT). Зі зміною
10. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01.
11. Коваленко В. І., Григоренко О. В. Проектування електропостачання будівель: навч. посіб. — Київ: НАУ, 2016. — 198 с.
12. IEC 60364-1:2017. Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics and design of systems. International Electrotechnical Commission, 2017.

13. BS 7671:2018. Requirements for Electrical Installations. IET Wiring Regulations. British Standards Institution / Institution of Engineering and Technology, 2018.

14. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом.

15. Електропостачання у будівництві: навч. посіб. / А. Є. Ачкасов, В. А. Лушкін, В. М. Охріменко та ін.; за ред. В. М. Охріменка; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2012. – 159 с.

ДОДАТОК А

1 ANALYSIS OF THE STATE OF THE EXISTING OFFICE POWER SYSTEM

1.1 General information about the design object

The design object is a two-story administrative office building. The building belongs to the category of mixed-use buildings with predominant use as office premises. Due to the expansion of the number of personnel, the increase in the amount of equipment and the integration of modern digital technologies, there was a need to improve the internal electrical networks in accordance with the current norms and standards of the European Union.

The building has a rectangular configuration in plan, with dimensions of 24×16 meters. The total area is 900 m^2 , of which 460 m^2 is on the first floor, and 440 m^2 is on the second. The supporting structures are made of monolithic reinforced concrete, the internal partitions are made of brick. The windows are made of metal-plastic profile with double-glazed windows. External insulation is implemented using a hinged ventilated facade (VF) system, which provides effective reduction of heat loss in winter and improvement of the microclimate in summer by reducing overheating.

The height of the first floor in the corridor is 3.2 m. In the office premises it is 3 m. On the second floor, the height in the premises is 3.1 m, the greatest height in the corridor is 3.3 m.

Purpose of premises

The first floor contains:

- central entrance and lobby;
- security room;
- two conference rooms;
- office space for employees;
- server equipment room;

- bathrooms and technical rooms.

The second floor includes:

- 6 separate offices for managers and departments;
- kitchen-dining room;
- a meeting room;
- technical room for ventilation and air conditioning systems;
- bathrooms.

Each office is planned to house personal computers, office equipment (printers, scanners, multifunction devices), lighting equipment, and outlet groups for additional lighting or connecting secondary devices.

Condition of existing power grids

At the time of design, the building's internal electrical networks were partially outdated and did not meet modern requirements regarding:

- energy consumption (line overload during peak hours);
- energy security (lack of emergency power reserve and overvoltage protection);
- ergonomics of office equipment placement;
- EU norms (failure to meet modern requirements for selective protection, consumption metering, energy efficiency and fire safety).

There are also no engineering solutions for integration with heating, ventilation, and automated energy management systems.

Electrical specifications

Nominal voltage – 220 V, network frequency – 50 Hz. Power source – city electrical network, connection is made through an input device located in the switchboard on the first floor. Power supply system – three-phase (with single-phase consumers), with grounding according to the TN-S scheme.

The expected total load of the facility is approximately 25–30 kW, taking into account ventilation, heating, lighting and office equipment systems. It is assumed that consumers are divided into groups: general lighting, socket networks, office equipment, security system, ventilation and heating.

Features of modernization

The project involves:

- complete replacement of internal power and socket networks;
- installation of modern switchboards with circuit breakers with selective protection;
- installation of modern lamps with intelligent control;
- connection of updated heating and ventilation systems;
- implementation of automated electricity metering;
- installation of low-current systems for server and network infrastructure
- installation of a battery power system with an autonomous inverter

The goal of the project is to create a modern, reliable, energy-efficient, and safe electrical system that will meet European requirements and ensure stable office operation with minimal energy costs and simple maintenance in the future.

1.2 Setting tasks for qualification work

Based on an analysis of the technical condition of the office premises, an assessment of electricity consumers and identification of the degree of obsolescence of electrical equipment, as well as taking into account modern requirements for electrical networks of office buildings, key tasks have been identified that must be solved within the framework of this qualification work.

These tasks cover both the technical component (design, calculations, equipment selection) and the organizational and design component (network structuring, compliance with standards, system optimization for further operation).

Purpose of qualification work

The goal of this project is to create an optimal technical solution for improving the internal electrical networks of an office building. The solution is formed taking into account the latest regulatory requirements and European standards, which will allow achieving:

- high energy efficiency;

- safe and stable operation of the system;
- reliability of electricity supply;
- flexibility for further modernization or scaling of office infrastructure.

General problem statement

Based on the research conducted and analysis of the initial data, the following **key tasks were formed** , which must be solved within the framework of this diploma project:

1. Analytical and preparatory tasks

- Collection and generalization of technical data about the building;
- Analysis of existing electrical equipment and determination of the scope of modernization;
- Functional grouping of electricity consumers;
- Taking into account already updated system elements (TN-S, ventilation).

2. Settlement stage

- Determination of design loads by consumer groups;
- Taking into account utilization and concurrency factors;
- Calculation of the total load of the building for the selection of GRP and cable lines.

3. Technical tasks

- Selection of modern electrical equipment in accordance with standards;
- Design of power and socket networks;
- Development of power supply schemes for lighting, ventilation, heating and IT zones;
- Formation of a circuit diagram of an input and distribution device.

4. Ensuring electrical safety and compliance with regulations

- Implementation of a protection system (RCDs, circuit breakers);
- Compliance with the standards of the PUE, DBN, and European norms in terms of safety and energy efficiency;
- Taking into account the specifics of connecting critical consumers (server, ventilation system, etc.).

5. Preparation of project documentation

- Development of the graphic part: power supply diagrams, plans, GRP;
- Preparation of an explanatory note with calculations, conclusions and recommendations;
- Summary of work results.

1.3 Initial data and justification for the need for modernization

In our project to improve the internal electrical networks of an office building, we first analyze the condition of the current technical premises, the characteristics of the existing electrical equipment, and the real needs of users. The first stage in the process of creating a technical task is to determine the initial data, which allows us to accurately calculate the electrical load, determine the requirements for new equipment, align the project with current standards, and outline the scope of work in detail.

1.3.1 Initial data for design

1. Main characteristics of the object

- Type of building: administrative building, two floors;
- Total area: approximately 900 square meters;
- Operating voltage: 220 volts;
- Mains frequency: 50 hertz;
- Number of electrical consumers: up to 50 PCs, separate server room, lighting, office equipment, ventilation and heating systems;
- Estimated total energy consumption: within 25–30 kilowatts.

2. Technical base and available equipment

- Architectural plans with the location of all rooms;
- Existing drawings of electrical networks, both power and lighting;
- List of office electronics (computer equipment, printers, routers, etc.);
- Technical documentation for updated heating and ventilation systems;

- Information about existing electrical panels, circuit breakers, and switchgear.

3. Regulatory documents and standards

- DBN V.2.5-23:2010 Engineering equipment of buildings and structures. Design of electrical equipment of civil facilities
- DBN V.2.5-28:2018 Natural and artificial lighting
- PUE (Rules for the arrangement of electrical installations), 2017;
- EN 50174, EN 60204-1, IEC 60364 (EU standards for electrical safety, design and operation of electrical networks);
- ISO/IEC 14543, ISO 50001 (energy management and smart technologies).
- DSTU B V.2.5-82:2016 "Electrical safety in buildings and structures. Requirements for protective measures against electric shock"

1.3.2 Reasons for modernization and analysis of problems of the existing system

When analyzing the technical condition of existing power grids, a number of shortcomings were identified, which indicate the need to improve internal power supply systems:

1. Inconsistency of loads with design parameters

Initially, the building served an administrative and economic purpose, which was limited to a small level of energy consumption of up to 10 kW. Over time, its functionality expanded, which led to an increase in the number of energy-intensive equipment, including computers, servers, printers, network infrastructure elements, as well as surveillance and security systems. At the same time, the heating and ventilation systems were modernized. All these changes caused an overload of electrical networks, heating of cables above permissible temperatures, as well as frequent trips of circuit breakers.

2. Obsolescence of equipment

The long service life of over 15 years has led to the fact that the equipment no longer meets modern requirements and standards. The main problems include the following (see Fig. 1.1):

1. lack of selective protection;
2. use of obsolete circuit breakers;
3. limited number of modules that can be used to connect new lines;
4. increased risk of short circuits in cases of emergency modes.
5. outdated lighting: the use of traditional light sources without modern control capabilities leads to uneven distribution of lighting, high electricity costs, and a decrease in the quality of the lighting environment.



Figure 1.1 – Existing outdated equipment

3. *Lack of zonal or differentiated metering*

- Modern standards require the use of equipment that provides:
- zonal control of electricity consumption;
- group load separation according to their functional purpose (lighting, electrical outlets, IT equipment, heating and ventilation systems);
- monitoring and analysis of energy use to further reduce costs.

- The presence of only one meter in the existing system significantly limits the possibilities for effective energy consumption management.

4. Violation of safe operation rules:

- In some rooms, there is an excessive amount of load on a single electrical line, reaching up to 20 outlets.

- Powerful equipment is often connected through extension cords, which creates additional risks.

- The grounding system remains outdated and complies with the TN-C standard, while modern requirements require the use of TN-S.

- There are no residual current devices (RCDs) in the socket networks, which is a violation of safety standards for users.

1.3.3 Expected results of modernization

The following results are expected during the modernization:

- Increasing the reliability of electricity supply, which will result in a reduction in the accident rate and an extension of the network's operational life.

- Ensuring energy efficiency through the use of LED lighting, the implementation of zone control and modern automated control systems.

- Reduced maintenance costs due to a decrease in the number of emergency calls and prompt diagnosis of problems.

- Compliance with international standards, which will open up prospects for transforming the premises into a modern business center.

1.4 Analysis of equipment documentation

1.4.1 List of electrical equipment

The inspection revealed that most of the equipment used in the office building is outdated. In particular, it includes:

- Computers – 10–15-year-old system units with power consumption over 300 W per unit that do not have energy-saving modes;
- Lighting – fluorescent lamps of the LPO type with lamps with a power of 36–58 W, low efficiency and frequent breakdowns of ballasts;
- Household appliances are old, uneconomical, without automatic means of controlling consumption;
- The heating and ventilation systems are simple electric convectors, but the ventilation system has been updated and a supply and exhaust system has been installed.
- Shield devices - assembled using Soviet or early Ukrainian-made machines, without RCDs, without selective protection.

1.4.2 Identified equipment problems

After analyzing the equipment, the following shortcomings were found:

1. Devices are connected through extension cords that lack separate protection.
2. During peak loads, lines often overheat due to excessive load.
3. The grounding system has been updated to TN-S type, which is currently the best choice.
4. The lack of differential protection, RCD, creates additional safety risks.
5. Lighting has low energy efficiency, which leads to high electricity costs and unsatisfactory quality of the lighting environment.
6. Equipment failures are regularly recorded, indicating system instability.

1.4.3 Analysis of technical documentation

Documentation of existing electrical equipment mainly:

- missing or lost (most devices were installed more than 10 years ago);

- does not correspond to the real state of affairs (in the drawings - one thing, in reality - another);
- does not contain passport data on loads, permissible currents, connection types;
- does not provide for division into functional groups of consumers (everything is connected chaotically – lights, sockets, appliances on the same lines).

1.4.4 Need for update

Since the current equipment is in critical condition, we will make a complete replacement with a new one. Having studied the documentation, the following updates need to be made to the equipment list (see table 1.1):

Table 1.1 – List of equipment upgrades

Equipment category	Outdated equipment	Scheduled replacement
PC	PC 2010s, $\geq 300W$	Energy-saving models $\leq 200 W$
Lighting	Fluorescent lamps	LED lights with automatic control
Shields	Outdated machines, lack of RCDs	Modern modular panels with protection and metering
Heating	Mixed (urban and convection)	Mixed (urban and energy-efficient convectors with temperature control)

1.5 Functional grouping of electricity consumers

To achieve effective modernization of internal power grids, it is first necessary to systematically classify and distribute electricity consumers according to their functional characteristics. This approach allows not only to establish a logical network structure, but also to prevent overloading of individual sections, implement selective protection, and simplify maintenance and troubleshooting. In addition, it creates the basis for flexible zonal metering and optimization of load management.

Taking into account the purpose of the premises and the types of planned equipment, the electricity consumers of the office building were grouped according to the following criteria: function, importance, energy consumption, operating mode.

1.5.1 Main groups of electricity consumers

1. Lighting

- LED ceiling lights (built-in);
- emergency lighting fixtures (in case of power outage);
- luminaires in technical rooms (server, ventilation, etc.).

Features: relatively low consumption; importance of stable operation; possibility of automation (motion sensors, timers).

2. Socket groups

- Sockets for connecting PCs, monitors, chargers;
- Sockets for connecting small office equipment (printers, scanners);
- Sockets for charging mobile devices in common areas.

Features : large number of points; switching power supplies; need for reliable overvoltage protection.

3. Power groups

- Electric heating (infrared panels, electric heaters);
- Ventilation systems (supply and exhaust system with recovery);
- Household appliances in the kitchen (microwave oven, kettle, refrigerator, coffee maker);
- Uninterruptible power supplies (power the IT group).

Features : increased consumption, starting currents, need for separate lines and automation with a high rating.

4. Server and IT equipment

- Server, routers, switches, uninterruptible power supplies (UPS), video surveillance system.

Features : critical to power quality, must be connected to a stable source with redundancy, protected by RCDs, must operate continuously 24/7.

5. Low-current systems

- Video surveillance system (cameras);

- Security alarm (motion sensors, controllers);
- Access control system (readers, electromechanical locks);
- Internet network systems (access points, cable routers).

Features : low consumption, but require constant power supply; often combined into a separate line or protected by a UPS.

1.5.2 Distribution by premises

Functional groups are located unevenly depending on the purpose of the rooms (see Table 1.2):

Table 1.2 – Location of electrical consumers in areas of an office building according to their purpose

Rooms	Main load groups
Office premises (1st floor)	Lighting, sockets, heating
Conference rooms	Lighting, sockets, IT equipment
Offices of managers and workers (2nd floor)	Lighting, sockets, PC
Server	IT equipment, UPS, security
Kitchen	Power consumers (kettle, microwave oven), sockets
Technical premises	Ventilation, lighting, security alarm

Note: grouping by functionality allows you to optimally distribute the load between lines, organize a logical power supply structure, and ensure uninterrupted operation of critical consumers.

1.6 Conclusions to Chapter 1

As a result of the analysis, it was found that the existing power supply system of the office building is in unsatisfactory technical condition and does not meet modern requirements for energy efficiency, safety, and EU standards.

The main problems identified are:

obsolescence of electrical equipment that has been in operation for over 15 years without major renovation;

overloading of lines, especially during peak hours, which leads to frequent emergency situations;

lack of selective protection and residual current devices (RCDs), which creates a potential danger to users;

inefficient network structure, with chaotic connection of consumers without functional grouping;

use of energy-intensive lighting and equipment, which leads to unnecessary electricity costs;

insufficient consumption accounting, which makes it impossible to optimize electricity use.

It was also found that the current grounding system was partially upgraded to the TN-S type during the modernization process, which is a positive point and the basis for further improvement of the network.

Overall, the results of the analysis confirm the need for a complete modernization of the internal power supply system with the introduction of modern equipment, automated control, energy-efficient technologies, and backup power. This will increase the reliability, safety, cost-effectiveness, and compliance of the engineering system with current European Union standards and requirements.

Міністерство освіти та науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

«Удосконалення внутрішніх електромереж офісного приміщення згідно стандартів ЄС»

Кваліфікаційна робота бакалавра

Виконав:

Студент групи 201-пМЕ2

Філатов В.В.

Керівник:

доцент кафедри АіЕТ

Фомін О.С.

Полтава 2025

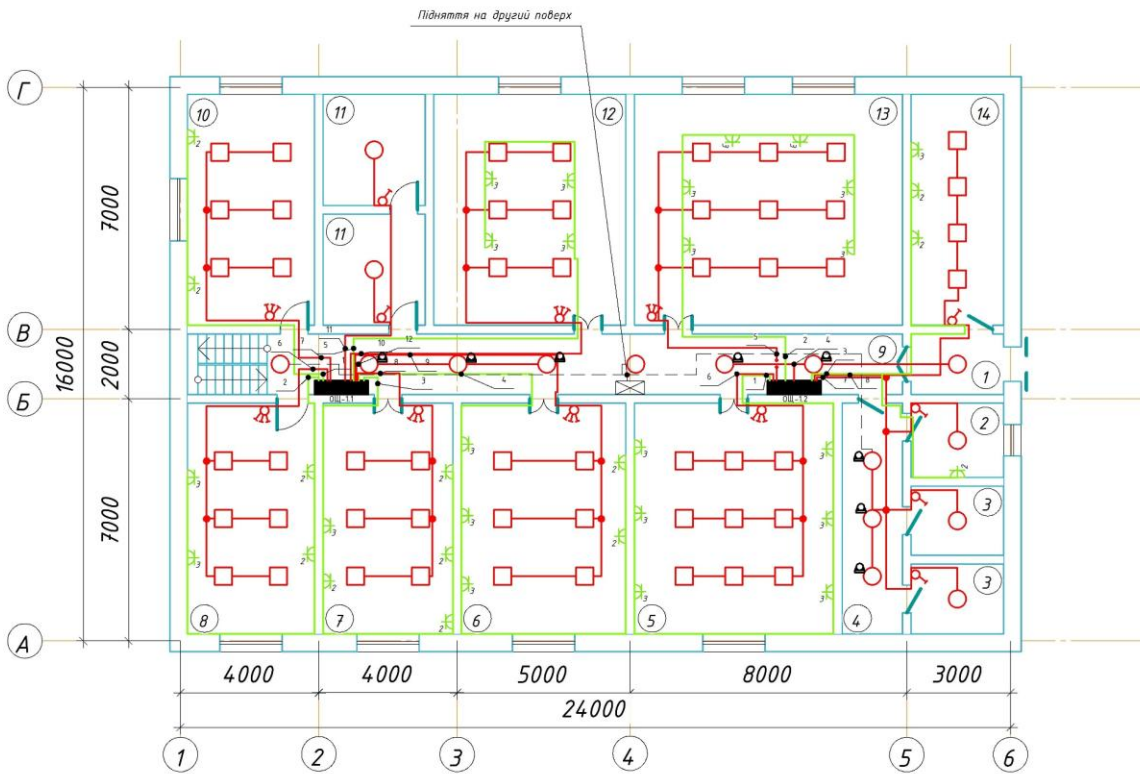
Актуальність роботи зумовлена необхідністю модернізації застарілих внутрішніх електромереж, які не відповідають сучасним вимогам безпеки та енергоефективності. Зростання навантажень в офісних приміщеннях потребує впровадження технічних рішень згідно зі стандартами ЄС. Це дозволить підвищити надійність електропостачання та створити умови для стабільної роботи обладнання.

Мета роботи: Підвищення ефективності, надійності та безпеки електропостачання офісу через оновлення мереж відповідно до сучасних європейських норм.

Для виконання поставленої мети в роботі, необхідно виконати **наступні задачі:**

Проаналізувати стан будівлі та наявного електрообладнання

- Провести групування та розрахунок електричних навантажень
- Підібрати сучасне електротехнічне обладнання
- Розробити схеми живлення освітлення, розеток, вентиляції та опалення
- Сформулювати схему ввідно-розподільчого пристрою (ВРП)
- Забезпечити відповідність технічних рішень нормам ПУЕ, ДБН та стандартам ЄС

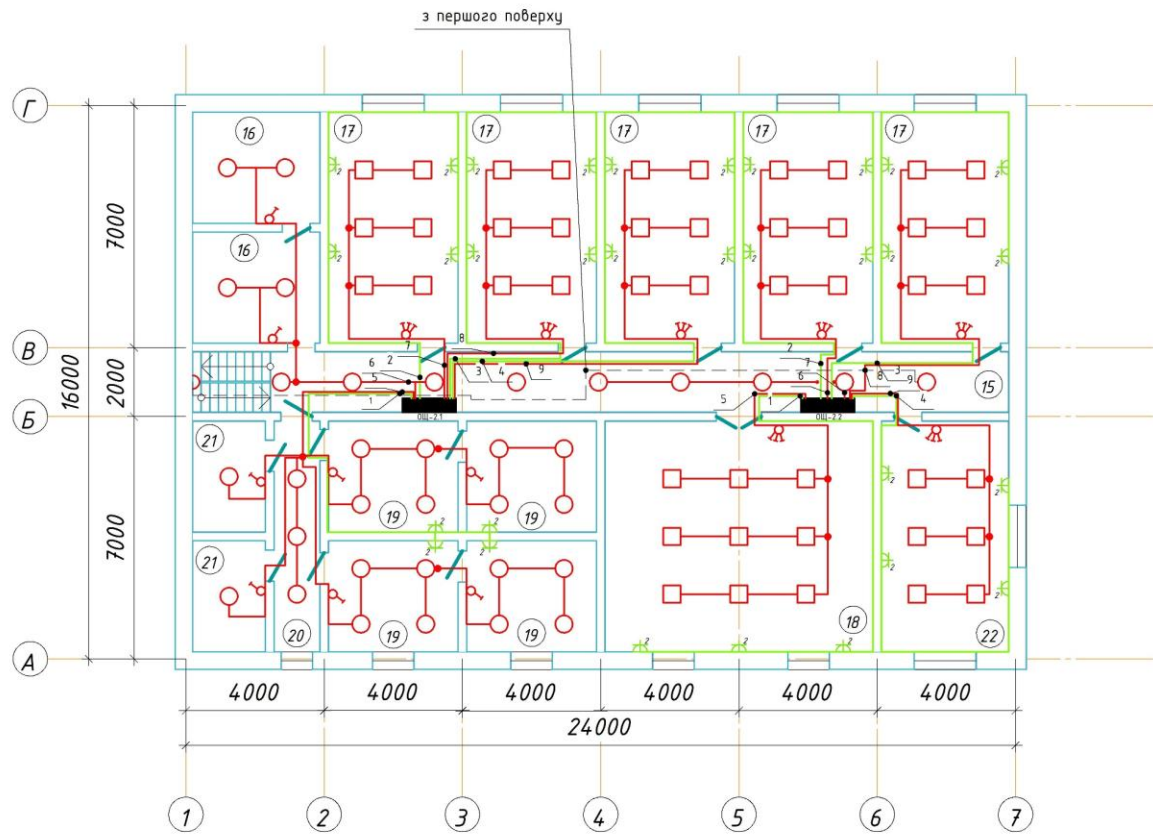


Експлікація приміщень першого поверху

№	Найменування	Площа, м ²	Освітленість, лк	Освітлювальний прилад	P _{оцт} , кВт
1	Тамбур	4,48	100	EVROLIGHT 18 Вт LED-SS-225-18	0,018
2	Приміщення вахтера	5,55	150	EVROLIGHT 18 Вт LED-SS-225-18	0,018
3	Санвузол	5,15	100	EVROLIGHT 18 Вт LED-SS-225-18	0,018
4	Коридор	11,05	75	EVROLIGHT 18 Вт LED-SS-225-18	0,054
5	Офісне приміщення	36,17	300	EVROLIGHT ОПАЛ-В 36 Вт	0,324
6	Офісне приміщення	30,21	300	EVROLIGHT ОПАЛ-В 36 Вт	0,216
7	Офісне приміщення	23,53	300	EVROLIGHT ОПАЛ-В 36 Вт	0,216
8	Офісне приміщення	23,03	300	EVROLIGHT ОПАЛ-В 36 Вт	0,216
9	Коридор	34,38	75	EVROLIGHT 18 Вт LED-SS-225-18	0,126
10	Офісне приміщення	23,03	300	EVROLIGHT ОПАЛ-В 36 Вт	0,216
11	Електрощитова	9,28	75	EVROLIGHT 18 Вт LED-SS-225-18	0,018
12	Конференц-зал	30,63	300	EVROLIGHT ОПАЛ-В 36 Вт	0,216
13	Конференц-зал	43,3	300	EVROLIGHT ОПАЛ-В 36 Вт	0,324
14	Кабінет охорони	16,86	300	EVROLIGHT ОПАЛ-В 36 Вт	0,144

Умовні позначення

Графічне позначення	Пояснення
	Світлодіодний світильник круглий
	Світлодіодний світильник (панель)
	Розетка із заземленням
	Робочий щиток освітлення (ОЩ)
	Аварійний щиток освітлення (ОЩА)
	Провід робочого щитка (розетки)
	Провід робочого щитка (освітлення)
	Провід аварійного щитка
	Вимикач однополюсний
	Вимикач двополюсний
	Вимикач триполюсний
	Номер приміщення
	Датчик руху

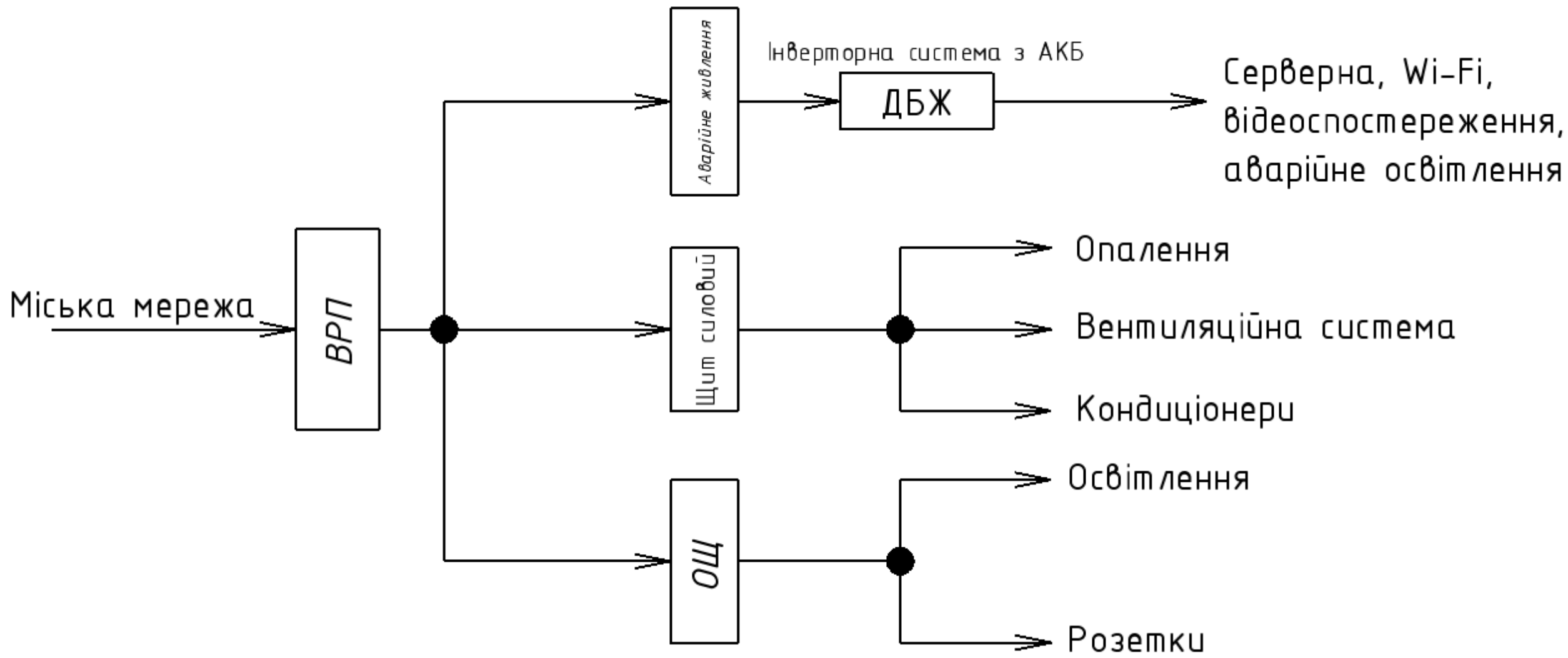


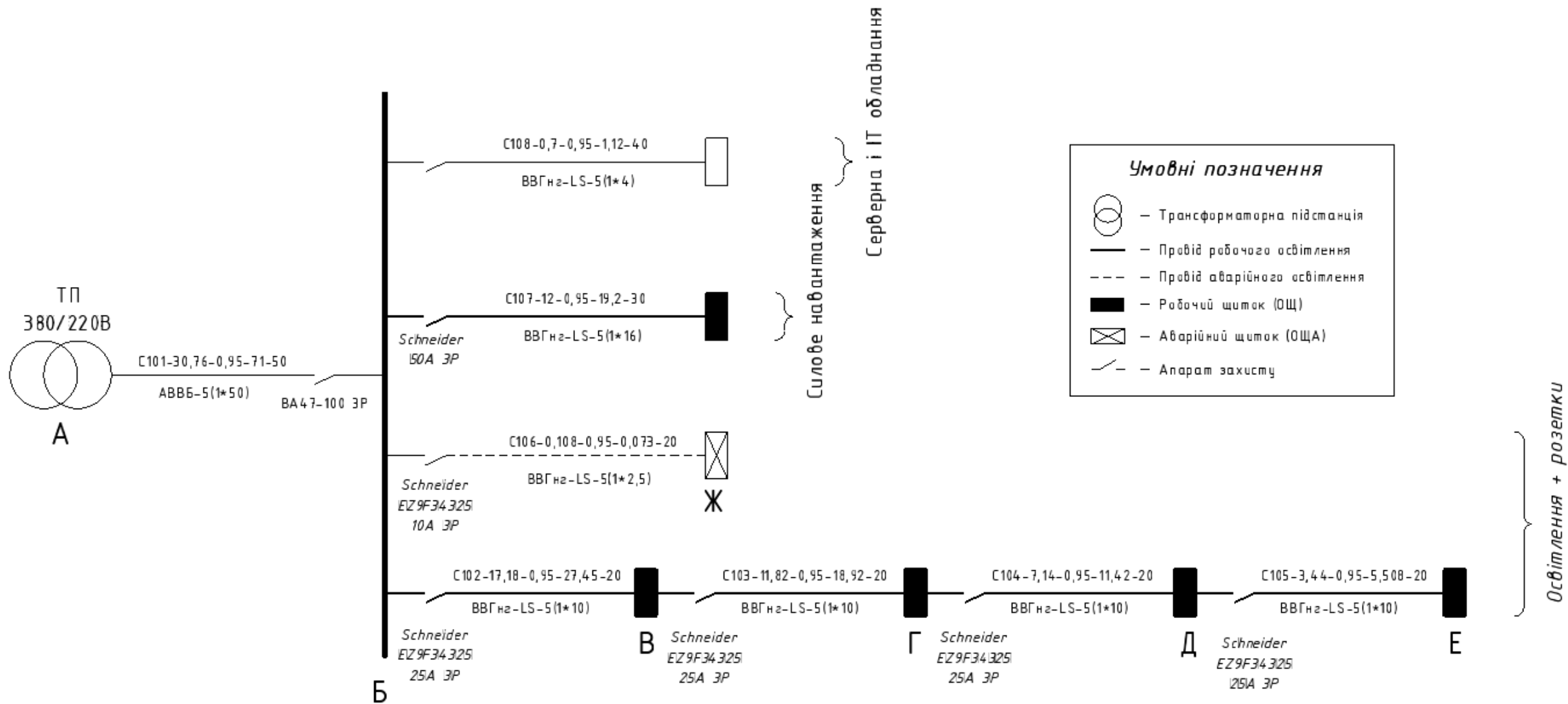
Умовні позначення

Графічне позначення	Пояснення
	Світлодіодний світильник круглий
	Світлодіодний світильник (панель)
	Розетка із заземленням
	Робочий щиток освітлення (ОЩ)
	Аварійний щиток освітлення (ОЩА)
	Провід робочого щитка (розетки)
	Провід робочого щитка (освітлення)
	Провід аварійного щитка
	Вимикач однополюсний
	Вимикач двополюсний
	Вимикач триполюсний
	Номер приміщення
	Датчик руху

Експлікація приміщень другого поверху

№	Найменування	Площа, м ²	Освітленість, лк	Освітлювальний прилад	P _{опт} , кВт
15	Коридор	39,44	75	EVROLIGHT 18 Вт LED-SS-225-18	0,18
16	Технічні приміщення вентиляції	11,41	50	EVROLIGHT 18 Вт LED-SS-225-18	0,036
17	Офісні приміщення	23,53	300	EVROLIGHT ОПАЛ-В 36 Вт	0,216
18	Кухня-їдальня	49,48	200	EVROLIGHT ОПАЛ-В 36 Вт	0,324
19	Технічні приміщення	11,25	100	EVROLIGHT 18 Вт LED-SS-225-18	0,072
20	Коридор	8,25	75	EVROLIGHT 18 Вт LED-SS-225-18	0,048
21	Санвузол	6,54	100	EVROLIGHT 18 Вт LED-SS-225-18	0,018
22	Серверна	23,03	400	EVROLIGHT ОПАЛ-В 36 Вт	0,216





ВИСНОВКИ

У результаті реалізації проєкту модернізації внутрішніх електромереж офісної будівлі було розроблено технічно обґрунтоване рішення, яке забезпечує відповідність сучасним вимогам енергоефективності, надійності, безпеки та стандартам Європейського Союзу.

Запропонована система передбачає впровадження новітнього обладнання, інтелектуального управління освітленням, резервного живлення, а також зонального обліку енергії. Це дозволяє не лише зменшити експлуатаційні витрати, а й забезпечити стабільну роботу офісної інфраструктури в умовах зростаючих навантажень.

У межах роботи проведено аналіз існуючої електромережі офісної будівлі та виявлено її недоліки. Розроблено проєкт модернізації системи електропостачання з урахуванням вимог ДБН, ПУЕ та стандартів ЄС. Виконано розрахунок електричних навантажень, підібрано сучасне обладнання, спроектовано освітлювальні, розеткові та силові мережі. Особливу увагу приділено енергоефективності, захисту від аварій та резервному живленню. Розрахована економічна доцільність проєкту. Робота підтверджує готовність бакалавра до професійної діяльності у сфері електропостачання.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ