

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

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Система освітлення та електропостачання приміщень

громадського (комерційного) призначення житлової будівлі

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТ-41

спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Кушнір М. А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Зінь М. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Мовчан Л. Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Коваль В. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Левицький В. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«___» _____ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня _____ бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Кушніру Максиму Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи – Система освітлення та електропостачання приміщень громадського (комерційного) призначення житлової будівлі.

Керівник роботи Зінь Мирослав Михайлович, к.т.н., доц.

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

Затверджені наказом ректора від «31» Грудня 2025 року № 4/7-52-1162

2. Термін подання студентом завершеної роботи Червень 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Плани приміщень об'єктів проектування, Нормативна документація у сфері освітлення та електропостачання, Характеристики світлових приладів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

ВСТУП

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

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

Титульний аркуш презентації – 1 арк.. Мета та завдання роботи – 1 арк. Експлікація приміщень – 1-2 арк.

Нормативні значення світлотехнічних параметрів систем робочого освітлення – 1-2 арк. Технічні характеристики

світлових приладів 2 арк.. Світлотехнічний розрахунок систем роб та аварійного освітлення – 1 арк. План розміщення

Робочого освітлення – 1 арк.. План розміщення аварійного освітлення 1 – арк.. Електротехнічні розрахунки 1-2 – арк..

Вибір апаратів захисту та провідників – 1 арк.. Принципові схеми електричні 2- арк.. Загальні висновки – 1 арк.

РЕФЕРАТ

Кушнір Максим Андрійович – Система освітлення та електропостачання приміщень громадського (комерційного) призначення житлової будівлі.

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Стор.–64 ; рис. - 5; табл. -21 ; слайдів - 16; джерел - 20; додатків - ____

У цій кваліфікаційній праці виконано розробку надійної та безпечної структури електрозабезпечення житлового будинку та комерційних приміщень із дотриманням усіх нормативних критеріїв стосовно параметрів електронергії.

Було виконано дослідження специфіки розробки плану освітлення, притаманних житлових будинків та торговельних приміщень, а також детально вивчено вимоги до систем розподілу відносно різних груп електроприймачів.

Представлено і аргументовано набір дій для забезпечення належної якості енергопостачання в мережі комерційних приміщень, квартир та загальнобудинкових приміщень.

Обрано найбільш раціональні конфігурації схем, що гарантують високу стійкість, захищеність та оптимізацію характеристик для мешканців та покупців.

Ключові слова: СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧ, ЯКІСТЬ СВІТЛОВОГО ПРИЛАДУ, СЕРЕДНЯ ОСВІТЛЕНІСТЬ, ПОКАЗНИК ДИСКОМФОРТУ, СВІТЛОВИЙ ПОТІК, ВТРАТА НАПРУГИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Вимоги до електропостачання та освітлення житлових споруд системи	8
1.2 Вимоги до електропостачання та освітлення комерційних приміщень	10
1.3 Характеристика об'єкту проектування	11
1.4 Висновки до розділу 1	13
2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Вибір виду та системи освітлення та нормативних світлотехнічних параметрів	15
2.2 Вибір джерел світла та світлових приладів	18
2.3 Вибір світлових приладів для системи аварійного освітлення	20
2.4 Визначення та розрахунок коефіцієнту запасу	24
2.5 Електрична мережа приміщень будівлі	26
2.6 Розрахунок електричної мережі по струму навантаження, вибір перерізу проводів та апаратів захисту	29
2.7 Висновки до розділу	33
3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	35
3.1 Світлотехнічний розрахунок систем штучного освітлення будівлі	35
3.2 Світлотехнічний розрахунок систем робочого та аварійного освітлення	37
3.3 Розрахунок падіння напруги	45
3.4 Розрахунок головного щита	51
3.5 Вибір лічильників	51
3.6 Висновки до розділу	53
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	54
4.1 Заходи, що забезпечують рішення питань електробезпеки	54
4.2 Заходи щодо захисту обладнання від короткого замикання	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63

ВСТУП

Актуальність теми. Світлове середовище є однією з найважливіших складових архітектурно-будівельного простору, яка безпосередньо впливає на зорове сприйняття, психофізіологічний стан, працездатність, здоров'я та загальну фізичну безпеку людини. Створення раціонального, якісного та безпечного штучного освітлення у приміщеннях різного функціонального призначення вимагає глибокого інженерного підходу, оскільки кожна категорія об'єктів висуває унікальні вимоги до параметрів світлового клімату.

Недостатність штучного світла або неправильне розташування світлових приладів призводить до зорового перенапруження, швидкої втомлюваності, головного болю та зниження концентрації уваги. З іншого боку, надлишок яскравості, наявність прямої чи відбитої блискості та високі рівні пульсації джерел світла викликають зоровий дискомфорт, роздратування, а в технічних зонах — створюють небезпечний стробоскопічний ефект, що суттєво підвищує ризик травматизму під час обслуговування обладнання.

Оскільки даний проект розробляється абсолютно з нуля на основі реальних архітектурно-планувальних рішень шестиповерхового житлового будинку комплексу інженерні рішення охоплюють повний спектр світлотехнічного проектування комбінованого об'єкта. На першому поверсі та у підвальному ярусі будівлі одночасно кооперуються різні за функціональним призначенням світлотехнічні зони: житлові приміщення, комерційні площі (торгівля), підвал та інженерно-технічний блок, що потребує диференційованого підходу до кожної окремої точки проектування:

- Житлові приміщення (квартири типу А та Б): потребують створення світлового затишку, оптимальних умов для відпочинку та побутової діяльності.
- Приміщення комерції (торгівля): вимагають високої насиченості світлом, точного відтворення кольорів товарів (індекс кольоропередачі $R_a \geq 80$) та

розрахунку не лише горизонтальної, а й циліндричної освітленості для правильного сприйняття простору покупцями [1].

- Технічні приміщення (електрощитова, насосна, технічне приміщення): характеризуються підвищеними вимогами до надійності електрообладнання, експлуатаційних коефіцієнтів запасу та забезпечення безпеки персоналу під час експлуатації інженерних комунікацій [3].
- Підвал: через повну відсутність природного світла вимагає безперебійного функціонування систем робочого освітлення та обов'язкового розрахунку високонадійного аварійного (евакуаційного та антипанічного) освітлення, яке гарантує безпеку людей і запобігає паніці у надзвичайних ситуаціях [7].

Сучасні вимоги до енергоефективності, ергономіки та екологічності також потребують впровадження новітніх світлодіодних (LED) технологій, які забезпечують високу світлову віддачу за мінімального споживання електроенергії. Рациональне проектування електричних мереж та систем штучного освітлення відповідно до діючих державних будівельних норм ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення" [1] дозволяє знайти оптимальний баланс між якістю світлового середовища, надійністю електропостачання та енергозбереженням.

Звідси актуальність проектування систем освітлення житлових, комерційних технічних приміщень та підвалу з нуля зумовлена необхідністю створення безпечного, функціонального, комфортного та енергоефективного середовища, що повністю відповідає сучасним стандартам світлотехніки та цивільного захисту України.

Мета роботи: розробити комплексні технічні та електротехнічні рішення щодо систем робочого й аварійного штучного освітлення та живильних електричних мереж для житлових, комерційних, технічних приміщень та підвалу об'єкта.

Для досягнення поставленої мети в курсовому проекті були визначені та вирішені такі завдання:

1. Аналіз архітектурно-планувальних особливостей проєктованих об'єктів (та вибір нормованих світлотехнічних параметрів (мінімальної освітленості, коефіцієнта пульсації) для систем робочого й аварійного освітлення приміщень згідно з вимогами ДБН В.2.5-28:2018 .
2. Світлотехнічний розрахунок і комп'ютерне моделювання систем штучного робочого освітлення, а також аварійного (резервного, евакуаційного та антипанічного) освітлення у приміщеннях будівлі з підбором оптимального типу, потужності та розташування світлодіодних світильників .
3. Трасування та розрахунок внутрішніх електричних освітлювальних мереж за допустимим тривалим струмом навантаження та за нормативними втратами (падінням) напруги у лініях для забезпечення II категорії надійності електропостачання.
4. Вибір стандартних марок трижильних мідних кабелів (перерізом 1,5 мм², 2,5 мм² та 4,0 мм²), також вибір комутаційних апаратів і апаратів захисту (автоматичних вимикачів) для ділянок електричної мережі на основі результатів виконаних електротехнічних розрахунків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вимоги до електропостачання та освітлення житлових споруд

Житлові будинки є складною інженерною екосистемою, де режими споживання електроенергії мають виражений циклічний та піковий характер (ранковий та вечірній максимуми). При проектуванні електропостачання багатоквартирного житлового будинку ключовим завданням є правильне визначення розрахункових електричних навантажень, вибір конфігурації живильних і розподільних ліній, а також забезпечення надійності захисних апаратів на всіх рівнях розподілу. Розрахунок навантажень виконується з урахуванням коефіцієнтів одночасності та попиту, які залежать від кількості квартир та типу встановлених плит (газові чи електричні)[2].

Аналіз сучасного стану проектування свідчить про повний перехід від традиційних ламп розжарювання та люмінесцентних джерел світла до світлодіодних (LED) технологій. Це дозволяє кардинально знизити встановлену потужність систем штучного освітлення, зменшити переріз кабельних ліній та знизити втрати потужності в трансформаторах. Водночас спостерігається стрімке зростання навантаження від побутових електроприладів, кліматичного обладнання (кондиціонери, теплові помпи) та систем індивідуального електроопалення або підігріву води. Особливу увагу в сучасній інженерній практиці приділяють класу енергоефективності будівель згідно з ДБН В.2.6-31. Автоматизація та моніторинг освітлення стають обов'язковими елементами для забезпечення класу енергоефективності не нижче «С», що безпосередньо впливає на вибір алгоритмів керування мережами загальнобудинкового призначення (коридори, сходові клітки, вестибюлі).

Окремим аспектом підвищення енергоефективності сучасної житлової будівлі є оптимізація роботи мереж штучного освітлення зон загального користування, зокрема міжповерхових коридорів, тамбурів та сходових кліток.

Традиційні схеми з постійно увімкненими світильниками або ручним керуванням (вимикачами) є неефективними, оскільки призводять до значного перевитрачання електричної енергії у періоди низької інтенсивності руху (особливо в нічні та денні години).

Впровадження світлодіодних світильників з інтегрованими або винесеними датчиками руху (інфрачервоними, мікрохвильовими або комбінованими) та датчиками освітленості є найбільш раціональним технічним рішенням з огляду на кілька ключових факторів:

1. Мінімізація споживання електроенергії (Енергетична ефективність):

Автоматизація дозволяє світильникам працювати на повну потужність лише тоді, коли в зоні їх дії перебуває людина. У решту часу світильники або повністю вимикаються, або переходять у черговий режим (зниження яскравості до 10–20% від номінальної). Це забезпечує економію до 70–85% електроенергії на освітлення коридорів порівняно з неавтоматизованими LED-системами.

2. Зниження розрахункового навантаження мережі та втрат потужності:

З інженерної точки зору, використання датчиків руху знижує коефіцієнт попиту для розрахунку навантаження ліній загальнобудинкового освітлення. Відповідно, зменшується інтегральний тепловий прогрів кабельних ліній та падіння напруги в кінцевих точках мережі, що позитивно позначається на довговічності ізоляції кабелів.

3. Техніко-експлуатаційні переваги LED-технологій при комутації:

На відміну від люмінесцентних ламп, які мають обмежену кількість циклів увімкнення/вимкнення і швидко виходять з ладу через зношування ниток розжарювання чи деградацію люмінофора під час частих пусків, світлодіодні джерела світла практично безінерційні. Вони стійкі до частоті комутації та миттєво виходять на номінальний світловий потік, що робить їх ідеальними для роботи в парі з реле датчиків руху.

4. Продовження експлуатаційного ресурсу обладнання:

Оскільки реальний час роботи світильника на добу зменшується з 24 годин до 2–4 годин (сумарно за періодами активації), термін служби LED-матриці та

вбудованого драйвера (джерела живлення) подовжується в кілька разів, що суттєво знижує експлуатаційні витрати обслуговуючих компаній на заміну обладнання.

Згідно з ДБН В.2.5-23:2010, надійність електропостачання житлових будинків визначається їх поверховістю та кількістю квартир. Будинки з кількістю квартир більше 16 або заввишки понад 5 поверхів відносяться до II категорії надійності [2]. Проте, споживачі протипожежних пристроїв, ліфтів, систем димовидалення, аварійного (евакуаційного) освітлення та котелень незалежно від поверховості належать до I категорії надійності та повинні житися від двох незалежних джерел через пристрої автоматичного ввімкнення резерву (АВР)..

Для житлових кімнат, кухонь та передпокоїв квартир згідно з чинних норм обов'язково передбачається можливість встановлення світильників загального освітлення, які підвішуються або закріплюються на стелі. У місцях підключення світильників у житлових кімнатах, кухонних приміщеннях та передпокоях обов'язковим є встановлення клемних колодок, що підвищує пожежну безпеку при монтажі обладнання користувачами. Нормативні вимоги до розміщення світильників у санвузлах мають підвищену жорсткість через рівень вологості: у туалетах передбачається встановлення світильника загального світла, а у ванних кімнатах — над умивальником (допускається також над дверима) із відповідним ступенем захисту оболонок [3].

1.2 Вимоги до електропостачання та освітлення комерційних приміщень

Вбудовано-прибудовані комерційні приміщення у житлових комплексах (магазини, офіси, аптеки, салони краси) суттєво відрізняються від житлової зони структурою графіків навантаження та технологічними вимогами. Комерційні площі характеризуються високою щільністю технологічного обладнання (потужні системи припливно-витяжної вентиляції та кондиціонування, холодильні

установки, сервери, специфічне силове обладнання). Графік споживання є стабільнішим протягом робочого дня, але сумарні потужності часто перевищують питомі навантаження житлової частини будівлі. Особливо гостро стоїть питання компенсації реактивної потужності, оскільки велика кількість індуктивних навантажень (двигуни вентиляторів, компресори) знижує коефіцієнт потужності ($\cos \phi$) мережі.

У комерційному секторі освітлення виконує не лише утилітарну, а й маркетингову та ергономічну функції. Тут створюються складні багаторівневі системи: загальне заливаюче, акцентне (експозиційне) та декоративне освітлення. При цьому виникає технічне протиріччя між необхідністю забезпечення високої освітленості торгових зон чи робочих місць і жорсткими вимогами щодо обмеження питомої потужності освітлювальних установок для виконання умов енергоефективності.

Електроприймачі підприємств торгівлі та громадського обслуговування з площею торгового залу понад 250 м² відносяться до II категорії надійності [2], а системи протипожежного захисту, охоронної сигналізації та евакуаційного освітлення - до I категорії. Живлення комерційних приміщень, вбудованих у житлові будинки, повинно здійснюватися від окремих ліній безпосередньо від головного розподільного щита (ГРЩ) або ввідно-розподільного пристрою (ВРП) будівлі. Спільне використання живильних кабелів для квартир та комерції суворо заборонено. Обов'язковою є організація самостійного комерційного обліку електроенергії для кожного окремого орендаря чи власника приміщення.

1.3. Характеристика об'єкту проектування

Об'єктом проектування є преший поверх житлового будинку із комерційними приміщеннями, розташований за адресою: Закарпатська область, Мукачівський район, с. Поляна, вул. Курортна, б. 19-А.

Будівля має складну структуру та велику кількість внутрішніх приміщень включаючи технічні приміщення, квартири, підвал та комерційні приміщення.

Більшу частину площі займає підвал та комерція. Загальна площа приміщень становить **1055,42 м²**. Діаграму площ приміщень наведено на рис 1.1



Рисунок 1.1 – Співвідношення сумарних площ приміщень

Таблиця 1.1 – Експлікація приміщень та їх площа

Призначення приміщень	Позначення на плані	Сумарна площа, м ²
Житлові приміщення (квартири):		
— кухонні зони, кухні-вітальня	3А, 3Б	49,51
— спальні кімнати	2Б	13,57
— передпокої, внутрішньоквартирні коридори	1А, 1Б	9,51
— ванні кімнати, вбиральні	2А, 4Б	10,46
Комерційні приміщення:		
— торговельні зали (непродовольчі магазини)	1к, 2к, 3к, 4к, 5к	307,72
— допоміжні приміщення комерції (тамбури)	2.1к, 3.1к, 4.1к, 5.1к	60,97
— комори магазинів	3.3к, 4.2к, 5.3к, 2.2к	18,93
— санвузли загального користування	1.1к, 2.3к, 3.2к, 4.3к, 5.2к	11,53

Призначення приміщень	Позначення на плані	Сумарна площа, м ²
Приміщення інженерних систем:		
— електрощитова будинку	1м	5,02
— насосна станція	2м	17,05
Приміщення загального користування:		
— поверхові коридори	02, 03,	87,03
— вхідна група (тамбур будинку)	01	8,95
Приміщення підвалу :		
— основний зал споруди подвійного призначення	6п	420,80
— Тамбур підвалу	6.1п	8,85
— санвузли	6.2п, 6.2п1, 6.2п2, 6.3п	13,30
— технічне приміщення	3м	9,35
Всього		1 055,95

1.4 Висновки до розділу

1. Визначено види та призначення, проведено їх класифікацію за захисними властивостями.

2. Встановлено основні вимоги до інженерних систем штучного і аварійного освітлення, а також електропостачання багатоквартирних житлових будинків, вбудовано-прибудованих комерційних приміщень та захисних споруд цивільного захисту населення. Обґрунтовано необхідність застосування автоматизованого керування внутрішнім загальнобудинковим освітленням (зокрема, міжповерхових коридорів) за допомогою світильників із датчиками руху з метою виконання умов енергоефективності .

3. Наведено основні відомості про об'єкт проектування — шестиповерховий житловий будинок із громадськими приміщеннями по вул. Курортній у с. Поляна. Встановлено, що загальна площа приміщень, які розглядаються в межах першого поверху та інтегрованого підвального рівня, становить 1055,42 м². Згідно з виконаним просторовим аналізом, найбільшу частку загального інженерного навантаження нижнього ярусу складає

приміщення підвалу (споруда подвійного призначення з властивостями протирадіаційного укриття), площа якого становить 420,80 м², що складає близько 44% від сумарної досліджуваної площі будівлі.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗІД

2.1 Вибір виду та системи освітлення та нормованих світлотехнічних параметрів

Штучне електричне освітлення є невід'ємним фактором забезпечення повноцінної життєдіяльності людини в сучасних будівлях громадського та житлового призначення. При проектуванні систем штучного освітлення для багатофункціонального шестиповерхового житлового будинку комплексу застосовуються дві основні системи освітлення: загальне (рівномірне або локалізовано) та комбіноване. Система загального освітлення призначена для створення нормативних умов видимості не лише безпосередньо на робочих поверхнях, а й у всьому об'ємі приміщення в цілому, що дозволяє вільно орієнтуватися та переміщатися персоналу й мешканцям.

Для проектного об'єкта передбачаються наступні норми системи освітлення:

1. Житлові приміщення (квартири типів А та Б): Рівні освітленості нормуються на рівні підлоги ($\Gamma - 0,0$ м) для передпокоїв, коридорів та спалень, і на умовній робочій поверхні ($\Gamma - 0,8$ м) для кухонь-вітальень з метою забезпечення зорового комфорту, умов для відпочинку та побутової діяльності мешканців будинку відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 [1].

2. Приміщення комерції (торговельні зали та допоміжні зони): характеризуються підвищеними вимогами до інтенсивності та якості світла. У торговельних залах магазинів непродовольчих товарів (приміщення 1К–5К) штучне робоче освітлення влаштовується за загальною рівномірною системою (в зонах розміщення стелажів та прилавків). Крім того є обмеження дискомфортової блискості (UGR), що підвищує привабливість комерційної зони .

3. Технічні приміщення (інженерний блок): включають електрощитову (1м), насосну станцію (2м) та вентиляційну камеру (3м). Тут системи освітлення

мають забезпечувати чітку видимість органів керування, манометрів, засувок та вимірювальних приладів. Застосовується загальне рівномірне освітлення. Обов'язковим є облаштування системи аварійного (резервного) освітлення в електрощитовій та насосній для можливості оперативного переключення інженерних вузлів персоналом у разі вимкнення робочого живлення [3].

4. Підвал (приміщення подвійного призначення): через специфіку розташування у підвальному ярусі характеризується повною відсутністю природного світла. Система штучного загального робочого освітлення розраховується на безперервне функціонування протягом усього періоду перебування людей. Особливе значення має система аварійного освітлення, яка поділяється на евакуаційне та антипанічне. Евакуаційне освітлення шляхів руху (тамбур б.1п, проходи основного залу бп) проектується для забезпечення видимості осей евакуації, а антипанічне освітлення залу запобігає виникненню хаосу та паніки серед населення [7, 8].

Нормованим кількісним світлотехнічним параметром штучного робочого освітлення для всіх зон є мінімальна або середня горизонтальна освітленість (E , лк). Основними якісними параметрами є коефіцієнт пульсації освітленості ($K_{п}$, %), індекс кольоропередачі джерел світла (R_a) та показник дискомфорту (UGR або M). Чисельні значення вибраних нормованих світлотехнічних параметрів для проєктованих приміщень згідно з вимогами додатків Г–Ж ДБН В.2.5-28:2018 [1] зведені у спрощену таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Нормовані світлотехнічні параметри приміщень об'єкта

Призначення приміщень	Позначення на плані	$E_{сер}$, лк	$h_{рп}$, м	UGR	M
1	2	3	4	5	6
— кухонні зони, кухні-вітальня	3А, 3Б	150	0,8	—	—
— спальні кімнати	2Б	150	0	—	—

Продовження таблиці 2.1

Призначення приміщень	Позначення на плані	Есер, лк	Һрп, м	UG R	М
— передпокої, внутрішньоквартирні коридори	1А, 1Б	50	0	—	—
— ванні кімнати, вбиральні	2А, 4Б	50	0	—	—
— торговельні зали (непродовольчі магазини)	1К, 2К, 3К, 4К, 5К	400	0,8	—	40
— допоміжні приміщення комерції (тамбури)	2.1К, 3.1К, 4.1К, 5.1К	75	0	—	—
— комори магазинів	3.3К, 4.2К, 5.3К	75	0	—	—
— санвузли загального користування	1.1К, 2.3К, 3.2К, 4.3к, 5.2к 2.2К	50	0	—	—
— електрощитова будинку	1м	20	0	—	—
— насосна станція	2м	20	0	—	—
— сходові клітки, поверхові коридори	02, 03, 04	20	0	—	—
— вхідна група (тамбур будинку)	01	20	0	—	—
— основний зал споруди подвійного призначення	6п	200	0	—	—
— Тамбур підвалу	6.1п	30	0	—	—
— санвузли	6.2п, 6.2п1, 6.2п2, 6.3п	50	0	—	—
— технічне приміщення	3м	75	0,8	—	—

2.2 Вибір джерел світла та світлових приладів

Ефективність світлотехнічної установки безпосередньо залежить від обґрунтованого вибору джерел випромінювання та відповідної освітлювальної арматури. Зважаючи на жорсткі вимоги сучасних стандартів до енергозбереження та екологічності інженерних систем, у цьому проекті для всіх категорій приміщень обрано напівпровідникові джерела світла — світлодіоди (LED) ламп та вбудованих світлодіодних модулів світильників.

Основними перевагами світлодіодних джерел світла є висока світлова віддача (понад 110–130 лм/Вт), значний експлуатаційний ресурс (не менше 50 000 годин безперервного горіння), низький коефіцієнт пульсації світлового потоку (менше 5–10%), стійкість до механічних вібрацій та перепадів напруги живильної мережі.

- У Квартирах (А,Б): Для освітлення квартири А і Б було використано світильники HUGO 191-230K-10GEEI/840, S,[19] було обрано цей світильник, оскільки прагнув створити естетично цілісний інтер'єр за рахунок єдиного світлового дизайну по всій квартирі. Також цей світильник є дуже гнучкий відносно своєї світлової віддачі. Завдяки нейтральному спектру 3000К він забезпечує мені універсальне денне освітлення, яке однаково добре підходить для побутових завдань на кухні, ранкових процедур у санвузлі, візуального розширення темних коридорів та якісного базового підсвічування житлових кімнат. Окрім того, широке та рівномірне розсіювання світла дозволяє повністю позбутися глибоких тіней, а висока кольоропередача у поєднанні з відсутністю мерехтіння гарантує максимальний зоровий комфорт і безпеку для очей при переході між різними зонами оселі.

- У Внутрішньо поверховому коридорі житлового масиву: Було використано СВІТИЛЬНИК LED ДПБ 9003 12BT IP20 6500K З ДР ТА ДБЖ 1Г ІЕК . Через вмонтований у нього датчик руху для більшої економічності споживання.

- У комерційних залах (магазинах 1К–5К): було обрано LED-панелі ДВО20У-36-011 / -021 «Юпітер»[7], оскільки завдяки стандартному розміру вони ідеально інтегруються в підвісні стелі типу «Армстронг», забезпечуючи швидкий монтаж . Оптимальна потужність 36 Вт та якісна світлодіодна плата дають потужний світловий потік без шкідливого для очей мерехтіння, що критично важливо для підтримки високої працездатності працівників і комфорту клієнтів протягом дня. Окрім того, використання цих панелей дозволяє суттєво знизити витрати бізнесу на електроенергію, а тривалий термін служби світлодіодів позбавляє від необхідності регулярного обслуговування чи заміни ламп, що робить їх максимально практичним вибором для будь-якого комерційного об'єкта. У туалетах комерції застосовано ДПП01В[11], а у коморах ДББ01В Селена-LED-A[10].

- У технічному блоці (електрощитова, насосна, венткамера): Обрано світильники ДББ27У[9] та ДББ26У «Селена-LED»[8] для технічного блоку, оскільки вони спеціально розроблені для суворих умов експлуатації в електрощитових, насосних та венткамерах. Завдяки міцному герметичному корпусу із високим рівнем пило- та вологозахисту (IP), вони надійно захищені від підвищеної вологості

- У підвальному приміщенні подвійного застосування (Підвал/ Укриття): були обрані світильники ДББ26У «Селена-LED» завдяки високому рівню пило- та вологозахисту (IP) і міцному герметичному корпусу, ці світильники бездоганно працюють в умовах підвищеної вологості, вогкості та пилу, які є характерними для підвалів. Світлодіодна технологія забезпечує миттєвий запуск на повну потужність, низьке енергоспоживання та повну відсутність шкідливого мерехтіння, створюючи стабільне, надійне та безпечне для зору освітлення під час тривалого перебування людей у сховищі. Окрім того, компактна та антивандальна конструкція світильника мінімізує ризик механічних пошкоджень у приміщеннях із невисокою стелею, а тривалий термін служби світлодіодів гарантує постійну готовність системи освітлення до екстрених ситуацій без необхідності регулярного обслуговування. Це приміщення в

подальшому передається в обслуговування ОСББ, де спільно з власниками квартир буде вирішуватись як використовувати дане приміщення. В Санвузлах даного приміщення було використано світильники ДББ26У-Селена-LED і ДББ27У Селена-LED-1

Типова крива сили світла (КСС) для всіх внутрішніх світильників при висоті стелі до 4 м обирається косинусна (тип Д), що гарантує раціональний та рівномірний розподіл світлової енергії по розрахунковій площині.

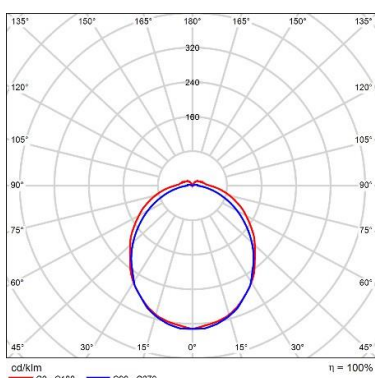
Характеристики вибраних світильників наведені в табл. 2.2.

2.3 Вибір світлових приладів для системи аварійного освітлення

Для освітлення шляхів евакуації використаємо світильник ДПП06У [12], зображення якого приведено на рис. 2.1, а його технічні характеристики – у табл. 2.2.



а)



б)

Рисунок 2.1 – Зображення світильника типу ДПП06У (а) та його крива сили світла (б)

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики світильника ДПП06У-8-231

Напруга живлення, В	220 АС
Потужність, Вт	8
cosφ	0,95
Світловий потік, лм	835
Світлова віддача, лм/Вт	105
Тип кривої сили світла	Д
Корельована колірна температура, К	4000
Клас електрозахисту	I
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Маса, кг	1,8
Температура навколишнього середовища, 120 °С	+5 ... +40
Тривалість роботи в аварійному режимі, год	3

Для підсвічування інформаційних надписів в системі аварійного освітлення використаємо світлові покажчики типу ДБО02ВСП (рис. 2.2) [13], технічні характеристики яких наведено в табл. 2.3.









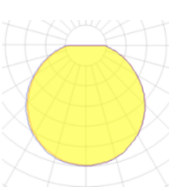
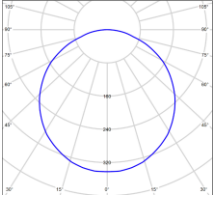
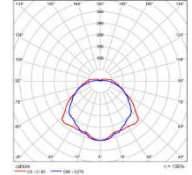
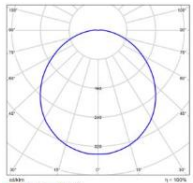
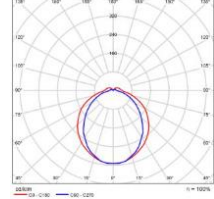
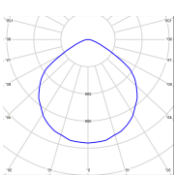
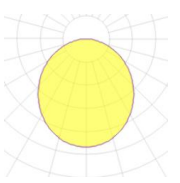
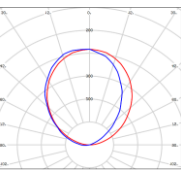


Рисунок 2.2 – Зображення світлового покажчика ДБО02ВСП

Таблиця. 2.3 Технічні характеристики світлового покажчика ДБО02ВСП

Напруга живлення, В	220 АС
Потужність, Вт	3, 6
cosφ	0,95
Клас електрозахисту	I
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Маса, кг	1,8
Температура навколишнього середовища, 120 °С	+5 ... +40
Тривалість роботи в аварійному режимі, год	10

Таблиця 2.3 Характеристики вибраних світлових приладів

Тип світлового приладу	СВІТИЛЬНИК LED ДІБ 9003 12ВТ IP20 6500К З ДР ТА ДБЖ 1Г ІЕК	ДВО20У-36-011, -021 Юпітер-LED-панель	ДББ26У-Селена-LED	ДББ01В Селена-LED-А	ДПП01В	ДВО27У Юпітер-LED-2	HUGE 191-230К-10GEEI/840, S	ДББ27У Селена-LED-1
Зображення світильника								
Напруга живлення, В	230 AC	230 AC	12 AC, DC; 24 AC, DC; 36 AC, DC; 220 AC	230 AC	230 AC	230 AC	230 AC	230 AC 12 AC, 24 AC, 36 AC, 12 DC, 24 DC, 36 DC
Потужність, Вт	12 Вт	36 Вт	12 ... 20	20	5 ... 12	16...33	13...23	6...12
cosφ	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Світловий потік, лм	965	4320	1680 ... 2800	2400	600 ... 1440	2080...4290	1500...2500	780...1560
Світлова віддача, лм/Вт	80	120	120	120	120	130	130	120
Крива сили світла								

продовження таблиці 2.4

Корельована колірна температура, К	6500 К	4000 К	4000К	4000 К	4000 К	4000 К	3000 К	4000К
Клас електрозахисту	I	I	II	I	I	I	I	II
Ступінь пиловологозахисту	IP 20	IP 20	IP 65	IP 40	IP 20	IP 20	IP 40	IP 65
Маса, кг		0,9	0,65	1,3	0,25	1,6...3,2	0,5	0,8
Температура експлуатації, °С	-20 +40	-20 +40	-30....+40	-40...+40	-30...+40	-20...+40	-5...+40	-20....+40
Приміщення, в яких встановлено	01,02,03	1К, 2К, 3К, 4К, 5К	6П, 2Т, 3Т, 6.1П, 6,2П	2.2К, 3.3К, 4.2К, 5.3К	3.2К, 2.3К, 1.1К, 4.3К, 5.2К	2,1К, 3,1К, 4,1К, 5,1К	1А,2А,3А, 1Б,2Б,3Б,4Б	1Т, 6.2П.1, 6.2П.2, 6.2П,

2.4 Визначення та розрахунок коефіцієнта запасу

У процесі довготривалої експлуатації будь-якої освітлювальної установки відбувається природний спад початкових рівнів освітленості на робочих поверхнях. Цей процес зумовлений старінням кристалів світлодіодів, поступовим зниженням прозорості оптичних систем (лінз, розсіювачів), накопиченням пилу на світлотехнічних поверхнях приладів, а також зниженням відбивних властивостей огорожувальних будівельних конструкцій (стелі, стін, підлоги) через їх забруднення[5].

Для компенсації цих втрат та гарантування нормативних параметрів штучного світла наприкінці міжремонтного періоду експлуатації, при розрахунках вводиться коефіцієнт запасу (K_3). Відповідно до положень ДБН В.2.5-28:2018 [1], коефіцієнт запасу розраховується через коефіцієнт експлуатації (MF) за базовими формулами(2.1, 2.2):

$$K_3 = \frac{1}{MF}. \quad (2.1)$$

де MF – коефіцієнт експлуатації

Для внутрішнього електричного освітлення приміщень та будівель інтегральний коефіцієнт експлуатації установки (MF) визначається з урахуванням чотирьох компонентів за наступною формулою [дод. В, 1]:

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF, \quad (2.2)$$

$LLMF$ – коефіцієнт, що враховує зниження світлового потоку джерел світла в світлових приладах, залежно їх часу експлуатації;

LSF – коефіцієнт, що враховує частку кількості працюючих в заданих умовах світлових приладів в приміщенні до їх загальної кількості;

LMF – коефіцієнт експлуатації світильників;

$RSMF$ – коефіцієнт експлуатації поверхонь, котрі обмежують простір приміщення, для якого ведеться розрахунок.

Розрахунок коефіцієнту запасу для кожного приміщення показаний в табл 2.5.

Таблиця 2.5 Розрахунок коефіцієнту запасу

№ п/п	Найменування приміщення	Площа, м ²	Група світильника (за ДБН)	LLMF	LSF	LMF раз на рік	RSMF	MF (коефіцієнт експлуатації)	Kз (коефіцієнт запасу)
Загального користування									
01	Тамбур	8,95	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
02	Коридор	46,95	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
03	Коридор	40	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
1А	Передпокій	3,81	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
2А	Ванна кімната	5,53	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
3А	Кухня-Вітальня	21,58	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
1Б	Передпокій	5,70	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
2Б	Спальня	13,57	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
3Б	Кухня-Вітальня	27,93	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
4Б	Ванна кімната	4,93	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
11к	Санвузол	2,53	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
1К	Комерція (торгівля)	31,60	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
2.1к	Тамбур	15,41	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
2.2к	Коридор	4,64	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
2.3к	Санвузол	2,25	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
2х	Комерція (торгівля)	63,05	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
3.1к	Тамбур	13,86	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
3.2к	Санвузол	2,25	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
3.3к	Комора	6,19	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
3к	Комерція (торгівля)	70,83	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
4.1к	Тамбур	13,70	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
4.2к	Комора	6,46	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
4.3к	Санвузол	2,25	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
4К	Комерція (торгівля)	72,30	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
5.1к	Тамбур	13,36	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
5.2к	Санвузол	2,25	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
5.3к	Комора	6,28	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
5к	Комерція (торгівля)	69,94	Д	0,85	1	0,88	0,95	0,711	1,41
6.1п	Тамбур	8,85	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
6.2п	Санвузол вхід	9,80	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
6.2п1	Санвузол		Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
6.2п2	Санвузол		Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
6.3п	Санвузол для МГН	2,97	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
6п	Підвал	420,80	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
1м	Електрощитова	5,02	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
2м	Насосна	17,05	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32
3м	Техн. приміщення (див. ОВ)	9,35	Д	0,85	1	0,94	0,95	0,759	1,32

2.5 Електрична мережа приміщень будівлі

При проектуванні систем електропостачання багатофункціональних житлових будинків із вбудовано-прибудованими громадськими зонами інженерні рішення щодо конфігурації мереж комерційного сектору вимагають особливого підходу, який базується на обов'язковому встановленні окремого розподільного електричного щита для кожного автономного комерційного об'єкта. Таке технічне рішення є безальтернативним і обґрунтовується наступними техніко-економічними та нормативними чинниками:

– Організація незалежного комерційного обліку електроенергії відповідно до вимог ДБН В.2.5-23:2010 [2] та Правил роздрібного ринку електричної енергії, оскільки кожен орендар або власник комерційного приміщення є самостійним суб'єктом господарювання і повинен розраховуватися за індивідуальним некомунальним тарифом, що вимагає монтажу локальних багатотарифних лічильників безпосередньо у ввідній зоні конкретного споживача та унеможливорює спільне використання ліній із житловою частиною будинку;

– Забезпечення експлуатаційної автономності та селективності захисту мережі, що дозволяє персоналу здійснювати оперативні перемикання, поточне обслуговування або повне знеструмлення приміщення в неробочі години без ризику порушити режим життєзабезпечення сусідніх об'єктів, а також гарантує, що будь-яка аварія чи коротке замикання всередині окремого комерційного блоку буде локалізовано власним автоматичним вимикачем і не призведе до відключення головного магістрального захисного апарату в Головному розподільному щиті всієї будівлі;

– Чіткий розподіл межі технічної та юридичної відповідальності між ОСББ чи керуючою компанією житлового будинку та комерційним власником, який після точки вводу кабелю у свій індивідуальний щит самостійно відповідає за безпечний стан проводки, проведення регулярних випробувань ізоляції та експлуатацію всього встановленого обладнання;

Тому в кожному приміщенні комерційного типу (1К, 2К, 3К, 4К ,5К) були встановлені розподільні щити позначені на плані як РЩ-1.1, РЩ-1.2, РЩ-1.3, РЩ-1.4 і РЩ-1.5. В кожному з цих щитів є дві групи освітлення та розеток, група аварійного освітлення та група призначення для кондиціонера. Встановлена потужність для кожної з цих груп наведена в табл 2.6 та в табл. 2.7.

Також виведено віддільний щит для кожної з квартир та підвалу/укриття, на плані Щит для квартири А позначений як РЩ-1.6, для квартири Б РЩ-1.7, а для підвалу-укриття 1.8. Встановлена потужність для цих щитів буде наведена в таблицях 2.8, 2.9 та 2.10

Підїзд (01,02,03) та технічні приміщення на плані підєднані до головного щита РЩК. Встановлена потужність якого наведена в табл. 2.11

Таблиця 2.6 Встановлена потужність групових ліній щитів РЩ-1.1-1.4

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.7
Найменування приймача		Робоче освітлення	Робоче освітлення	Аварійне освітлення	Розетки	Розетки	Розетки	Кондиціонер
Встановлена потужність кВт	11,12 2	0,5	0,1	0,022	2,1	2,2	2,2	4

Таблиця 2.7 Встановлена потужність групових ліній щита РЩ-1.5

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.7	Гр.8
Найменування приймача		Робоче освітлення		Аварійне освітлення	Розетки	Розетки	Розетки	Кондиціонер	Теплова завіса
Встановлена потужність кВт	12,992	0,18	0,1	0,012	1,5	1,2	1	4	5

Таблиця 2.8 Встановлена потужність групових ліній щита РЩ-1.6

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.7	Гр.8
Найменування приймача		Робоче освітлення	Робоче освітлення	Розетки	Розетки	Розетки	Розетки	Котел	Плита електрична
Встановлена потужність кВт	13,883	0,056	0,027	2,1	1,4	1,2	1,1	4	4

Таблиця 2.9 Встановлена потужність групових ліній щита РЩ-1.7

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.7	Гр.8
Найменування приймача		Робоче освітлення	Робоче освітлення	Розетки	Розетки	Розетки	Розетки	Котел	Плита електрична
Встановлена потужність кВт	17,191	0,12	0,071	1,3	2,1	1,5	2,1	6	4

Таблиця 2.10 Встановлена потужність групових ліній щита РЩ-1.8

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.7	Гр.8	Гр.9	Гр.10	Гр.11	Гр.12
Найменування приймача		Робоче освітлення	Робоче освітлення	Аварійне освітлення	Розетки	Розетки	Розетки	Розетки	Розетки	Розетки опалення	Розетки опалення	Розетки опалення	Розетки опалення
Встановлена потужність кВт	20,64	0,5	0,6	0,54	1,5	1,5	1,5	1	1,5	3	3	3	3

Таблиця 2.11 Встановлена потужність групових ліній щита РЩк

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.6	Гр.8	Гр.9	Гр.10	Гр.11	Гр.12
Найменування приймача		Робоче освітлення	Робоче освітлення	Аварійне освітлення	Розетки опалення					Насос на станція	Викачуючий насос	Ліфт	П1
Встановлена потужність кВт	10,96	0,12	0,04	0,1	0,75	0,75	0,5	0,5	1,5	1,2	0,5	5	0,5

2.6. Розрахунок електричної мережі по струму навантаження, вибір перерізу проводів та апаратів захисту

Розрахунок виконується для групових ліній, а також для ліній, що забезпечують живлення щитів освітлення та силового обладнання. Головною метою розрахунку є визначення оптимальних перерізів жил кабелів та номінальних струмів апаратів захисту для забезпечення надійної, безперебійної та пожежобезпечної експлуатації електроустановок.

Оскільки більшість групових ліній на об'єкті є однофазними (номінальна напруга живлення ~220-230 В), розрахунок робочого струму навантаження (I_p) виконується за формулою:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_\phi \cdot \cos\varphi} \quad (2.3)$$

де:

- P_p — сумарна розрахункова потужність споживачів (або світильників), кВт, що живляться через дану групову лінію;
- U_ϕ — номінальна фазна напруга мережі ($U_\phi=230$ В);
- $\cos\varphi$ — коефіцієнт активної потужності споживача.

Для живлення трифазового обладнання, наявного на об'єкті (системи кондиціонування, теплові завіси, насосна підстанція), розрахунок робочого струму здійснюється за формулою лінійної напруги:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos\varphi} \quad (2.4)$$

Де $U_L \approx 380$ В, — номінальна лінійна напруга

Величина розрахункової потужності (P_p) для технологічних груп споживачів визначається з урахуванням коефіцієнта попиту за формулою:

$$P_p = K_p \cdot P_y \quad (2.5)$$

де:

- K_p — коефіцієнт попиту, що враховує ймовірність одночасного увімкнення споживачів даної групи;
- P_y — встановлена (загальна паспортна) потужність навантаження, кВт.

Продемонструємо застосування вищезазначеної методики на прикладі групової лінії №1 робочого освітлення для РЩ-1.1-1.4.

Вихідні дані для розрахунку:

- Встановлена потужність навантаження: $P_y=0,5$ кВт;
- Коефіцієнт попиту для даної групи освітлення прийнято: $K_p=1,0$;
- Коефіцієнт потужності для світлодіодних світильників: $\cos\phi=0,95$;
- Номінальна фазна напруга мережі: $U_\phi=230$ В.

Послідовність розрахунку:

1. Визначаємо розрахункову потужність групи:

$$P_p = 1,0 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ кВт}$$

2. Обчислюємо робочий струм навантаження лінії:

$$I_p = \frac{0,5 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,95} = 2,4 \text{ А}$$

Вибір перерізу жил кабелів та номінальних струмів автоматичних вимикачів виконується за умовою забезпечення надійного захисту ліній від надмірного

нагрівання, тривалих перевантажень та коротких замикань (КЗ) відповідно до вимог ПУЕ [3]

Для запобігання термічному руйнуванню та старінню ізоляції параметри лінії повинні жорстко задовольняти нормативну нерівність:

$$I_p \leq I_n \leq I_z \quad (2.6)$$

де:

- I_p — розрахунковий струм лінії, А;
- I_n — номінальний струм автоматичного вимикача, А;
- I_z — тривалий допустимий струм кабелю за ПУЕ для конкретних умов прокладання, А.

Для ліній освітлення перерізом 1.5мм^2 :

- Переріз провідника: Відповідно до ДСТУ Б В.2.5-82:2016, мінімально дозволений переріз мідного кабелю для стаціонарної проводки житлових і громадських будівель становить $1,5\text{мм}^2$. тривалий допустимий струм такого кабелю при прихованій прокладці (в штробі, трубі чи під штукатуркою) становить $I_z \approx 15 \dots 19\text{А}$ [3] (приймаємо найнижчу межу безпеки — 15 А).

- Апарат захисту: Для захисту лінії прийнято автоматичний вимикач номіналом $I_n=10\text{А}$ (з характеристикою типу В або С). Умовний струм спрацювання теплового розчеплювача становить $I_2=1,45 \cdot 10=14,5\text{А}$.

- Перевірка координації: Оскільки $14,5\text{ А} < 15\text{А}$ ($I_2 < I_z$), автомат гарантовано вимкнеться у разі виникнення перевантаження до моменту критичного нагріву мідної жили. Крім того, номінал 10А захищає від вигорання контакти побутових вимикачів та патронів світильників, які конструктивно обмежені максимальним струмом 10 А.

Силові розеточні групи (кабель $2,5\text{ мм}^2$ + автомат 16 А) :

- Переріз провідника: Для розеточних ліній, де можливе підключення потужних побутових приладів, застосовано мідний кабель перерізом $2,5\text{мм}^2$. Його

мінімальний тривалий допустимий струм з при прихованій прокладці становить $I_z \approx 21 \text{ A}$. [3]

- Апарат захисту: Прийнято автоматичний вимикач номіналом $I_n = 16 \text{ A}$.

Умовний струм спрацювання теплового розчеплювача становить: $I_2 = 1,45 \cdot 16 = 23,2 \text{ A}$.

- Перевірка координації: Параметри повністю узгоджуються з вимогами безпеки, оскільки струм тривалого навантаження кабелю перевищує номінал автомата. Також вибір номіналу 16А зумовлений вимогами ДСТУ EN 60884-1, згідно з якими абсолютно всі стандартні побутові розетки розраховані на максимальний струм 16А [20].

Встановлення автомата на 20А захистило б кабель, але дозволило б спалити саму розетку.

Зважаючи на проведені розрахунки, нормативні вимоги ПУЕ та критерії селективності, для захисту обраних кабельних ліній прийнято надійні комплекси захисної апаратури.

Для ліній електроосвітлення, де використовується кабель ВВГнг-нд 3х1,5, обрано автоматичний вимикач номіналом 10 А. Такий вибір обґрунтовано тим, що струм теплового спрацювання автомата (14,5 А) є меншим за тривалий допустимий струм самого кабелю (15 А), що гарантує повний захист ізоляції від перегріву та передчасного старіння. Крім того, номінал 10 А чітко відповідає конструктивним обмеженням стандартних побутових вимикачів світла та патронів люстр, запобігаючи вигоранню їхніх контактів під час комутацій.

Для силових розеточних груп, виконаних кабелем ВВГнг-нд 3х2,5, прийнято автоматичний вимикач номіналом 16 А. Цей номінал ідеально координується з параметрами провідника, оскільки умовний струм відключення автомата (23,2 А) не дозволяє трижильному кабелю вийти за межі його термічної стійкості (21 А). Важливим фактором є і те, що номінал 16 А чітко відповідає максимальному дозволеному струму самих штепсельних розеток, повністю виключаючи ризик їх оплавлення при підключенні потужної побутової техніки [20].

Для живлення кондиціонерів та інших трифазних технологічних споживачів, де закладено кабель ВВГнг-нд 5х4, передбачено встановлення триполюсних

автоматичних вимикачів номіналом 20А або 25А. Конкретний номінал захисту підбирається індивідуально під розрахунковий струм кожного пристрою. Він узгоджується з високою струмовою здатністю кабелю перерізом 4 мм² ($\approx 30\text{А}$) і водночас надійно запобігає хибним спрацюванням теплового розчеплювача під час великих пускових струмів електродвигунів та компресорів.

2.7 Висновки до розділу

1. Виконано вибір нормованих світлотехнічних параметрів систем робочого та аварійного (евакуаційного) освітлення приміщень багатофункціональної житлової будівлі з вбудованими комерційними зонами та підвальним приміщенням відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018.

2. Для робочого та аварійного освітлення приміщень об'єкта проектування вибрано світлові прилади на основі напівпровідникових (LED) джерел світла з косинусною кривою сили світла. Для робочого освітлення торговельних залів комерційних приміщень використано світильники типу ДВО20У «Юпітер» LED, а для житлових кімнат і кухонь квартир — енергоефективні світильники HUGE 191-230К. Для освітлення міжповерхових коридорів, тамбурів та під'їзду застосовано світильники типу ДПБ 9003 з датчиками руху. Для освітлення технічних приміщень (електрощитової, насосної), приміщення гаража, а також залів підвалу-укриття застосовано пиловологозахищені світильники типу ДББ26У та ДББ27У «Селена» LED, які також запропоновано використати в системах аварійного освітлення. Крім того, в системах аварійного та евакуаційного освітлення шляхів руху пропонується використати світильники типу ДПП06У-8-231 та світлові покажчики ДБО02ВСП.

3. На підставі результатів розрахунку за струмом тривалого навантаження та умов спрацювання захисту вибрано площі поперечного перерізу жил кабелів, а також апарати захисту. Для магістральних ліній розподільчої мережі, котрі живлять щити, вибрано кабель типу ВВГнг-д 5×4, для групових ліній живлення загального освітлення — кабель ВВГнг-д 3×1,5 та автоматичні вимикачі номіналом 10 А, а для

силових розеточних груп — кабель ВВГнг-д 3×2,5 та автоматичні вимикачі номіналом 16 А.

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Світлотехнічний розрахунок систем штучного освітлення будівлі

Для забезпечення нормативних умов життєдіяльності мешканців, створення комфортного середовища для відвідувачів і персоналу комерційних зон, а також безпечного перебування людей у підвальних приміщеннях під час надзвичайних ситуацій, виконано комплексний розрахунок системи штучного освітлення будівлі. Автоматизоване світлотехнічне моделювання та верифікація проєкту реалізовані у спеціалізованому програмному комплексі DIALux evo. Це дозволило з високою точністю врахувати архітектурні особливості, тривимірну геометрію простору та оптичні властивості поверхонь для трьох основних функціональних груп приміщень:

1. Житлова частина (квартири): кімнати, кухні, коридори та допоміжні зони, де пріоритетом є комфортне для зору та енергоефективне освітлення.
2. Комерційні приміщення: торгові зали, офісні чи сервісні площі першого поверху, які потребують підвищених рівнів освітленості та якісної передачі кольорів для забезпечення умов праці й залучення клієнтів.
3. Споруда подвійного призначення (підвал/укриття): Споруда яка може використовуватись як укриття так і підвалу для мешканців будинку. Але після здачі будинку ОСББ може прийняти рішення зробити підвал комерційним приміщенням

Основними вихідними даними для проведення комп'ютерного розрахунку та побудови загальної тривимірної моделі об'єкта стали:

- Об'ємно-планувальні параметри: геометрична форма, лінійні розміри та конфігурація приміщень згідно з архітектурно-будівельними кресленнями. Висота приміщень прийнята відповідно до архітектурних рішень. Для комерційних залів висота прийнята 3,45 через подальший монтаж підвісної стелі типу «Армстронг». Для приміщень які безпосередньо є житловою

- частиною будинку висота стелі встановлена як 3,65м, а для підвалу і для приміщень які знаходяться в підвалі(6.2п, 6.2п1, 6.2п2, 6.1п, 1м) висота стелі 3,2
- Оптичні характеристики середовища: коефіцієнти відбиття світлового потоку від основних огорожувальних конструкцій визначені з урахуванням типу оздоблення інтер'єрів і становлять: для стелі - 0,7; для стін - 0,5; для підлоги — 0,2.
 - Параметри робочих площин: висота розрахункових поверхонь (ГП), на яких контролюється нормована освітленість, прийнята індивідуально залежно від технологічного призначення кожного приміщення (наприклад, для підлоги коридорів, холів та укріття — $h_{рп}$ 0,0 м, для кухонь, кабінетів чи комерційних прилавків — $h_{рп}$ 0,8 м — відповідно).
 - Експлуатаційні умови: знецінення світлового потоку в процесі роботи внаслідок природного запилення та старіння світлодіодів враховано через коефіцієнт експлуатації. Для більшості приміщень зі світильниками з класом захисту IP20 значення $MF=0.71$, а для IP40 = 0,76
 - Світлотехнічні характеристики обладнання: точні криві сили світла (КСС), показники потужності та номінальні світлові потоки обраних LED-світильників інтегровані в розрахункове середовище DIALux шляхом імпорту цифрових фотометричних файлів форматів .ies або .ldt безпосередньо з баз даних виробників.

Вибір типів світильників, їхньої кількості, потужності та схеми розташування у просторі здійснювався ітераційним методом. Розрахунок проводився до моменту досягнення показників середньої освітленості та рівномірності, що повністю задовольняють вимоги чинних нормативних документів для житлових, громадських та захисних споруд.

3.2 Світлотехнічний розрахунок систем робочого та аварійного освітлення

Розрахунок продемонструємо на прикладі торговельного залу 5К, санітарного вузла 5.3К та Комори 5.2К. Нормованими світлотехнічними параметрами в системі освітлення цих приміщень є:

- середня освітленість на рівні підлоги комерції – 400 лк;
- індекс блискавості – не більше, ніж 40.

Для системи робочого освітлення приміщення комерції 5К застосуємо 13 світильників типу ДВО20У-36-021 зі світловим потоком 4321 лм кожен. Світильники розмістимо рівномірно у три ряди, як показано на рис. 3.1

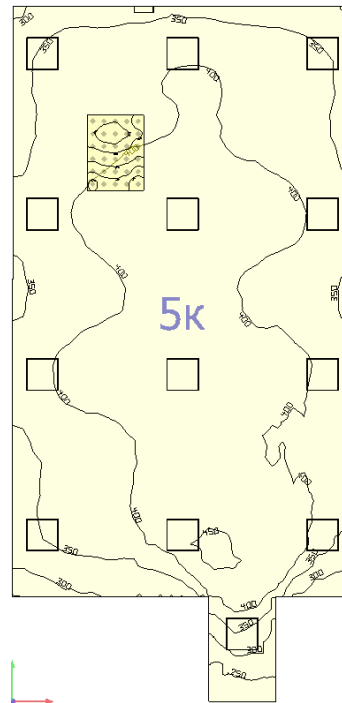


Рисунок 3.1. Графік розподілу освітленості на поверхні підлоги приміщення комерції 5к, створеної системою робочого освітлення

В результаті світлотехнічного розрахунку отримано такі значення

- Мінімальна освітленість $E_{\min}=215$ лк
- Середня освітленість $E_{\text{сер}} = 385$ лк
- Максимальна освітленість $E_{\text{max}} = 455$ лк
- Циліндрична освітленість $E_{\text{цил}} = 186$ лк

Коефіцієнт U_0 розрахуємо за формулою:

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_{сер}} \quad (3.1)$$

Підставивши значення у формулу (2.2) отримаємо:

$$U_0 = \frac{215}{385} = 0.55$$

Що є допустимо.

Індекс блискавості UGR для даного приміщення при такій системі освітлення становить 19, що також є допустимим

Показник дискомфорту можна розрахувати за формулою:

$$M = 10^{\frac{UGR+4.8}{16}} \quad (3.2)$$

Підставивши чисельне значення індексу UGR=19 у формулу (3.2), отримаємо:

$$M = 10^{\frac{19+4.8}{16}} = 30.8$$

Що допустимо, оскільки максимально допустиме значення індексу дискомфорту для таких приміщень становить 40.

Для санвузла (5.2К) застосуємо 1 світильник типу ДПП01В-12-001 Селена-LED-А зі світловим потоком 1440 лм . Світильник розмістимо центрі приміщення, як показано на рис. 3.2.

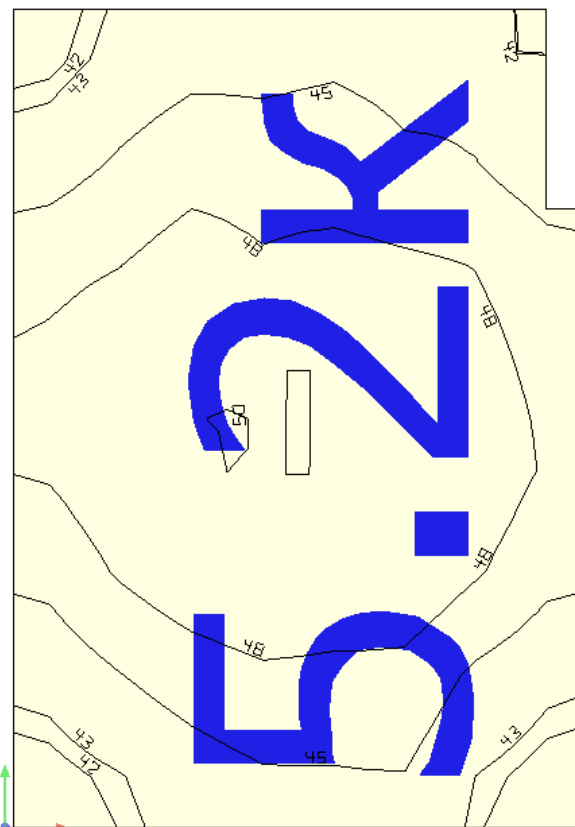


Рисунок 3.2. Графік розподілу освітленості на поверхні підлоги приміщення санвузла 5.2К, створеної системою робочого освітлення.

В результаті світлотехнічного розрахунку отримано такі значення:

- Мінімальна освітленість $E_{\min}=41$ лк
- Середня освітленість $E_{\text{сер}} = 46$ лк
- Максимальна освітленість $E_{\text{max}} = 50$ лк

Аналогічно виконуємо розрахунок робочого освітлення і для інших приміщень, розрахунки наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 Результати світлотехнічного розрахунку системи робочого освітлення

№ на плані	Призначення приміщення	Площа, м ²	Нормовані світлотехнічні					Розраховані світлотехнічні параметри						Тип світильників	Потужність, Вт	Кількість	Встановлена потужність, Вт
			$E_{сер, лк}$	$h_{рп,}$	U_0	$E_{цил, лк}$	M	$E_{min, лк}$	$E_{сер, лк}$	$E_{max, лк}$	U_0	$E_{цил, лк}$	M				
01	Тамбур	8,95	20					15	21,7	26,7	0,7	-	-	LED ДІБ 9003 12ВТ IP20 6500К	12	1	12
02	Коридор	46,95	30					12,7	27,2	37	0,5	-	-	LED ДІБ 9003 12ВТ IP20 6500К	12	5	60
03	Коридор	40	30					15,6	27,8	39,6	0,6	-	-	LED ДІБ 9003 12ВТ IP20 6500К	12	4	48
1А	Передпокій	3,81	50					43,5	50,4	55	0,9	-	-	HUGE 191-230К-10GEEI/840, S	14	1	14
2А	Ванна кімната	5,53	50					40	48	55	0,9	-	-	HUGE 191-230К-10GEEI/840, S	14	1	14
3А	Кухня-Вітальня	21,58	150	0,8				44	136	189	0,4	-	-	HUGE 191-230К-10GEEI/840, S	19	3	57
1Б	Передпокій	5,70	50					36	47	53	0,8	-	-	HUGE 191-230К-10GEEI/840, S	14	1	14
2Б	Спальня	13,57	150					80	155	189	0,6	-	-	HUGE 191-230К-10GEEI/840, S	14	1	14

Продовження таблиці 3.1

№ на плані	Призначення приміщення	Площа, м ²	Нормовані світлотехнічні					Розраховані світлотехнічні параметри						Тип світильників	Потужність, Вт	Кількість	Встановлена потужність, Вт
			$E_{сер, лк}$	$h_{рп,}$	U_0	$E_{цил, лк}$	M	$E_{min, лк}$	$E_{сер, лк}$	$E_{max, лк}$	U_0	$E_{цил, лк}$	M				
3Б	Кухня-Вітальня	27,93	150	0,8				80	163	200	0,5	-	-	HUGE 191-230K-10GEEI/840, S	24	3	72
4Б	Ванна кімната	4,93	50					20	50	55	0,4	-	-	HUGE 191-230K-10GEEI/840, S	24	4	96
11к	Санвузол	2,53	50					44	51	55	0,9	-	-	ДПП 01В-12-001 УЗ	12	1	12
1К	Комерція (торгівля)	31,60	400	0,8		100	40	205	403	532	0,6	180	30,8	ДВО 20У-36-021	36	6	216
2.1к	Тамбур	15,41	75					40	70	81	0,6	-	-	ДВО27У-16-002 ЮПТЕР	16	2	32
2.2к	Коридор	4,64	400	0,8				67	82	94	0,9	-	-	ДББ 01В-20-011	20	1	20
2.3к	Санвузол	2,25	50					41	46	50	0,9	-	-	ДПП 01В-12-001 УЗ	12	1	12
2х	Комерція (торгівля)	63,05	400	0,8		100	40	176	431	578	0,5	190	30,8	ДВО 20У-36-021	36	12	432
3.1к	Тамбур	13,86	75					50	69	83	0,8	-	-	ДВО27У-16-002 ЮПТЕР	16	2	32
3.2к	Санвузол	2,25	50					41	47	51	0,9	-	-	ДПП 01В-12-001 УЗ	12	1	12
3.3к	Комора	6,19	75	0,8				55	74	87	0,8	-	-	ДББ 01В-20-011	20	1	20

Продовження таблиці 3.1

№ на плані	Призначення приміщення	Площа, м ²	Нормовані світлотехнічні					Розраховані світлотехнічні параметри						Тип світильників	Потужність, Вт	Кількість	Встановлена потужність, Вт
			$E_{сер, лк}$	$h_{рп,}$	U_0	$E_{цил лк}$	М	$E_{min, лк}$	$E_{сер, лк}$	$E_{max, лк}$	U_0	$E_{цил лк}$	М				
3к	Комерція (торгівля)	70,83	400	0,8		100	40	260	383	449	0,7	191	30,8	ДВО 20У-36-021	36	13	468
4.1к	Тамбур	13,70	75					54	69	82	0,8	-	-	ДВО27У-16-002 ЮПТЕР	16	2	32
4.2к	Комора	6,46	75	0,8				53	72	86	0,8	-	-	ДББ 01В-20-011	20	1	20
4.3к	Санвузол	2,25	50					42	47	49	0,9	-	-	ДПП 01В-12-001 УЗ	12	1	12
4К	Комерція (торгівля)	72,30	400	0,8		100	40	225	373	427	0,7	187	30,8	ДВО 20У-36-021	36	13	468
5.1к	Тамбур	13,36	75					52	83	97	0,7	-	-	ДВО27У-16-002 ЮПТЕР	16	2	32
5.2к	Санвузол	2,25	50					40	46	50	0,9	-	-	ДПП 01В-12-001 УЗ	12	1	12
5.3к	Комора	6,28	75	0,8				57	76	93	0,8	-	-	ДББ 01В-20-011	20	1	20
5к	Комерція (торгівля)	69,94	400	0,8		100	40	215	385	455	0,6	186	30,8	ДВО 20У-36-021	36	13	468
6.1п	Тамбур	8,85	30					25	35	45	0,8	-	-	ДББ26У-12-102 У1 СЕЛЕНА	12	1	12

Продовження таблиці 3.1

№ на плані	Призначення приміщення	Площа, м ²	Нормовані світлотехнічні					Розраховані світлотехнічні параметри						Тип світильників	Потужність, Вт	Кількість	Встановлена потужність, Вт
			$E_{сер, лк}$	$h_{рп,}$	U_0	$E_{цил, лк}$	М	$E_{min, лк}$	$E_{сер, лк}$	$E_{max, лк}$	U_0	$E_{цил, лк}$	М				
6.2п	Санвузол вхід	9,80	50					42	60	77	0,7	-	-	ДББ26У-20-106 У1 СЕЛЕНА	20	1	20
6.2п1	Санвузол		50					51	58	63	0,9	-	-	ДББ27У-10-014	10	1	10
6.2п2	Санвузол		50					51	58	62	0,9	-	-	ДББ27У-10-014	10	1	10
6.3п	Санвузол для МГН	2,97	50					47	56	63	0,9	-	-	ДББ27У-10-014	10	1	10
6п	Підвал	420,80	200					67	196	255	0,4	-	-	ДББ26У-20-106 У1 СЕЛЕНА	20	55	1100
1м	Електрощитова	5,02	20	0,8				19	25	29	0,8	-	-	ДББ27У-6-011	6	1	6
2м	Насосна	17,05	20	0,8				13	23	33	0,6	-	-	ДББ26У-12-102 У1 СЕЛЕНА	12	1	12
3м	Техн. приміщення (див. ОВ)	9,35	75					50	83	113	0,7	-	-	ДББ26У-16-102 У1 СЕЛЕНА	16	1	16

Аналогічно виконуємо розрахунок і для інших приміщень. Результати розрахунку системи аварійного освітлення (освітлення шляхів евакуації) приведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку системи аварійного (освітлення шляхів евакуації) освітлення приміщень укриття

Таблиця 3.2 Результати розрахунку системи аварійного (освітлення шляхів евакуації)

№ на плані	Призначення приміщення	Площа, м ²	Нормовані параметри		Розраховані параметри			Тип світильника	Потужність, Вт	Клк	Встановлена потужність, Вт
			E_{min} , ЛК	E_{max}/E_{min}	E_{min} , ЛК	E_{max} , ЛК	E_{max}/E_{min}				
01	Тамбур	8,95	0,5	40/1	5,85	18,8	3,3	ДПП06У-8-231-УЗЛ 3.1	8	1	8
02	Коридор	46,95			4,8	25,6	5,4			4	32
03	Коридор	40			6,32	21,8	3,5			3	24
1К	Комерція (торгівля)	31,60			2,26	22,4	10			2	16
2х	Комерція (торгівля)	63,05			2,36	22,5	9,6			2	16
3к	Комерція (торгівля)	70,83			1,1	23,8	21,7			2	16
4К	Комерція (торгівля)	72,30			1,1	24,1	22			2	16
5к	Комерція (торгівля)	69,94			1,1	23,5	21,4			2	16
6п	Підвал	420,80			0,74	26	35,2			6	48
6.2п	Санвузол вхід	9,80			3,4	23	6,8			1	8
1м	Електрощитова	5,02			11	20	1,9			1	8
2м	Насосна	17,05			3,8	21	5,6			1	8
3м	Техн. приміщення (див. ОВ)	9,35			7,6	23,8	3,2			1	8

3.3 Розрахунок падіння напруги

Розрахунок втрат напруги виконано для групових ліній від найвіддаленіших споживачів до розподільних щитів. Падіння напруги ΔU_k на кожній окремій k -ій ділянці мережі розраховується за формулою:

$$\Delta U_k = \frac{M_k}{C \cdot S_k} \quad (3.3)$$

де:

- M_k — електричний момент навантаження споживачів, які живляться через k -ту ділянку, кВт·м;
- C — сталий коефіцієнт, що визначається типом мережі, матеріалом струмопровідних жил провідників та номінальною напругою живлення (для трифазної мідної мережі $C=72$, для однофазної мідної мережі $C=12$);
- S_k — площа поперечного перерізу жил кабелю k -ї ділянки, мм².

Електричний момент навантаження k -ї ділянки визначається як:

$$M_k = P_{yk} \cdot l_k \quad (3.4)$$

де:

- P_{yk} — сумарна встановлена потужність електричних споживачів, які отримують живлення через k -ту ділянку, кВт;
- l_k — довжина k -ї ділянки лінії, м.

Методику розрахунку продемонстровано на прикладі щитів РЩ 1.1-1.4, для групи освітлення, розеток і кондеціонера.

Подільний розрахунок ділянок лінії з розподіленим навантаженням:

- Для Гр.1 робочого освітлення:

$$P_{yk} = 0.5 \text{ кВт}, l_k = 45 \text{ м}, S_k = 1.5 \text{ мм}^2$$

Підставляючи значення у формулу (2.4) знаходимо момент навантаження:

$$M_k = 0.5 \cdot 45 = 22.5 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Падіння напруги на ділянці за формулою (3.3) становить:

$$\Delta U_k = \frac{22.5}{12 \cdot 1.5} = 1.25\%$$

- Для Гр.4 розетки

$$P_{yk} = 2.1 \text{ кВт}, l_k = 45\text{м}, S_k = 2.5 \text{ мм}^2$$

Підставляючи значення у формулу (2.4) знаходимо момент навантаження:

$$M_k = 2.1 \cdot 45 = 94.5 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Падіння напруги на ділянці за формулою (3.3) становить:

$$\Delta U_k = \frac{94.5}{12 \cdot 2.5} = 3.15\%$$

- Для Гр.7 кондиціонер

$$P_{yk} = 4 \text{ кВт}, l_k = 20\text{м}, S_k = 4 \text{ мм}^2$$

Підставляючи значення у формулу (2.4) знаходимо момент навантаження:

$$M_k = 4 \cdot 20 = 80 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Падіння напруги на ділянці за формулою (3.3) становить:

$$\Delta U_k = \frac{80}{72 \cdot 4} = 0.28\%$$

Розрахунок решти групових ліній та ліній розподільчої мережі, які живлять щити та вибір перерізу проводів та апаратів захисту виконуємо аналогічно. Результати розрахунку приведено в таблицях. 3.3-3.8.

Таблиця 3.3 Результати розрахунку електричної мережі РЩ-1.1-1.4

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.7
Найменування приймача		Робоче освітлення		Аварійне освітлення	Розетки	Розетки	Розетки	Кондиціонер
Встановлена потужність кВт	11,122	0,5	0,1	0,022	2,1	2,2	2,2	4
Cos φ		0,95	0,95	0,95	0,92	0,92	0,92	0,8
Струм I ном. (А)		2,4	0,48	0,11	10,38	10,87	10,87	7,61
Довжина лінії (м)	220	45	32	28	45	38	12	20
Розрахунковий переріз		3x1,5	3x1,5	3x1,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	5x4
Падіння напруги, %		1,25	0,18	0,04	3,15	2,79	0,88	0,28
Апарат захисту		PL-6-C10/1	PL-6-C10/1	PL-6-C10/1	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PL-6-C20/N

Таблиця 3.4 Результати розрахунку електричної мережі РЩ-1.5

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.7	Гр.8
Найменування приймача		Робоче освітлення		Аварійне освітлення	Розетки	Розетки	Розетки	Кондиціонер	Теплова завеса
Встановлена потужність кВт	12,992	0,18	0,1	0,012	1,5	1,2	1	4	5
Cos φ		0,95	0,95	0,95	0,92	0,92	0,92	0,8	0,8
Струм I ном. (А)	36,83	0,87	0,48	0,06	7,42	5,93	4,95	7,61	9,51
Довжина лінії (м)	178	35	25	22	32	20	20	12	12
Розрахунковий переріз		3x1,5	3x1,5	3x1,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	5x4	5x4
Падіння напруги, %		0,35	0,14	0,02	1,6	0,8	0,67	0,17	0,21
Апарат захисту		PL-6-C10/1	PL-6-C10/1	PL-6-C10/1	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PL-6-C20/3	PL-6-C20/3

Таблиця 3.5 Результати розрахунку електричної мережі РЩ-1.6

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.7	Гр.8
Найменування приймача		Робоче освітлення	Робоче освітлення	Розетки	Розетки	Розетки	Розетки	Котел	Плита електрична
Встановлена потужність кВт	13,883	0,056	0,027	2,1	1,4	1,2	1,1	4	4
Cos φ		0,95	0,95	0,95	0,92	0,92	0,92	1	1
Струм I ном. (А)		0,27	0,13	10,05	6,92	5,93	5,44	6,09	6,09
Довжина лінії (м)	194	30	25	32	28	22	15	20	22
Розрахуноквий переріз		3x1,5	3x1,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	5x4	5x4
Падіння напруги, %		0,1	0,04	2,24	1,31	0,88	0,55	0,28	0,31
Апарат захисту		PL-6-C10/1	PL-6-C10/1	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PL-6-C20/3	PL-6-C20/3

Таблиця 3.6 Результати розрахунку електричної мережі РЩ-1.7

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.7	Гр.8
Найменування приймача		Робоче освітлення	Робоче освітлення	Розетки	Розетки	Розетки	Розетки	Котел	Плита електрична
Встановлена потужність кВт	17,191	0,12	0,071	1,3	2,1	1,5	2,1	6	4
Cos φ		0,95	0,95	0,92	0,92	0,92	0,92	1	1
Струм I ном. (А)		0,58	0,34	6,43	10,38	7,42	10,38	9,13	6,09
Довжина лінії (м)	251	45	28	38	20	45	33	20	22
Розрахуноквий переріз		3x1,5	3x1,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	5x4	5x4
Падіння напруги, %		0,3	0,12	1,65	1,4	2,25	2,31	0,42	0,28
Апарат захисту		PL-6-C10/1	PL-6-C10/1	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PL-6-C20/3	PL-6-C20/3

Таблиця 3.7 Результати розрахунку електричної мережі РЩ-1.8

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.7	Гр.8	Гр.9	Гр.10	Гр.11	Гр.12
Найменування приймача		Робоче освітлення		Аварійне освітлення	Розетки	Розетки	Розетки	Розетки	Розетки	Розетки опалення	Розетки опалення	Розетки опалення	Розетки опалення
Встановлена потужність кВт	20,6	0,5	0,6	0,54	1,5	1,5	1,5	1	1,5	3	3	3	3
Cos φ		0,95	0,95	0,95	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	1	1	1	1
Струм І ном. (А)		2,4	2,88	2,59	7,42	7,42	7,42	4,95	7,42	13,64	13,64	13,64	13,64
Довжина лінії (м)	560	95	100	55	15	15	15	20	65	38	38	45	49
Розрахунок вий переріз		3x1,5	3x1,5	3x1,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5
Падіння напруги, %		2,64	3	1,65	0,75	0,75	0,75	0,67	3,25	3,8	3,8	4,5	4,9
Апарат захисту		PL-6-C10/1	PL-6-C10/1	PL-6-C10/1	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003

Таблиця 3.8 Результати розрахунку електричної мережі РЩк

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.6	Гр.8	Гр.9	Гр.10	Гр.11	Гр.12
Найменування приймача		Робоче освітлення		Аварійне освітлення	Розетки опалення					Насосна станція	Викачуючий насос	Ліфт	ПІ
Встановлена потужність кВт	10,96	0,12	0,04	0,1	0,75	0,75	0,5	0,5	1,5	1,2	0,5	5	0,5
Cos φ		0,95	0,95	0,92	1	1	1	1	1	0,8	0,8	0,8	0,8
Струм I ном. (А)		0,58	0,2	0,5	3,41	3,41	2,28	2,28	6,82	2,28	2,85	9,49	0,95
Довжина лінії (м)	508	45	60	150	10	10	15	15	50	38	45	50	20
Розрахунок вий переріз		3x1,5	3x1,5	3x1,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	3x2,5	5x2,5	3x2,5	5x6	3x2,5
Падіння напруги, %		0,3	0,14	0,84	0,25	0,25	0,25	0,25	2,5	0,26	0,75	0,58	0,34
Апарат захисту		PL-6-C10/1	PL-6-C10/1	PL-6-C10/1	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PFL6-16/1N/C/003	PL-6-C10/3	PFL6-16/1N/C/003	PL-6-D25/3	PFL6-16/1N/C/004

3.4 Розрахунок головного щита

Розподіл електричної потужності між окремими локальними розподільчими щитами (РЩ-1.1 – РЩ-1.8, РЩк) та визначення параметрів Головного щита виконується на основі системного поєднання двох чинників: встановлених лімітів дозволеної потужності ($P_{\text{дозв}}$) згідно з Технічними умовами (ТУ) енергопостачальної організації та фактичної розрахункової потужності ($P_{\text{роз}}$) окремих функціональних зон будівлі. Згідно з ТУ $P_{\text{дозв}}=102$ кВт, розподіл між щитами і розрахунок наведено в табл. 3.9

Таблиця 3.9 Результати розрахунку електричної мережі ГРЩ

Позначення лінії		Гр.1	Гр.2	Гр.3	Гр.4	Гр.5	Гр.6	Гр.7	Гр.8	Гр.9
Найменування приймача		РЩ-1.1	РЩ-1.2	РЩ-1.3	РЩ-1.4	РЩ-1.5	РЩ-1.6	РЩ-1.7	РЩ-1.8	РЩк
Розрахункова потужність, кВт	102	10	10	10	10	10	10	15	17	10
cosφ		0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Струм, I ном.(А)		15,49	15,49	15,49	15,49	15,49	15,49	23,24	26,33	15,49
Довжина лінії, (м)	383	50	45	40	35	60	50	34	40	29
Розрахунковий переріз (мм ²)		5x6	5x6	5x6	5x6	5x6	5x6	5x10	5x10	5x10
Падіння напруги, %		1,16	1,05	0,93	0,82	1,39	1,16	0,71	0,95	0,41
Апарат захисту		PL-6-C25/3	PL-6-C25/3	PL-6-C25/3	PL-6-C25/3	PL-6-C25/3	PL-6-C25/3	PL-6-C40/3	PL-6-C40/3	PL-6-C40/3

3.5 Вибір лічильників

Для забезпечення надійного комерційного та технічного обліку електричної енергії на сучасних цивільних і промислових об'єктах застосовуються два основні

типи вимірювальних пристроїв: класичні індукційні та мікропроцесорні (електронні) прилади. Конструктивною особливістю індукційних пристроїв є наявність двох основних магнітних елементів — котушки напруги і котушки струму, які при проходженні електричної енергії створюють змінне магнітне поле. Це поле взаємодіє з рухомим елементом і змушує обертатися легкий алюмінієвий диск, який, у свою чергу, через систему передавальних редукторів активує лічильний механізм, що фіксує інтегральний обсяг спожитої енергії. Швидкість обертання диска, а отже, і динаміка збільшення показань на лічильнику безпосередньо залежать від рівня діючої напруги і сили струму в електромережі — чим вищими є поточні параметри навантаження, тим швидше відбувається механічний облік спожитої електроенергії [14].

На відміну від застарілих індукційних аналогів, сучасні електронні лічильники базуються на принципі прямого цифрового перетворення аналогових сигналів, що надходять від первинних датчиків струму та напруги. Внутрішня мікропроцесорна схема здійснює миттєве перемноження та інтегрування сигналів у часі, повністю виключаючи додаткові похибки від механічного тертя рухомих частин, та виводить високоточні дані на рідкокристалічний індикатор (РКІ) [14].

В рамках проектування внутрішніх інженерних мереж електропостачання та організації систем ввідно-розподільчих пристроїв будівлі (ВРП-1 та ВРП-2) як єдиний технічний стандарт для точного трифазного вимірювання споживання електроустановок визначено електронний лічильник прямого включення типу NIK 2303 AP3.1000.MC.11 [14]. Даний вимірювальний прилад призначений для реєстрації активної електричної енергії в прямому напрямку у трифазних чотирипровідних ланцюгах змінного струму з номінальною лінійною напругою 380 В (фазна напруга 220 В) [1]. Пристрій має розширений діапазон робочих струмів від номінального значення 5 А до максимального 120 А, що повністю покриває очікувані розрахункові магістральні навантаження живильних ліній об'єкта та забезпечує високу чутливість вимірювань починаючи з 12,5 мА [14].

Специфічний вибір моделі NIK 2303 у виконанні AP3.1000.MC.11 обумовлений наявністю підвищеного ступеня захисту від стороннього несанкціонованого впливу

постійних і змінних магнітних чи радіополів, а також можливістю зберігання в енергонезалежній пам'яті журналів подій із фіксацією точної дати і часу [14]. Прилад оснащений оптичним портом для локального програмування та зчитування даних і містить модуль додаткового цифрового інтерфейсу зв'язку (індекс «С»), що дозволяє легко інтегрувати його в автоматизовані системи контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ) підприємства для дистанційного моніторингу параметрів мережі в режимі реального часу .

3.6 Висновки до розділу

У третьому розділі роботи виконано вибір комутаційного, захисного та вимірювального обладнання для надійної та безпечної роботи електромережі об'єкта. Задля захисту ліній від коротких замикань, перевантажень та витоків струму обрано сучасні автоматичні вимикачі та диференційні автомати Eaton серій PL6 та PFL6. Параметри захисних апаратів скоординовані відповідно до розрахункових навантажень, що гарантує селективність вимкнення пошкоджених ділянок.

Вибір перерізу мідних кабелів марки ВВГнг-LS проведено за умовою тривалого допустимого струму з урахуванням необхідного інженерного запасу. Для однофазних груп освітлення та розеток закладено трижильні кабелі, а для магістральних трифазних ліній та силового кліматичного устаткування — п'ятижильні провідники, що відповідає вимогам побудови мереж за системою TN-S. Конфігурацію та місткість розподільчих щитів узгоджено з кількістю комутаційних приєднань та категорією надійності споживачів. Було обрано лічильник прямого включення типу NIK 2303 AP3.1000.MC.11

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи, що забезпечують рішення питань електробезпеки.

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від небезпечної і шкідливої дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики [15].

Проходячи через живі тканини людського організму, електричний струм чинить комплексну патологічну дію, яку за характером прояву поділяють на такі види :

- термічна дія – проявляється в інтенсивному тепловому нагріванні тканин, що призводить до виникнення електричних опіків шкірного покриву, коагуляції білків та термічного руйнування внутрішніх органів;
- електролітична дія – виражається в електрохімічному розкладанні й розщепленні органічних рідин, насамперед крові та лімфи, що суттєво змінює їхній фізико-хімічний склад і блокує базові біохімічні процеси;
- біологічна дія – полягає у безпосередньому подразненні й збудженні м'язових та нервових тканин, що супроводжується мимовільними судомними скороченнями скелетних м'язів, легень і серця, аж до фібриляції шлуночків;
- механічна дія – призводить до динамічного розшарування, миттєвого розриву м'яких тканин, судин і зв'язок внаслідок вибухоподібного утворення пари з клітинної рідини під впливом високих температур.

Наслідком зазначених дій є електротравми, які поділяють на місцеві (електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри розплавленими мікрочастинками металу та електроофтальмія від ультрафіолетового випромінювання дуги) та загальні (електричні удари) [3]. За ступенем тяжкості наслідків електричні удари класифікують на чотири категорії: від судом м'язів без втрати свідомості (I ступінь) до стану клінічної смерті за повної відсутності дихання та кровообігу (IV ступінь) [15].

Важкість і наслідки ураження людини визначаються сукупністю факторів, головним із яких є сила струму, що протікає через тіло. Для змінного струму промислової частоти 50 Гц встановлено три порогові значення :

- відчутний струм (0,6–1,5 мА) – викликає легке зуд та поколювання;
- невідпускаючий струм (10–15 мА) – викликає сильні судоми, за яких людина не може самостійно розжати руку і звільнитися від провідника;
- фібриляційний струм (100 мА і більше) – за долі секунди викликає хаотичні скорочення серцевого м'яза і зупинку кровообігу.

При інженерних розрахунках захисних систем електричний опір тіла людини (R_h) приймають рівним фіксованій нормі в 1000 Ом [15]. Збільшення тривалості дії струму стрімко знижує опір шкіри, підвищуючи силу струму за законом Ома та збільшуючи ймовірність смертельного наслідку. Найнебезпечнішими траєкторіями проходження струму через тіло є петлі, які зачіпають серце та мозок («рука–рука», «рука–ноги», «голова–ноги»). Також на рівень безпеки впливає рід струму, оскільки при напругах до 500 В змінний струм є в кілька разів небезпечнішим за постійний .

Основні причини електротравматизму:

Виробничий електротравматизм має чітко виражений ймовірнісний характер і настає внаслідок одночасного збігу кількох випадкових подій та чинників. Науково-технічний аналіз дозволяє згрупувати основні причини виникнення електротравм у три взаємопов'язані категорії [15]:

- технічні причини – пов'язані з незадовільним станом або пробоем робочої ізоляції струмовідних частин через її природне старіння, механічні пошкодження або термічний перегрів, що викликає появу потенціалу на металевих корпусах машин; сюди ж відносять несправність захисних огорожень, блокувань та відсутність систем автоматичного вимкнення;
- організаційні причини – полягають у порушенні або ігноруванні правил експлуатації, допуску до робіт не підготовлених осіб, виконанні робіт без наряду-допуску, а також у невиконанні обов'язкових технічних заходів під

час підготовки робочого місця (відключення напруги, перевірка відсутності напруги, встановлення переносних заземлень);

- психофізіологічні причини – зумовлені безпосередньо людським фактором, зокрема втомою працівника наприкінці зміни, неуважністю, поспіхом, переоцінкою власного професійного досвіду або свідомим нехтуванням виданими засобами індивідуального захисту.

Мінімізація ризиків виробничого травматизму досягається завдяки суворому впровадженню організаційних заходів. Основними інженерними шляхами для зменшення ймовірності ураження є правильна організація експлуатації електроустановок, своєчасне проведення профілактичних оглядів, планово-попереджувальних ремонтів (ППР) та випробувань обладнання.

Організація безпечної роботи вимагає чіткого поділу всіх операцій у діючих електроустановках за формою їх виконання на три категорії :

- роботи, що виконуються за нарядом-допуском (письмове розпорядження на бланку встановленої форми, яке визначає місце, час, склад бригади, відповідальних осіб та перелік технічних заходів підготовки робочого місця);
- роботи, що виконуються за розпорядженням (короткочасні або невідкладні роботи невеликого обсягу, що фіксуються в журналі);
- роботи, що виконуються в порядку поточної експлуатації (прості регулярні операції з обслуговування закріпленого обладнання на основі заздалегідь затвердженого переліку)[15].

До самостійної роботи допускається лише кваліфікований персонал, який пройшов навчання та щорічну перевірку знань. Залежно від рівня підготовки та стажу працівникам присвоюється одна з п'яти груп з електробезпеки: від першої (для неелектротехнічного персоналу після інструктажу) до п'ятої (для інженерно-технічних працівників з правом керівництва роботами в установках будь-якої напруги) [1]. Процедура виконання робіт за нарядом включає обов'язкові етапи: видача наряду, підготовка робочого місця, безпосередній допуск бригади з проведенням

інструктажу, нагляд під час роботи, оформлення перерв та оформлення повного закінчення робіт [15].

Технічні заходи та засоби захисту інтегруються безпосередньо в інженерні схеми електричних мереж і поділяються на засоби захисту від прямого дотику (в нормальному режимі роботи) та засоби захисту від непрямого дотику (при аварійних режимах і пробі ізоляції) [15].

У нормальному режимі безпека забезпечується застосуванням якісної ізоляції струмовідних частин. Крім основної робочої ізоляції використовують додаткову, подвійну та підсилену ізоляцію. Поточний контроль стану ізоляційного шару здійснюється шляхом періодичних замірів опору, де нормативне значення для мереж напругою до 1000 В має бути не меншим за 0,5 МОм [3]. Для обмеження фізичного доступу до відкритих провідників застосовують суцільні або сітчасті захисні огороження, оболонки з відповідним класом захисту (IP), розміщення провідників на недосяжній висоті або приховано всередині стін споруди. Важливу роль відіграють блокування безпеки (механічні, електричні, електромагнітні), які автоматично знеструмлюють обладнання при відкритті захисних кожухів. Для інформування персоналу використовується чітке кольорове маркування фазних і нульових провідників, знаки безпеки та попереджувальна сигналізація [15].

У приміщеннях із підвищеною небезпекою робочу напругу для переносного інструменту обмежують до 42 В, а в особливо небезпечних умовах – до 12 В через знижувальні роздільні трансформатори. При виникненні аварійного режиму та переході потенціалу на металеві неструмовідні корпуси основними інженерними засобами захисту виступають [15]:

- захисне заземлення – навмисне з'єднання корпусів із заземлювальним пристроєм у мережах типу IT для зниження напруги дотику до безпечного рівня (опір заземлювача не повинен перевищувати 4 Ом для мереж до 1000 В);
- захисне занурення або автоматичне вимкнення живлення – застосовується в мережах типу TN-S, TN-C-S з метою створення однофазного короткого замикання при пробі фази на корпус, що викликає миттєве

спрацьовування автоматів чи запобіжників (нормований час вимкнення для напруги 230 В становить не більше 0,4 секунди);

- захисне вимкнення (застосування ПЗВ) – швидкодіючий захист, який реагує на диференційний струм витоку і за доли секунди (до 0,04 с) розмикає коло при фіксації витоку через ізоляцію або тіло людини (номінал спрацьовування 30 мА);
- системи зрівнювання та вирівнювання потенціалів – передбачають жорстке електричне з'єднання всіх сторонніх провідних частин будівлі (трубопроводів, каркасів споруд) між собою та з головною заземлювальною шиною (ГЗШ) для усунення різниці потенціалів.

Поряд зі стаціонарними системами обов'язковим є застосування переносних захисних засобів. Вони поділяються на основні, ізоляція яких надійно витримує робочу напругу і дозволяє працювати безпосередньо на струмовідних частинах (діелектричні рукавички, ізолювальні штанги, покажчики напруги, ізольований інструмент), та додаткові, які застосовують лише разом з основними для захисту від напруги дотику й кроку (діелектричні калоші, боти, гумові килими, переносні заземлення) [15]. Усі засоби захисту підлягають обліку, періодичному огляду раз на шість місяців та регулярним лабораторним випробуванням підвищеною напругою з обов'язковим проставленням інспекційного штампу [15].

Комплексне паритетне поєднання організаційних і технічних заходів дозволяє звести ризик виробничого електротравматизму на підприємстві до мінімально можливого рівня, гарантуючи збереження життя працівників та стабільну експлуатацію всього інженерного комплексу будівлі [15].

4.2 Заходи щодо захисту обладнання від короткого замикання.

Коротке замикання (КЗ) є одним із найбільш руйнівних аварійних режимів в електричних мережах та системах електропостачання промислових об'єктів. Воно виникає внаслідок випадкового або зумовленого аварією електричного з'єднання струмовідних частин різних фаз між собою, з землею або з нульовим провідником через пошкодження ізоляції, механічні дефекти чи помилкові комутаційні дії

персоналу [1]. Струми КЗ можуть у десятки й сотні разів перевищувати номінальні робочі струми мережі, викликаючи два основні небезпечні чинники :

- термічна дія КЗ – полягає в миттєвому виділенні колосальної кількості тепла в провідниках за законом Джоуля-Ленца, що призводить до стрімкого перегріву кабельних ліній, розплавлення металу конструкцій та створює пряму загрозу виникнення масштабних пожеж;
- електродинамічна дія КЗ – проявляється у виникненні надпотужних механічних зусиль між паралельними провідниками (шинами) під впливом різко зростаючих магнітних полів, що здатне деформувати, зігнути або повністю зруйнувати шинні конструкції та опорні ізолятори.

З метою запобігання руйнуванню технологічного устаткування, трансформаторів та кабельних ліній, в інженерній практиці впроваджується комплекс технічних засобів автоматичного захисту, які повинні мати високу швидкодію, надійність та чутливість [15].

Відповідно до нормативно-технічних вимог, захист обладнання від струмів короткого замикання реалізується за допомогою таких апаратів [3]:

- автоматичні вимикачі – універсальні комутаційні пристрої, які оснащуються двома типами розчеплювачів: тепловим (інерційним) для захисту мережі від тривалих перевантажень та електромагнітним (миттєвої дії) захистом, що забезпечує розрив силових контактів за доли секунди при появі надструмів КЗ;
- плавкі запобіжники – прості за конструкцією та високонадійні апарати, принцип захисної дії яких базується на розплавленні (перегоранні) спеціально розрахованої плавкої вставки під дією теплового ефекту струму аварійного режиму, що розриває електричне коло до моменту, поки струм КЗ досягне свого пікового значення;
- пристрої релейного захисту та автоматики (РЗА) – застосовуються для захисту потужного обладнання (трансформаторів підстанцій, генераторів, потужних електродвигунів), реалізуючи функції струмової відсічки або максимального струмового захисту (МТЗ) за допомогою вимірювальних трансформаторів струму та мікропроцесорних логічних блоків;

- струмообмежувальні реактори – спеціальні котушки з високим індуктивним опором, які вмикаються послідовно в лінію живлення для штучного обмеження амплітудного значення струму КЗ, що дозволяє знизити вимоги до динамічної стійкості встановленого на об'єкті щитового обладнання;
- диференційні автоматичні вимикачі – комбіновані апарати захисту, які суміщають у єдиному корпусі функції захисту від коротких замикань, теплових перевантажень, а також модуль захисту від струмів витоку на землю, здійснюючи комплексний захист і лінії, і обслуговуючого персоналу.

Критично важливою інженерною вимогою при розробці та налаштуванні захисту від коротких замикань є забезпечення селективності (вибірковості) спрацьовування комутаційних апаратів [3]. Селективність гарантує, що при виникненні КЗ у будь-якій точці мережі відімкнеться лише той захисний апарат, який розташований найближче до місця пошкодження на нижчому рівні розподілу. Це дозволяє локалізувати виключно аварійну ділянку, залишаючи решту технологічних споживачів будівлі та системи загального користування в нормальному робочому режимі [3]. Правильний розрахунок очікуваних струмів короткого замикання, точний вибір уставки електромагнітних розчеплювачів та калібрування плавких вставок є обов'язковою умовою для проектування надійної електричної мережі будівлі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Визначено види та призначення споруд, проведено їх детальну нормативну класифікацію за місцем розташування та типом.
2. Встановлено основні вимоги до інженерних систем штучного і аварійного освітлення, а також електропостачання багатоквартирних житлових будинків, вбудовано-прибудованих комерційних приміщень та захисних споруд цивільного захисту населення. Обґрунтовано необхідність застосування автоматизованого керування внутрішнім загальнобудинковим освітленням (зокрема, міжповерхових коридорів) за допомогою світильників із датчиками руху з метою виконання умов енергоефективності.
3. Наведено основні відомості про об'єкт проектування — шестиповерховий житловий будинок із громадськими приміщеннями по вул. Курортній у с. Поляна. Встановлено, що загальна площа приміщень, які розглядаються в межах першого поверху та інтегрованого підвального рівня, становить 1055,42 м². Згідно з виконаним просторовим аналізом, найбільшу частку загального інженерного навантаження нижнього ярусу складає приміщення підвалу (споруда подвійного призначення з властивостями протирадіаційного укриття), площа якого становить 420,80 м², що складає близько 44% від сумарної досліджуваної площі будівлі.
4. Виконано вибір нормованих світлотехнічних параметрів систем робочого та аварійного (евакуаційного) освітлення приміщень багатофункціональної житлової будівлі з вбудованими комерційними зонами та підвальним приміщенням відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018.
5. Для робочого та аварійного освітлення приміщень об'єкта проектування вибрано світлові прилади на основі напівпровідникових (LED) джерел світла з косинусною кривою сили світла. Для робочого освітлення торговельних залів комерційних приміщень використано світильники типу ДВО20У «Юпітер» LED, а для житлових кімнат і кухонь квартир — енергоефективні світильники HUGE 191-230К. Для освітлення міжповерхових коридорів, тамбурів та під'їзду застосовано світильники

типу ДПБ 9003 з датчиками руху. Для освітлення технічних приміщень (електрощитової, насосної), приміщення гаража, а також залів підвалу-укриття застосовано пиловологозахищені світильники типу ДББ26У та ДББ27У «Селена» LED, які також запропоновано використати в системах аварійного освітлення. Крім того, в системах аварійного та евакуаційного освітлення шляхів руху пропонується використати світильники типу ДПП06У-8-231 та світлові покажчики ДБО02ВСП.

6. На підставі результатів розрахунку за струмом тривалого навантаження та умов спрацювання захисту вибрано площі поперечного перерізу жил кабелів, а також апарати захисту. Для магістральних ліній розподільчої мережі, котрі живлять щити, вибрано кабель типу ВВГнг-д 5×4, для групових ліній живлення загального освітлення — кабель ВВГнг-д 3×1,5 та автоматичні вимикачі номіналом 10 А, а для силових розеточних груп — кабель ВВГнг-д 3×2,5 та автоматичні вимикачі номіналом 16 А.

7. Комутаційний та захисний апарат: Для захисту електромережі від коротких замикань, перевантажень та витоків струму обрано сучасні автоматичні вимикачі та диференційні автомати Eaton (серій PL6 та PFL6). Параметри апаратів скоординовані з розрахунковими навантаженнями для забезпечення селективності захисту.

8. Кабельно-провідникова продукція: Здійснено вибір мідних кабелів марки ВВГнг-LS за умовою тривалого допустимого струму з інженерним запасом. Для однофазних споживачів (освітлення, розетки) передбачено трижильні кабелі, а для трифазних магістралей та кліматичного обладнання — п'ятижильні, що повністю відповідає системі заземлення TN-S.

9. Облік електроенергії: Для забезпечення точного комерційного чи технічного обліку вибрано трифазний лічильник прямого включення типу НІК 2303 АР3.1000.МС.11.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. — К.: Мінрегіон України, 2018. — 137 с.
2. ДБН В.2.5-23:2010 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ
3. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). — Х.: Вид-во «Форт», 2017.
4. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електроустановки житлових і громадських будинків. Правила проектування та монтажу. — К.: Мінрегіон України, 2016.
5. Курс лекцій з дисципліни “Світлотехнічні установки та системи” для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Уклад.: Я.М. Осадца. – Тернопіль: ТНТУ 2020 – 146 с.
6. Андрійчук, В. , Наконечний, М. , Осадца, Я. і Філюк, Я. 2020. ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА У ВИПАДКУ ІМПУЛЬСНОГО ЖИВЛЕННЯ. *ТЕХНІЧНА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА*. 1 (Січ 2020),
7. ДВО20У URL: <https://vatra.ua/ukr/office-lighting/dvo20u-dpo20u-dso20u-jupiter-led-panel-VATRA>
8. ДДБ26У URL: <https://vatra.ua/ukr/office-lighting/dbb26u-selena-led-VATRA>
9. ДББ27У URL: <https://vatra.ua/ukr/office-lighting/dbb27u-selena-led-1-VATRA>
10. ДББ01В URL: <https://vatra.ua/ukr/office-lighting/dbb01v-selena-led-a-VATRA>
11. ДПП01В URL: <https://vatra.ua/ukr/office-lighting/dpp01v-VATRA>
12. ДПП06У(аварійний).URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP06U.pdf
13. ДБО02ВСП(аварійний). URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBO02VSP.pdf
14. Лічильники електричної енергії трифазні електронні НІК 2303. Настанова з експлуатації. ТОВ «НІК-ЕЛЕКТРОНІКА», 2018. — 44 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://nik-el.com/media/1933/Настанова-з-експлуатації-NIK-2303.pdf>

15. Електробезпека: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв, В. С. Блиндюк, В. В. Панченко, О. Д. Супрун, Д. Л. Сушко. — Харків: УкрДУЗТ, 2018. — 295 с
16. Белякова. І. В. «Монтаж та експлуатація світлотехнічних установок» для студентів за напрямом підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» всіх форм навчання : курс лекцій / І. В. Белякова. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. — 117 с.
17. Тарасенко, М. Г., & Козак, К. М. (2017). MAXIMUM POSSIBLE LUMINOUS EFFICACY OF LIGHT SOURCES. *Lighting Engineering & Power Engineering*, (3), 8–13. Retrieved from <https://lepe.kname.edu.ua/index.php/lepe/article/view/358>
18. 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.
19. HUGE 191-230K-10GEEI/840
https://luminaires.dialux.com/en/article/BX5268IWSqaH7-9G_ZOvAg
20. ДСТУ ІЕС 60884-1:2007 Вилки та розетки побутової та аналогічної призначеності. Частина 1. Загальні технічні вимоги (ІЕС 60884-1:2006, IDT)