

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
Кафедра електроенергетики

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Сергій ЛЕБЕДКА

" ____ " _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
на тему: «Проектування системи електропостачання одноповерхового приватного
котеджу»

Здобувач групи ЕТ.мз-31с Вадим Михайлович ШИЯН

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

(підпис)

_____ **Вадим ШИЯН**

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник канд. фіз.-мат. наук, доцент Михайло ПЕТРОВСЬКИЙ _____

Сумський державний університет

Факультет ЦЗДВН

Кафедра електроенергетики

Спеціальність 8.141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри електроенергетики

Сергій ЛЕБЕДКА

“ ” 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

ШИЯН Вадим Михайлович

ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Проектування системи електропостачання одноповерхового приватного котеджу»

затверджена наказом по університету № _____ від _____

2. Дата здачі студентом закінченої роботи 02.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: план будівлі вузла, розташування силового обладнання, паспортні дані споживачів електроенергії.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити, основні розділи зі змісту): вступ, загальні відомості про об'єкт проектування, розрахунок електричних навантажень, розрахунок електричного освітлення, вибір перерізу провідників, розрахунок струмів короткого замикання, вибір електричних апаратів, охорона праці, розрахунок заземлювального пристрою, економічна частина, висновки.

5. Перелік графічного матеріалу:

- 1) План котеджу;
- 2) План мережі освітлення котеджу;
- 3) План мережі розеток котеджу;
- 4) План мережі силового обладнання котеджу;
- 5) План мережі вентиляційного обладнання котеджу;
- 6) План заземлення

АНОТАЦІЯ

с. 99, рис. 11, табл. 18.

Бібліографічний опис: Шиян В.М. Проектування системи електропостачання одноповерхового приватного котеджу : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра : спец. 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / наук. кер. М.В.Петровський. Суми: Сумський державний університет, 2024. 99 с.

Ключові слова:

Напруга, струм, електропостачання, система освітлення, моделювання, силовий щит, електроприймач, кабельна лінія, струм короткого замикання, автоматичний вимикач, розчіплювач, захист від перевантаження, уставка теплового розчеплювача, уставка струмової відсічки.

Voltage, current, power supply, lighting system, modeling, power panel, power receiver, cable line, short circuit current, circuit breaker, disconnect, overload protection, thermal disconnect setpoint, current breaker setpoint.

Об'єкт дослідження: система електропостачання 0,4/0,22 кВ приватного одноповерхового котеджу.

Короткий огляд.

Проведено розрахунок електричних параметрів системи електропостачання одноповерхового приватного котеджу. В програмі DIALux змодельована система освітлення внутрішніх побутових приміщень котеджу, розраховано навантаження на двох рівнях електропостачання, а також струми короткого замикання в розподільчій мережі 0,4кВ та пікові струми для відстройки розчеплювачів автоматичних вимикачів. Перевірено переріз існуючої повітряної лінії живлення 0,4кВ, обрано та перевірено перерізи кабелів розподільчої мережі 0,4 кВ. Здійснений вибір комутаційних апаратів проектованої розподільчої шафи ШР, що встановлюється на вводі в будівлю приватного котеджу.

Перелік скорочень, умовних позначень, термінів

КЗ – коротке замикання
ККД – коефіцієнт корисної дії
ККУ – комплектні конденсаторні установки
ТП – трансформаторна підстанція
ТС – трансформатор струму
ЦРП – центральний розподільний пункт
ТП – трансформаторна підстанція
ШНВ – шафа низьковольтна вводу
КСО – камера стаціонарна однобічного обслуговування
КТП – комплектна трансформаторна підстанція
КУ – конденсаторна установка
НН – низька напруга
ПС – підстанція
ПУЕ – Правила улаштування електроустановок
РП – розподільний пункт
СВ – струмова відсічка
АД – асинхронний двигун
ВГКЗ – вимикаюча гранична комутаційна здатність
ГПП – головна понижувальна підстанція
ДЖ – джерело живлення
ЕА – електричний апарат
ЕД – електродвигун
ЕО – електрообладнання
ЕП – електроприймач
ЕУ – електроустановка
СЕП – система електропостачання
СРШ – силова розподільна шафа
ТВ – тривалість вмикання
ШНЛ – шафа низьковольтна лінійна
ШРА – шинопровід розподільний алюмінієвий
ЩРО – щиток робочого освітлення

Зміст

Вступ.....	6
1. Вихідні дані	9
2. Розрахунок електричних навантажень	11
2.1. Навантаження електричного освітлення	14
2.2. Розрахунок силового навантаження на першому рівні	21
2.3. Розрахунок силового навантаження на другому рівні.....	24
2.4. Розрахунок силового навантаження на третьому рівні	29
2.5. Розрахунок пікових струмів	29
3. Розрахунок параметрів та вибір провідників.....	31
3.1. Перевірка існуючої ПЛ.....	31
3.2. Вибір перерізу провідників розподільчої мережі 0,4 кВ	35
4. Розрахунок струмів короткого замикання	39
4.1. Розрахунок струмів трифазного КЗ	40
4.2. Розрахунок струмів однофазного КЗ	46
5. Вибір автоматичних вимикачів	52
5.1. Вибір ввідного автоматичного вимикача 0,4кВ	55
5.2. Вибір автоматів розподільчої мережі	58
6. Охорона праці.....	60
6.1. Розрахунок заземлювального пристрою	71
7. Економічна частина	77
Висновки	89
Список використаних джерел	91
ДОДАТКИ.....	93

					MP 5.8.141.327 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата	Проектування системи електропостачання одноповерхового приватного котеджу	Літ.Літ.	Лист	Листів
Розробив		Шиян В.М.					5	99
Керівник		Петровський М.В.				СумДУ, ЕТ.мз-31с		
Консульт.								
Н.контроль		Петровський М.В.						
Завтвер.Зав		Лебедка С.М.						

Вступ

Система електропостачання є однією з найскладніших у технічному виконанні інженерних систем. Від того, наскільки вона правильно спроектована та встановлена, залежить не тільки зручність експлуатації, а й пожежна безпека будівлі. Тому проектування систем електропостачання приватного будинку та котеджу найкраще довірити професіоналам із високою кваліфікацією та досвідом виконання аналогічних робіт.

Багато власників житлових будинків, прагнучих заощадити кошти, наймають приватні бригади для монтажу системи електропостачання. Звичайно, це коштує трохи дешевше, ніж послуги професійних будівельних компаній. Проте, професійне проектування внутрішнього та зовнішнього електропостачання дає власнику заміського будинку безліч переваг:

- **Безпека.** Розробка проекту здійснюється відповідно до нормативних вимог СНіП, ДСТУ, ПУЕ (правила влаштування електроустановок). Тому ризики пов'язані з перегріванням кабелів, виникненням коротких замикань, відмов апаратури через неправильний вибір її потужності практично повністю виключені;

- **Економія коштів.** Як не парадоксально звучить, але зрештою, проектування мереж електропостачання будинку та котеджу, виконане професійною організацією, здатне заощадити кошти. Як під час виконання монтажних робіт, так і при подальшій експлуатації. Метраж кабелю, його перетин, кількість ПЗВ та іншої апаратури буде відомо заздалегідь. Що унеможлиблює необхідність додаткових закупівель різних витратних матеріалів;

- **Зниження витрат на експлуатацію та ремонт.** Власник котеджу матиме на руках схему розташування кабелів, розподільних коробок та інших прихованих елементів комунікацій. Тому під час ремонту суттєво знижується ризик пошкодження кабельних мереж, а у разі необхідної модернізації система

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електропостачання роботи із заміни чи масштабування виконуватимуться з мінімальними пошкодженнями будівельних конструкцій.

Підготовка до проектування електропостачання та технічне завдання

Проектування електропостачання починається зі складання технічного завдання. Як правило, власники нерухомості не мають для цього достатніх технічних знань, тому ТЗ складається разом із представниками компанії підрядника. У документі зазначаються місця встановлення стаціонарного електричного обладнання, а також пропоновані розміщення побутових електроприладів, у тому числі вимикачів керування освітленням, розеток, вентиляційного обладнання тощо.

Замовник повинен надати підрядній організації всю необхідну технічну документацію на будівлю, включаючи план та дизайн проект розташування основних енергоспоживаючих пристроїв та зовнішнього електропостачання. При необхідності на об'єкт виїжджає представник компанії для уточнення інформації, пов'язаної з розташуванням кабелів, матеріалами будівництва та оздоблення тощо.

Також у техзавданні описуються технічні умови, необхідні для підключення об'єкта до загальної мережі електропостачання. Це робоче навантаження та інші параметри, яким має відповідати електрична система заміського будинку.

Проектування електропостачання будівель та споруд, у тому числі житлових приватних котеджів, здійснюється у повній відповідності до вимог нормативної документації — ДБН В.2.5-23:2010, ДСТУ Б В.2.5-38, ДБН В.2.5-27 та глав ПУЕ.

При цьому особливо важливо дотримуватися таких вимог:

- Підключення лічильника електроенергії, а також автоматичного вимикача вводу виконується виключно фахівцями компанії-постачальника електричної енергії;

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

- Все електрообладнання в будинку має отримувати електроживлення від шин щитка, кожна окрема група повинна комплектуватися власним автоматом;
- Стаціонарне обладнання з високим енергоспоживанням (духові шафи, варильні поверхні, водонагрівачі-бойлери) виноситься в окремі групи;
- Вимикачі та розетки підключаються до шин щитка через розподільні коробки.

Якісне та детальне проектування електропостачання потрібно не тільки новим будинкам – електричним проводкам в існуючих будівлях і спорудах також може знадобитися заміна або модернізація. Це питання безпеки і можливості підключення більш потужної техніки, удосконалення системи освітлення і т.д. Порядок робіт залишається незмінним для будь-якого проекту.

Весь процес починається з отримання ТУ на приєднання до електричних систем, де вказується точка під'єднання, рівень напруги і максимального дозволеного навантаження. Також в Технічних умовах можуть зазначатися додаткові вимоги до технічних аспектів улаштування приєднання Споживача до розподільчих мереж.

Проектування електропостачання приватних житлових будинків включає процедури експертизи та погодження проекту. Набагато зручніше довірити цю роботу професіоналам – так вийде швидше і вигідніше.

Після узгодження можна приступати до електромонтажних робіт, а після їх завершення – до пуско-налагодження.

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1. Вихідні дані

В даній роботі розглядається одноповерховий приватний котедж – окремо розташована одноповерхова будівля на земельній ділянці Замовника. Розміри в плані 10,19 x 12,7м. Висота стелі – 2,8м.

Поруч з межею земельної ділянки Замовника розташована існуюча КТП з трансформатором 6/0,4кВ номінальною потужністю 630 кВА.

В РУ-0,4кВ існуючої КТП встановлено існуючий автоматичний вимикач $I_{ном}=100A$ та вимірювальні трансформатори струму 100/5А.

Від вказаного автоматичного вимикача по існуючим опорам прокладено існуючу повітряну лінію ПЛ-0,4кВ, що виконана самонесучим ізольованим проводом марки AsXSn-1,0 з ізоляцією з полімерної композиції, що не розповсюджують горіння.

AsXSn 4x25
ТУ У 27.3-00214534-074:2013
Проводи самонесучі з ізоляцією з полімерної композиції, що не розповсюджують горіння

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Номінальна напруга	кВ	0.6 / 1
Число та номінальний перетин фазних струмопровідних жил	мм ²	4 x 25
Товщина фазної ізоляції	мм	1.4
Допустимі струмові навантаження *		
• тривало	А	130
• при короткому замиканні (не більше 1 с)	кА	2.3
Максимально допустима температура жили		
• тривало	°С	+90
• при короткому замиканні (не більше 5 с)	°С	+250
Діапазон робочих температур	°С	-60 ... +50
Допустима температура прокладки (монтажу), не менше	°С	-20
Мінімальний радіус вигину при прокладанні	мм	209
Розрахунковий зовнішній діаметр кабелю (довідково)**	мм	20.9
Маса (орієнтовно)	кг/км	400

В РУ-0,4кВ існуючої КТП встановлено існуючий автоматичний вимикач $I_{ном}=100A$ та вимірювальні трансформатори струму 100/5А.

Загальна площа приміщень котеджу – 92,16 м², кількість приміщень – 10
Площа кожного приміщення, їх найменування та призначення наведена в Експлікації приміщень.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Експлікація приміщень

№	Найменування	Площа, м ²	Примітка
1	Тамбур	3,64	
2	Коридор	11,13	
3	Кімната №1	10,85	
4	Кімната №2	14,53	
5	Кімната №3	10,76	
6	Комора	2,49	
7	Сан. вузол	0,92	
8	Ванна кімната	5,62	
9	Вітальня	18,28	
10	Кухня	13,94	
Всього:		92,16	

Електроприймачі приєднані до мережі змінної трифазної напруги 380/220В.

Споживачі котеджу мають 3 категорію надійності електропостачання. Ґрунт у районі будівлі котеджу – садова земля з глиною з температурою +20 °С.

Розміри в плані 10,19 x 12,7м. Висота стелі – 2,8м.

Однофазними споживачами є: мережа електричного освітлення, мережа побутових розеток ~220В, насосна станція водопостачання, каналізаційна насосна станція, ванна з джакузі, бойлери на 150л та 30л, мікрохвильова піч, посудомийна та пральна машини, а також системи вентиляції та кондиціонування. Трифазними споживачами є: духовка шафа з грилем та варильна поверхня.

Перелік електрообладнання наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік струмоприймачів

№ за планом	Найменування ЕП	Напруга живлення, В	рном,кВт	cosφ
Гр.1	Освітлення	~220VAC	0,088	0,95
Гр.2	Освітлення	~220VAC	0,14	0,95
Гр.3	Освітлення	~220VAC	0,18	0,95
Гр.4	Освітлення	~220VAC	0,08	0,95
Гр.5	Освітлення	~220VAC	0,132	0,95
Гр.6	Розетки	~220VAC	1,2	0,8
Гр.7	Розетки	~220VAC	1,2	0,8
Гр.8	Розетки	~220VAC	1,2	0,8
Гр.9	Розетки	~220VAC	1,2	0,8
Гр.10	Розетки	~220VAC	0,9	0,8
Гр.11	Розетки	~220VAC	1,4	0,8
Гр.12	Розетки	~220VAC	1	0,8
Гр.13	Розетки	~220VAC	1,5	0,8
НС	Насосна станція водопостачання	~220VAC	1,5	0,74
ВГ	Ванна гідромасажна	~220VAC	0,9	0,85
КС	Насосна станція каналізації	~220VAC	0,6	0,74
Б1	Бойлер 150л	~220VAC	2,4	1
МП	Мікрохвильова піч	~220VAC	0,7	0,8
Б2	Бойлер 30л	~220VAC	1,5	1
ПММ	Посудомийна машина	~220VAC	2,3	0,8
ПМ	Пральна машина	~220VAC	2,2	0,8
ДШГ	Духова шафа з грилем	~380VAC	3,5	0,95
ВП	Варильна поверхня	~380VAC	6,9	1
ПВ	Припливно-витяжна вентиляція	~220VAC	0,905	0,74
К1	Кондиціонер	~220VAC	0,78	0,8
К2	Кондиціонер	~220VAC	0,78	0,8
К3	Кондиціонер	~220VAC	0,78	0,8
К4	Кондиціонер	~220VAC	1,43	0,8
К5	Кондиціонер	~220VAC	0,99	0,8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

10

Потужність споживання ($P_{ном}$) зазначена для групових мереж (освітлення, розеток та вентиляції) та одиночних електроприймачів.

Ввід та розподіл електричної енергії передбачається від проектованої шафи ШР, що встановлюється у приміщенні №1.

2. Розрахунок електричних навантажень

Фактичне значення розрахункового навантаження залежно від кількості ЕП у групі та їх режиму роботи перевищує середнє, якщо розглядаються лише ЕП, або буде нижчим від середнього, якщо враховується ймовірність одночасної роботи всього технологічного устаткування, тобто залежить від рівня в СЕП, на якому визначається навантаження. Тому величину середнього навантаження за максимально завантаженою зміну використовують для визначення розрахункового навантаження.

Піковий струм - це максимальний короточасний струм тривалістю в кілька секунд. Піковим струмом для одного ЕП є пусковий струм ($I_{пуск}$), який виникає при вмиканні одного ЕД.

Для групи ЕП піковий струм ($I_{пик}$) визначається з урахуванням ЕД з найбільшим пусковим струмом.

Пусковий та піковий струми необхідні для вибору уставок розчеплювачів автоматів та плавких вставок запобіжників, визначення розмаху зміни напруги для оцінки допустимості коливань напруги та перевірки можливості самозапуску ЕД.

Кожен ЕП характеризується низкою номінальних параметрів, як-то: напруга, частота струму, коефіцієнт потужності, коефіцієнт корисної дії (ККД) та інших, що зазначаються в паспорті ЕП.

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Вихідні дані для розрахунку навантажень:

- установлена (номінальна) потужність ЕП;
- номінальна напруга ЕП;
- коефіцієнт потужності ЕП;
- режим роботи ЕП (тривалий, ТВ для ЕП повторно-короткотривалого режиму, короткочасний);
- коефіцієнт використання активної потужності;
- фазність ЕП (трифазний або однофазний);
- спосіб приєднання однофазного ЕП (на фазну або лінійну напругу).

Установлена (номінальна) потужність ЕП для ЕД тривалого режиму роботи та всіх видів нагрівальних ЕП - приймається рівною паспортній потужності:

$$P_H = P_{пасп} \quad (2.1)$$

де $P_{пасп}$ - номінальна потужність на валу ЕД, кВт;

- для ЕД повторно-короткочасного режиму роботи - паспортній потужності (кВт), приведеній до відносної ТВ = 1,

$$P_H = P_{пасп} \cdot \sqrt{ТВ_{П}} \quad (2.2)$$

де $ТВ_{П}$ — паспортна тривалість вмикання, в.о;

- для зварювальних трансформаторів:

$$S_H = S_{пасп} \cdot \sqrt{ПВ_{П}} \quad (2.3)$$

$$P_H = S_{пасп} \cdot \sqrt{ПВ_{П}} \cdot \cos \phi_{пасп} \quad (2.4)$$

де $\cos \phi_{пасп}$ - паспортне значення коефіцієнта потужності;

- для кранів номінальні активна та реактивна потужності визначаються як для одного ЕП з сумарною номінальною потужністю:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{H,i} \quad (2.5)$$

$$Q_H = \sum_{i=1}^n Q_{H,i} = \sum_{i=1}^n P_{H,i} \operatorname{tg} \phi_i \quad (2.6)$$

де n - кількість ЕД крана;

$P_{H,i}$ - номінальна активна потужність i -го ЕП;

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$tg\phi_i$ - відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos \phi_i$ i -го ЕП.

Рівні визначення розрахункових навантажень наведені на рисунку 2.1.

Перший рівень електропостачання - це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують окремі ЕП до ПРЕ (шинопроводу, ЩС або силової збірки).

Другий рівень електропостачання - це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують ЩС, силові пункти та збірки, ШРА до збірних шин НН ЦТП або до ШМА.

Третій рівень — це збірні шини НН трансформаторних підстанцій та ШМА.

Обчислення розрахункових навантажень на другому та третьому рівнях електропостачання здійснюється методом розрахункових коефіцієнтів. Цей метод належить до основних методів розрахунку електричних навантажень. Він є найбільш точним і рекомендується при визначенні розрахункових навантажень для груп ЕП, коли відомі дані кожного ЕП [2].

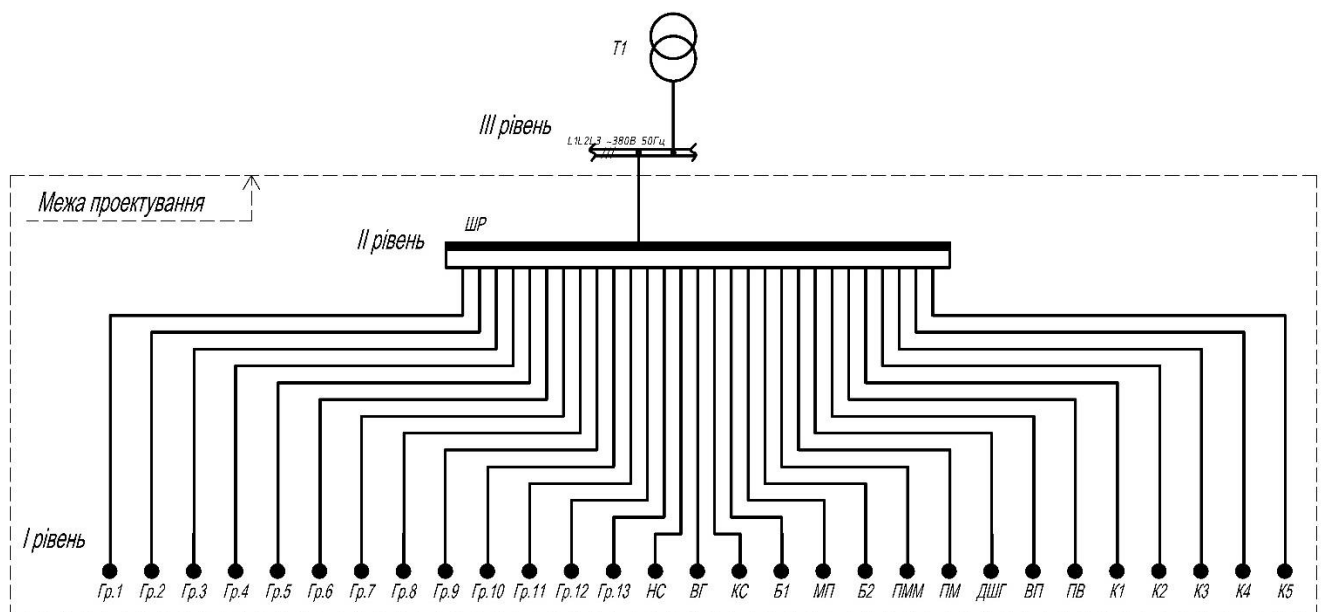


Рисунок 2.1 – Рівні визначення розрахункових навантажень

2.1. Навантаження електричного освітлення

При розрахунку електричних навантажень для великих по площі об'єктів, наприклад цехів чи ангарів, електричне освітлення виробничих приміщень розглядається як трифазне навантаження.

Розрахункове навантаження загального електричного освітлення цеху визначається методом коефіцієнта попиту [1, 4, 6], але для цього слід розрахувати встановлене (номінальне) навантаження загального освітлення цеху $P_{уст.0}$, яке більш точно визначається світлотехнічним розрахунком (методом коефіцієнта використання світлового потоку). У попередніх розрахунках встановлене (номінальне) навантаження загального освітлення цеху можна визначити за формулою:

$$P_{уст.0} = k \cdot p_{П.О} \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (2.31)$$

де k - коефіцієнт, який враховує потужність пускових приладів залежно від джерела світла (для ламп розжарювання приймається $k = 1,0$; для ламп типу МГЛ $k = 1,1$; для ЛЛ низького тиску стартерних $k = 1,2$, безстартерних - $k = 1,35$);

$p_{П.О}$ - питома установа потужність загального освітлення, Вт/м²

F - площа, яка підлягає освітленню, м² (розміри беруться з плану).

Для приміщень приватного котеджу такий спосіб не дуже доречний, адже житлові кімнати та побутові приміщення вимагають іншого підходу до організації системи освітлення.

В даному випадку зручно скористатися програмою DIALux.

Даний програмний продукт дозволить нам змоделювати освітлення для кожного з житлових та побутових приміщень котеджу.

DIALux – це програма для планування, дизайну та розрахунку освітлення, вона може використовувати дані світильників.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Програма підтримує міжнародні та національні стандарти європейських країн та є багатомовною. Програма добре підходить для проектування освітлення в промислових приміщеннях та громадських будинках, а також для планування світлових схем освітлення інтер'єрів, архітектурних підсвічувань будівель, освітлення проїжджих частин та паркових територій.

В результаті роботи програми можна отримати фотореалістичний 3D-вид освітленого приміщення та графічне зображення розподілу світла за заданими приміщеннями або територіями.

Враховуючи, що основні креслення виконуються у електронному форматі «dwg», використовуючи DIALux можна імпортувати план будівлі та використовувати його як підоснову для моделювання приміщень.

Також програма дозволяє наповнювати приміщення різноманітними 3D-об'єктами, такими як меблі, елементи інтер'єрів та екстер'єрів. Можна призначати різноманітні світлотехнічні параметри для поверхонь – коефіцієнти поглинання і відбиття світла, призначати кольори та текстури. В програмі присутні відповідні бібліотеки об'єктів і текстур, також можливе завантаження власних об'єктів та власних текстур у відповідних форматах файлів, які підтримуються програмою DIALux.

Слід зауважити, що також серед можливостей даної програми, є можливість відображення 3D-виду приміщення у фіктивних кольорах. Відображення у фіктивних кольорах спрощує візуальне сприйняття рівнів освітленості у різних точках приміщення, так як при відображенні у фіктивних кольорах, кожному кольору призначається відповідний рівень освітленості в люксах.

Алгоритм роботи у програмі наступний:

- 1) Створюється новий Проект;
- 2) Створюється нове приміщення;
- 3) Моделюється внутрішнє оздоблення – призначаються необхідні для розрахунків параметри для поверхонь стін, стелі та підлоги, за необхідності визначається висота робочої поверхні. Встановлюються вікна і двері. Застосовуються необхідні текстури і кольори.

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- 4) Встановлюються моделі меблів, обладнання та інших предметів, що розташовуються у приміщенні, для яких аналогічно визначаються необхідні для розрахунків параметри поверхонь та застосовуються необхідні текстури і кольори.
- 5) Встановлюється поле розташування освітлювальних приладів та визначаються які саме моделі світильників використовуються. Багато різних виробників освітлювальних приладів випускають і дозволяють використовувати бази з характеристиками розподілу світлових потоків від світильника. Такі бази файлів у форматі «ies» можна підвантажити у програму DIALux. Також можна скористатись автоматичним підбором – для цього при створенні поля світильників необхідно вказати необхідний рівень освітленості робочої площини в Люксах – програма DIALux запропонує оптимальну кількість рядів та кількість світильників у кожному ряду. Запропоновані значення можна редагувати вручну.
- 6) Проводиться розрахунок освітлення у приміщеннях. При необхідності досягнення вищих або нижчих значень освітленості розрахункових поверхонь – проводиться зміна типу використовуваних світильників, їх потужності, кількості та геометрії розташування та проводиться повторний розрахунок. Так відбувається до отримання необхідних рівнів освітленості у кожному окремому приміщенні.
- 7) Після проведення всіх необхідних розрахунків виконується конфігурування результатів. Програма DIALux дозволяє отримати більше ста різних варіантів розрахункових таблиць, специфікацій, видів та схем розташування. Тому, в залежності від глибини і мети розрахунку, необхідно обрати тільки необхідні з усіх можливих варіантів результатів.

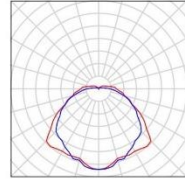
В нашому випадку необхідними нам результатами розрахунків будуть наступні:

- **Відомість світильників**, в якій зазначена загальна кількість використаних у проекті (сумарно по всіх приміщеннях) світильників кожного типу (рисунок 2.2)

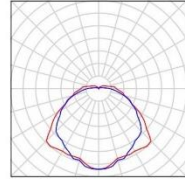
					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Проект 1 / Відомість світильників

15 Шт. ТОВ "ОСП Корпорація Ватра ДББ26У-16-114
У1 Селена-LED
Світлової потік (Світильник): 1920 lm
Потужність світильника: 16.0 W
Класифікація світильників по CIE: 91
CIE Flux Code: 39 70 89 91 100
Комплектація : 1 x 16 /LED (Коефіцієнт поправки 1.000).

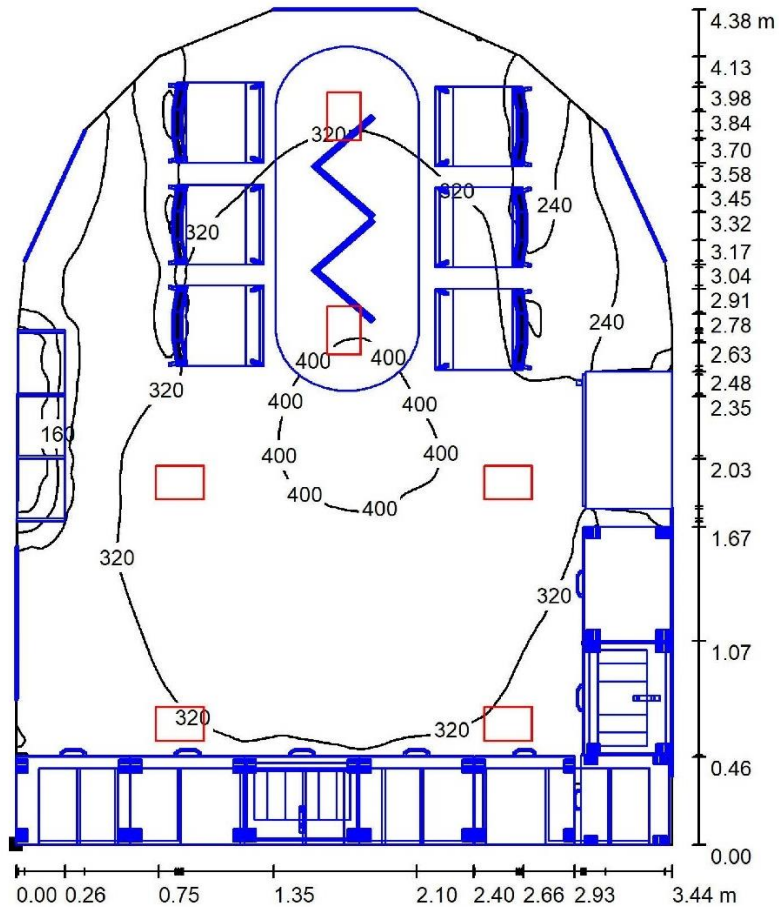


14 Шт. ТОВ "ОСП Корпорація Ватра ДББ26У-20-116
У1 Селена-LED
Световой поток (Светильник): 2400 lm
Мощность светильников: 20.0 W
Класифікація світильників по CIE: 91
CIE Flux Code: 39 70 89 91 100
Комплектація : 1 x 16 /LED (Коефіцієнт поправки 1.000).



План приміщення з ізолініями на якому позначені ізолюкси з вказівкою значення (для прикладу приміщення №10 – рисунок 2.3)

Приміщення 10 / Робоча площина / Ізолінії (E)



Значения в Lux
 E_{cp} [lx] 313 E_{min} [lx] 43 E_{max} [lx] 412 E_{min} / E_{cp} 0.138 E_{min} / E_{max} 0.105

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.327 ПЗ

- Для зручності сприйняття, аналогічний ізолініям вид можна показати у градаціях сірого кольору (рисунок 2.4)

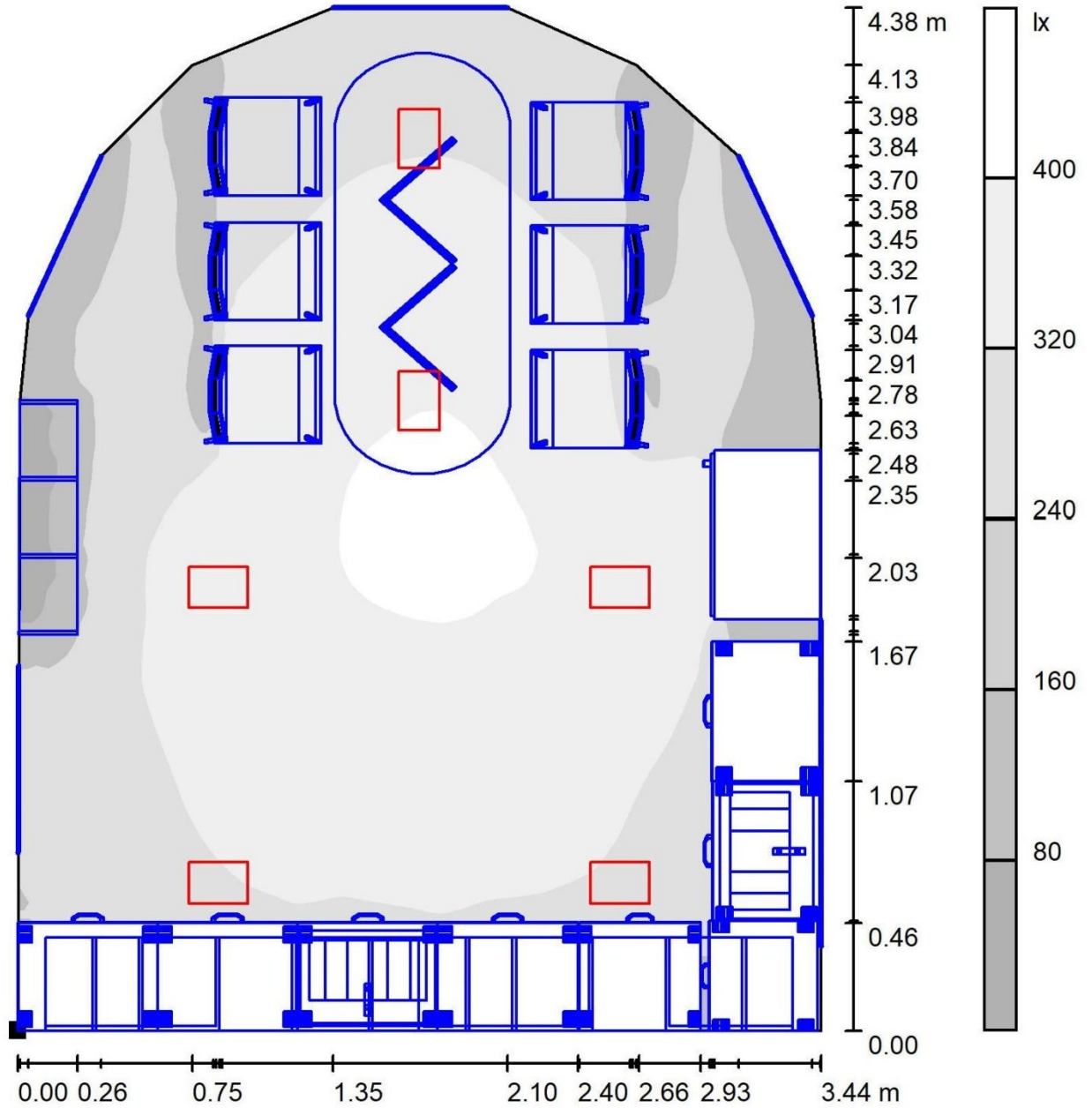
Проект 1



DIALux

26.10.2024

Приміщення 10 / Робоча площина / Градації сірого



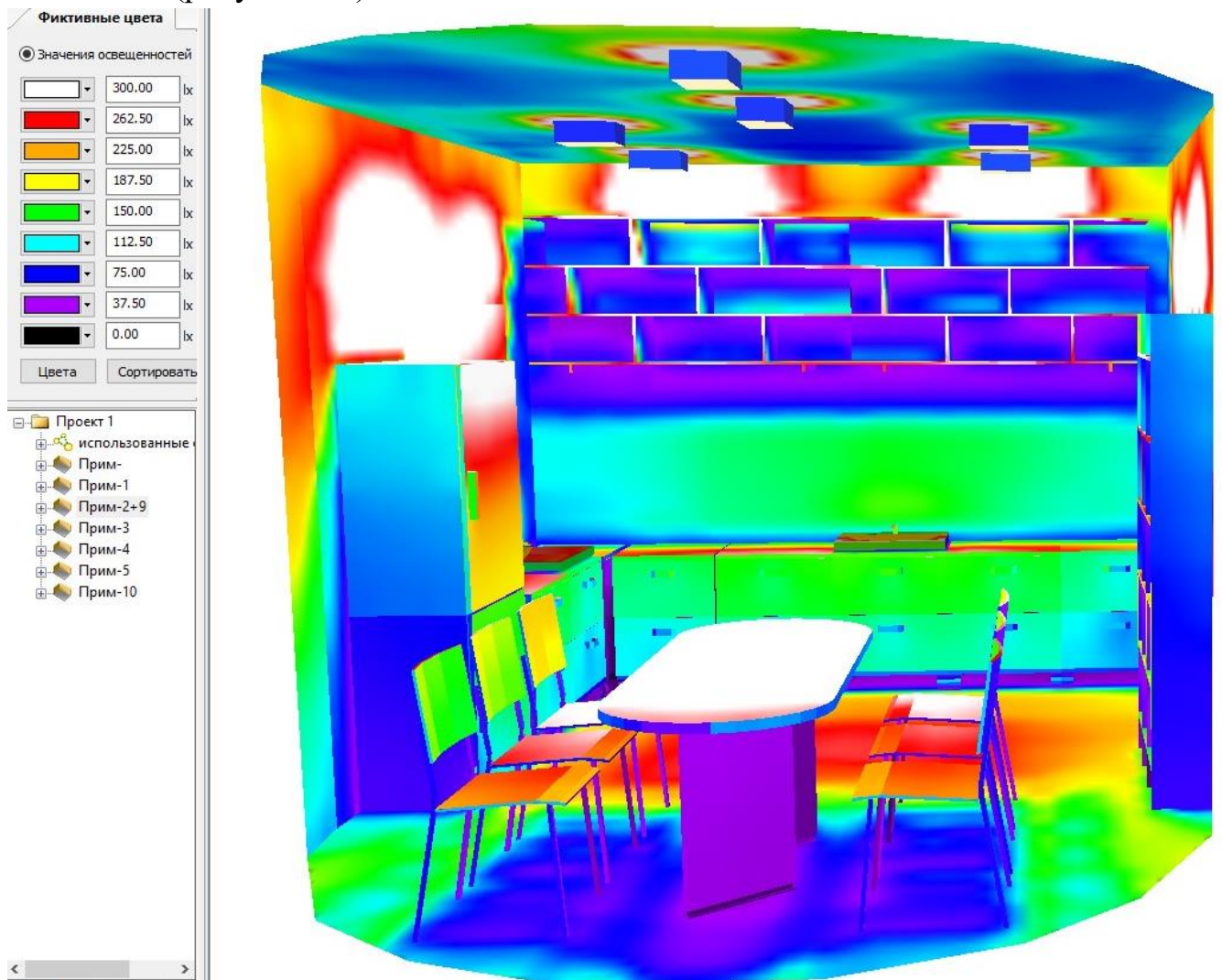
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

18

- В робочому вікні при проектуванні вигляд у фіктивних кольорах (рисунок 2.5)



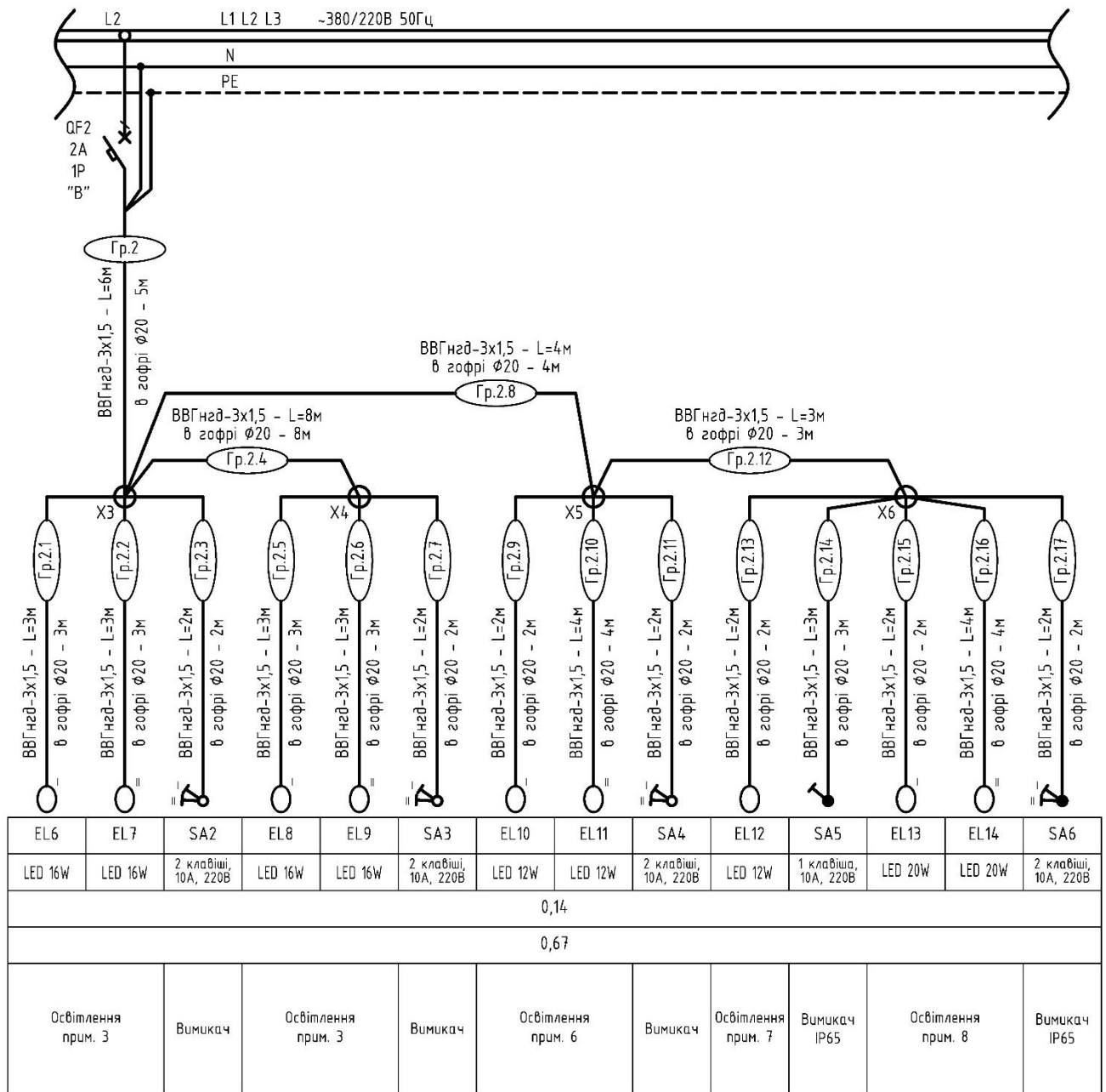
Після проведення всіх необхідних світлотехнічних розрахунків, отримані світильники, у відповідності до координат їх розташування з програми DIALux, позначаються на плані приміщення.

З урахуванням зручності експлуатації та необхідного призначення розташовуються вимикачі освітлення і розподільчі коробки та проводиться розподілення освітлювальних приладів по групам навантаження.

Паралельно проводиться складання однолінійної схеми розподільчої мережі. Для більш точного врахування відрізків кабелів та гофрованих труб, доцільно зображати на однолінійних схемах всі ділянки освітлювальної мережі: до світильників, до вимикачів, між розподільними коробками.

План мережі освітлення котеджу – дивись додаток Б.

Приклад складання однолінійної схеми (на прикладі групи 2) наведено на рисунку 2.6



Розрахункові струми групових мереж освітлення котеджу визначається за формулою (2.35)

$$I_{P.Гр2} = \frac{P_{\text{сум}}}{U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} = \frac{140}{220 \cdot 0,95} = 0,67 \text{ А.}$$

Результати розрахунків наводяться в таблиці 2.1.

2.2. Розрахунок силового навантаження на першому рівні

На першому рівні електропостачання навантаження на лінію (провід, кабель) створюється одним ЕП, тому для всіх таких приєднань при відомому фактичному коефіцієнті завантаження k_3 ЕП розрахункові активні та реактивні навантаження першого рівня електропостачання визначаються за формулами:

$$p_{p.1} = k_3 \cdot p_{ном}, \quad (2.7)$$

$$q_{p.1} = q_{ном} \cdot tg\phi, \quad (2.8)$$

$$s_{p.1} = \sqrt{p_{p.1}^2 + q_{p.1}^2}, \quad (2.9)$$

$$I_{p.1} = \frac{s_{p.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.10)$$

де $tg\phi$ - відповідає паспортному значенню коефіцієнта потужності $cos\phi$, яке характерне для даного ЕП;

$U_{ном}$ - номінальна напруга електричної мережі до 1 кВ.

Якщо фактичний коефіцієнт завантаження k_3 ЕП невідомий, то при проектуванні приймається $k_3 = 1$. Таким чином, за розрахункове активне навантаження приймається номінальна потужність ЕП при $TB = 1$.

Номінальний струм ЕД визначається як:

$$I_{ном.д} = \frac{P_{ном.д}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot cos\phi_{ном.д} \cdot \eta_{ном.д}}, \quad (2.11)$$

де $P_{ном.д}$ - номінальна активна потужність ЕД;

$cos\phi_{ном.д}$ - номінальний коефіцієнт потужності ЕД;

$\eta_{ном.д}$ - номінальний коефіцієнт корисної дії (ККД) ЕД.

Величини $cos\phi_{ном.д}$ і $\eta_{ном.д}$ приймаються з каталогів заводів-виготовлювачів і довідників.

Доцільно для кожного ЕП обчислити його пусковий струм:

$$I_{пуск} = k_{пуск} \cdot I_{ном.ЕП}, \quad (2.12)$$

де $k_{пуск}$ - коефіцієнт пуску;

$I_{ном.ЕП}$ - номінальний струм ЕП.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для конкретних ЕП коефіцієнти пуску приймають за паспортними даними. Якщо вони відсутні, то щодо номінального струму ЕП величина пускового струму приймається:

- 5-кратною для асинхронних двигунів (АД) з короткозамкненим ротором та синхронних двигунів (СД);
- 2,5-кратною для двигунів постійного струму та АД з фазним ротором;
- 3-кратною для зварювальних і пічних трансформаторів, машин контактного зварювання при максимальній вторинній напрузі [2].

Визначення розрахункових навантажень на першому рівні електропостачання для посудомийної машини ПММ

Для посудомийної машини ПММ за формулою (2.7) при прийнятому $k_{\phi} = 0,3$ розрахункове активне навантаження на першому рівні електропостачання:

$$p_{p.1} = p_{ном.д} = 0,3 \cdot 2,3 = 0,69 \text{ кВт.}$$

Для посудомийної машини приймається коефіцієнт активної потужності $\cos \phi = 0,8$, за формулою (2.8) при прийнятому коефіцієнті реактивної потужності $\tan \phi = 0,75$, який відповідає заданому коефіцієнту активної потужності $\cos \phi = 0,8$, розрахункове реактивне навантаження на першому рівні електропостачання:

$$q_{p.1} = q_{ном.д} = 0,69 \cdot 0,75 = 0,518 \text{ кВАр.}$$

За формулою (2.9) розрахункове повне навантаження на першому рівні електропостачання:

$$s_{p.1} = \sqrt{p_{p.1}^2 + q_{p.1}^2} = \sqrt{0,69^2 + 0,52^2} = 0,863 \text{ кВА}$$

Потім за формулою (2.11) визначається розрахунковий струм першого рівня електропостачання:

$$I_{p.1} = \frac{0,863}{0,22 \cdot 1} = 13,07 \text{ А.}$$

За неповними вихідними даними, які при проектуванні беруться із завдань технологів (наводиться найменування устаткування та його

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

встановлена потужність), для посудомийної машини приймається коефіцієнт пуску $k_{II} = 5$.

Визначаємо пусковий струм за формулою (2.12)

$$I_{пуск} = 5 \cdot 13,07 \approx 65,34 \text{ А.}$$

Отримані за формулами (2.7) - (2.12) результати розрахунків для посудомийної машини ПММ, а також для інших ЕП, включаючи групові навантаження, зведено в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Розрахункове силове навантаження на першому рівні

№ за планом	Найменування ЕП	Напруга живлення, В	Rном, кВт	cosφ	tgφ	Pp.1, кВт	Qp.1, квар	Sp.1, кВА	Ip.1, А	Iпуск, А	К-т використ Кв
Гр.1	Освітлення	~220VAC	0,088	0,95	0,33	0,088	0,03	0,09	0,42	2,11	0,95
Гр.2	Освітлення	~220VAC	0,14	0,95	0,33	0,14	0,05	0,15	0,67	3,35	0,95
Гр.3	Освітлення	~220VAC	0,18	0,95	0,33	0,18	0,06	0,19	0,86	4,31	0,95
Гр.4	Освітлення	~220VAC	0,08	0,95	0,33	0,08	0,03	0,08	0,38	1,91	0,95
Гр.5	Освітлення	~220VAC	0,132	0,95	0,33	0,132	0,04	0,14	0,63	3,16	0,95
Гр.6	Розетки	~220VAC	1,2	0,8	0,75	1,2	0,90	1,50	6,82	34,09	0,65
Гр.7	Розетки	~220VAC	1,2	0,8	0,75	1,2	0,90	1,50	6,82	34,09	0,65
Гр.8	Розетки	~220VAC	1,2	0,8	0,75	1,2	0,90	1,50	6,82	34,09	0,65
Гр.9	Розетки	~220VAC	1,2	0,8	0,75	1,2	0,90	1,50	6,82	34,09	0,65
Гр.10	Розетки	~220VAC	0,9	0,8	0,75	0,9	0,68	1,13	5,11	25,57	0,65
Гр.11	Розетки	~220VAC	1,4	0,8	0,75	1,4	1,05	1,75	7,95	39,77	0,65
Гр.12	Розетки	~220VAC	1	0,8	1	1	0,75	1,25	5,68	28,41	0,65
Гр.13	Розетки	~220VAC	1,5	0,8	1	1,5	1,13	1,88	8,52	42,61	0,65
НС	Насосна станція водопостачання	~220VAC	1,5	0,74	0,91	1,5	1,36	2,03	9,21	46,07	0,5
ВГ	Ванна гідромасажна	~220VAC	0,9	0,85	0,62	0,9	0,56	1,06	4,81	24,06	0,3
КС	Насосна станція каналізації	~220VAC	0,6	0,74	0,91	0,6	0,55	0,81	3,69	18,43	0,5
Б1	Бойлер 150л	~220VAC	2,4	1	0	2,4	0,00	2,40	10,91	54,55	0,3
МП	Мікрохвильва піч	~220VAC	0,7	0,8	0,75	0,7	0,53	0,88	3,98	19,89	0,3
Б2	Бойлер 30л	~220VAC	1,5	1	0	1,5	0,00	1,50	6,82	34,09	0,3
ПММ	Посудомийна машина	~220VAC	2,3	0,8	0,75	2,3	1,73	2,88	13,07	65,34	0,3
ПМ	Пральна машина	~220VAC	2,2	0,8	0,75	2,2	1,65	2,75	12,50	62,50	0,3
ДШГ	Духова шафа з грилем	~380VAC	3,5	0,95	0,33	3,5	1,15	3,68	5,60	27,99	0,3
ВП	Варильна поверхня	~380VAC	6,9	1	0	6,9	0,00	6,90	10,48	52,42	0,3
ПВ	Припливно-витяжна вентиляція	~220VAC	0,905	0,74	0,91	0,905	0,82	1,22	5,56	27,79	0,5
К1	Кондиціонер	~220VAC	0,78	0,8	0,75	0,78	0,59	0,98	4,43	22,16	0,25
К2	Кондиціонер	~220VAC	0,78	0,8	0,75	0,78	0,59	0,98	4,43	22,16	0,25
К3	Кондиціонер	~220VAC	0,78	0,8	0,75	0,78	0,59	0,98	4,43	22,16	0,25
К4	Кондиціонер	~220VAC	1,43	0,8	0,75	1,43	1,07	1,79	8,13	40,63	0,25
К5	Кондиціонер	~220VAC	0,99	0,8	0,75	0,99	0,74	1,24	5,63	28,13	0,25

2.3. Розрахунок силового навантаження на другому рівні

На другому рівні електропостачання навантаження на живильну лінію створюється групою ЕП, які приєднані до ШР. Оскільки одночасно з максимальним навантаженням усі ЕП не працюють, то результуюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей і буде більшим від середнього навантаження за максимально завантажену зміну (за малої кількості ЕП) або дорівнювати йому (за значної кількості ЕП), що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних навантажень K_{pa} і розрахункових реактивних навантажень K_{pp} .

Коефіцієнт розрахункових активних навантажень K_p а залежить від ефективного числа ЕП n_e , середньозваженого коефіцієнта використання активної потужності $K_{\epsilon_{св}}$ та сталої часу нагрівання мережі T_o , яка на другому рівні електропостачання приймається $T_o = 10$ хв (розрахунковий інтервал часу $3T_o = 30$ хв).

Ефективне число ЕП n_e - це така умовна кількість однорідних за режимом роботи ЕП однакової потужності, яка обумовлює те саме значення розрахункового навантаження, як і група ЕП різних за режимом роботи та потужністю. Величина ефективного числа ЕП n_e визначається так:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n p_{ном.i})^2}{\sum_{i=1}^n p_{ном.i}^2}, \quad (2.13)$$

де n - кількість працюючих ЕП в групі;

$p_{ном.i}$ - номінальна активна потужність i -го ЕП при $TВ = 1$.

Знайдені за формулою (2.13) значення n_e округляються до найближчого меншого цілого числа.

Число ефективних ЕП n_e приймається рівним дійсному числу ЕП n , якщо відношення потужностей найбільшого до найменшого ЕП групи не перевищує 3 ($p_{ном. макс} / p_{ном. мін} \leq 3$).

Для груп різних ЕП різної потужності та різного режиму роботи середньозважений коефіцієнт використання активної потужності:

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$K_{в.св} = \frac{\sum_{i=1}^k P_{см.i}}{\sum_{i=1}^k P_{ном.i}}, \quad (2.14)$$

де k — кількість характерних груп ЕП;

$P_{см.i}$ — групова середня активна потужність за максимально завантаженою зміну i -ї групи ЕП;

$P_{ном.i}$ — групова номінальна активна потужність i -ї групи ЕП, яка визначається за формулою (2.5).

Групове середнє активне навантаження за максимально завантаженою зміну i -ї групи ЕП визначається за формулою:

$$P_{см.i} = \sum_{i=1}^n k_{в.i} \cdot p_{ном.i}, \quad (2.15)$$

де n - кількість ЕП в групі;

$k_{в.i}$ - коефіцієнт використання активної потужності i -го ЕП;

$p_{ном.i}$ - номінальна активна потужність i -го ЕП при $TВ = 1$.

Коефіцієнти використання активної потужності $k_{в}$ наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі. Якщо в довідкових матеріалах наведені інтервальні значення $k_{в}$, то для розрахунку приймають його найбільше значення.

Числові значення коефіцієнтів розрахункових активних навантажень $K_{р.а}$ на другому рівні електропостачання наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі [2].

На другому рівні електропостачання розрахункове силове активне навантаження $P_{р.2}$ і розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{р.2}$ для n ЕП в групі визначаються за формулами:

$$P_{р.2} = K_{р.а} \cdot \sum_{i=1}^n k_{в.i} \cdot p_{ном.i} = K_{р.а} \cdot \sum_{i=1}^n p_{см.i}, \quad (2.16)$$

$$Q_{р.2} = K_{р.р} \cdot \sum_{i=1}^n k_{в.i} \cdot p_{ном.i} \cdot tg\phi_{ном.i} = K_{р.р} \cdot \sum_{i=1}^n q_{см.i}, \quad (2.17)$$

де $p_{см.i}$, $q_{см.i}$ - середні активна та реактивна потужності за максимально завантаженою зміну i -го ЕП відповідно;

$tg\phi_{ном.i}$ - відповідає номінальному значенню коефіцієнта потужності $\cos \phi_{ном.i}$, яке характерне для даного виду ЕП.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У формулі (2.17) коефіцієнт розрахункових реактивних навантажень $K_{p,p}$ при числі ефективних ЕП $n_e < 10$ приймається $K_{p,p} = 1,1$, а при $n_e > 10$ приймається $K_{p,p} = 1$.

У випадках, коли розрахункове активне навантаження групи ЕП $P_{p,2}$ менше за номінальну потужність найбільш потужного ЕП групи, слід приймати $P_{p,2} = p_{\text{ном.макс}}$.

Якщо до вузла приєднано до трьох ЕП включно, то розрахункове навантаження приймається рівним сумі їх номінальних потужностей:

$$P_{p,2} = \sum_{i=1}^n p_{\text{ном.}i}, \quad (2.18)$$

$$Q_{p,2} = \sum_{i=1}^n q_{\text{ном.}i}, \quad (2.19)$$

де $n = 1-3$.

Розрахункове силове повне навантаження на другому рівні електропостачання визначається так:

$$S_{p,2} = \sqrt{P_{p,2}^2 + Q_{p,2}^2}, \quad (2.20)$$

При цьому розрахунковий струм:

$$I_{p,2} = \frac{S_{p,2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}. \quad (2.21)$$

По розподільчій мережі від шафи ШР, навантаження групових мереж прийняті відповідно до призначення приміщень та розміщення робочих місць і побутових споживачів електроенергії. Рівні освітлення приміщень прийнято відповідно до діючих норм.

В розрахунок струмів однофазного короткого замикання та втрат напруги в мережах від ШР прийнята повна довжина кожної групи.

Визначення розрахункового силового навантаження для розподільчої шафи ШР

Від ШР живляться одиночні та групові споживачі, загальною кількістю 29 приєднань.

Сумарна активна номінальна потужність для всіх ЕП визначається за формулою (2.5).

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{ном.н.\Sigma 1} = 0,088 + 0,14 + 0,18 + 0,08 + 0,132 + 1,2 + 1,2 + 1,2 + 1,2 + 0,9 + 1,4 + 1 + 1,5 + 1,5 + 0,9 + 0,6 + 2,4 + 0,7 + 1,5 + 2,3 + 2,2 + (0,074 + 0,074 + 0,119 + 0,074 + 0,091 + 0,074 + 0,091 + 0,154 + 0,154) + 0,78 + 0,78 + 0,78 + 1,43 + 0,99 + (3,5 + 6,9) = 38,385 \text{ кВт.}$$

Для посудомийної машини, при даному технологічному рішенні приймається середнє значення коефіцієнта використання активної потужності $k_g = 0,3$, для освітлення - $k_g = 1$, для мережі побутових розеток - $k_g = 0,65$ Середньозмінне активне навантаження за формулою (2.15) дорівнює:

$$P_{см.н} = 1 \cdot (0,088 + 0,14 + 0,18 + 0,08 + 0,132) + 0,65 \cdot (1,2 + 1,2 + 1,2 + 1,2 + 0,9 + 1,4 + 1 + 1,5) + 0,5 \cdot 1,5 + 0,3 \cdot (0,9 + 0,6 + 2,4 + 0,7 + 1,5 + 2,3 + 2,2) + 0,5 \cdot (0,074 + 0,074 + 0,119 + 0,074 + 0,091 + 0,074 + 0,091 + 0,154 + 0,154) + 0,25 \cdot (0,78 + 0,78 + 0,78 + 1,43 + 0,99) + 0,3 \cdot (3,5 + 6,9) = 15,67 \text{ кВт.}$$

Для шафи розподільчої ШР при середньому $\cos \phi = 0,85$, якому відповідає $\tan \phi = 0,62$ середньозмінне реактивне навантаження:

$$Q_{см.н} = 15,67 \cdot 0,62 \approx 8,82 \text{ кВАр.}$$

Величина ефективного числа ЕП ЩС1 визначається за формулою (2.13)

$$n_e = (0,088 + 0,14 + 0,18 + 0,08 + 0,132 + 1,2 + 1,2 + 1,2 + 1,2 + 0,9 + 1,4 + 1 + 1,5 + 1,5 + 0,9 + 0,6 + 2,4 + 0,7 + 1,5 + 2,3 + 2,2 + 0,905 + 0,78 + 0,78 + 0,78 + 1,43 + 0,99 + 3,5 + 6,9)^2 / (0,088^2 + 0,14^2 + 0,18^2 + 0,08^2 + 0,132^2 + 1,2^2 + 1,2^2 + 1,2^2 + 1,2^2 + 0,9^2 + 1,4^2 + 1^2 + 1,5^2 + 1,5^2 + 0,9^2 + 0,6^2 + 2,4^2 + 0,7^2 + 1,5^2 + 2,3^2 + 2,2^2 + 0,905^2 + 0,78^2 + 0,78^2 + 0,78^2 + 1,43^2 + 0,99^2 + 3,5^2 + 6,9^2) \approx 16.$$

Середньозважений коефіцієнт використання активної потужності для ШР визначається за формулою (2.14)

$$K_{г.св} = \frac{38,385}{15,67} = 0,41.$$

З таблиці джерела [2] при $n_e = 16$ шт. і $K_{г.св} = 0,41$ коефіцієнт розрахункового активного навантаження $K_{р.а} = 1$.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункове силове активне навантаження по ШР визначається за формулою (2.16)

$$P_{p,2} = 1 \cdot 15,67 = 15,67 \text{ кВт.}$$

Розрахункове силове реактивне навантаження по ШР визначається за формулою (2.17)

$$Q_{p,2} = 1 \cdot 8,82 = 8,82 \text{ кВАр.}$$

Розрахункове силове повне навантаження по ЩС1 визначається за формулою (2.20)

$$S_{p,2} = \sqrt{15,67^2 + 8,82^2} = 17,986 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм по ШР визначається за формулою (2.21)

$$I_{p,2} = \frac{17,986}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 27,33 \text{ А.}$$

Результати розрахунків наводяться в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок електричних навантажень

Найменування вузла, номер ЕП	Найменування ЕП	Кількість ЕП, п	Номинальна потужність, кВт		К-т використання Кв	Коефіцієнти потужності		K _{шрн}	K _{шрпг j}	Ефективна кількість ЕП, п _е	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, А	Пусковий струм, А
			одного	загальна		cos φ	tan φ				Активна, кВт	Реактивна, кВАр	Повна, кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17
Гр.1	Освітлення	1	0,088	0,088	1	0,95	0,33	0,09	0,03	1	0,088	0,029	0,093	0,42	1,68
Гр.2	Освітлення	1	0,14	0,14	1	0,95	0,33	0,14	0,05	1	0,140	0,046	0,147	0,67	2,68
Гр.3	Освітлення	1	0,18	0,18	1	0,95	0,33	0,18	0,06	1	0,180	0,059	0,189	0,86	3,44
Гр.4	Освітлення	1	0,08	0,08	1	0,95	0,33	0,08	0,03	1	0,080	0,026	0,084	0,38	1,53
Гр.5	Освітлення	1	0,132	0,132	1	0,95	0,33	0,13	0,04	1	0,132	0,043	0,139	0,63	2,53
Гр.6	Розетки	12	0,1	1,2	0,65	0,80	0,75	1,20	0,90	12	0,780	0,585	0,975	6,82	34,09
Гр.7	Розетки	12	0,1	1,2	0,65	0,80	0,75	1,20	0,90	12	0,780	0,585	0,975	6,82	34,09
Гр.8	Розетки	12	0,1	1,2	0,65	0,80	0,75	1,20	0,90	12	0,780	0,585	0,975	6,82	34,09
Гр.9	Розетки	12	0,1	1,2	0,65	0,80	0,75	1,20	0,90	12	0,780	0,585	0,975	6,82	34,09
Гр.10	Розетки	9	0,1	0,9	0,65	0,80	0,75	0,90	0,68	9	0,585	0,439	0,731	5,11	25,57
Гр.11	Розетки	14	0,1	1,4	0,65	0,80	0,75	1,40	1,05	14	0,910	0,683	1,138	7,95	39,77
Гр.12	Розетки	10	0,1	1	0,65	0,80	0,75	1,00	0,75	10	0,650	0,488	0,813	5,68	28,41
Гр.13	Розетки	15	0,1	1,5	0,65	0,80	0,75	1,50	1,13	15	0,975	0,731	1,219	8,52	42,61
НС	Насосна станція водопостачання	1	1,5	1,5	0,5	0,74	0,91	1,50	1,36	1	0,750	0,682	1,014	9,21	46,07
ВГ	Ванна гіромасажна	1	0,9	0,9	0,3	0,85	0,62	0,90	0,56	1	0,270	0,167	0,318	4,81	24,06
КС	Насосна станція каналізацій	1	0,6	0,6	0,5	0,74	0,91	0,60	0,55	1	0,300	0,273	0,405	3,69	18,43
Б1	Бойлер 150л	1	2,4	2,4	0,3	1,00	0,00	2,40	0,00	1	0,720	0,000	0,720	10,91	54,55
МП	Мікрохвилява піч	1	0,7	0,7	0,3	0,80	0,75	0,70	0,53	1	0,210	0,158	0,263	3,98	19,89
Б2	Бойлер 30л	1	1,5	1,5	0,3	1,00	0,00	1,50	0,00	1	0,450	0,000	0,450	6,82	34,09
ПММ	Посудомийна машина	1	2,3	2,3	0,3	0,80	0,75	2,30	1,73	1	0,690	0,518	0,863	13,07	65,34
ПМ	Пральна машина	1	2,2	2,2	0,3	0,80	0,75	2,20	1,65	1	0,660	0,495	0,825	12,50	62,50
ДШГ	Духова шафа з грилем	1	3,5	3,5	0,3	0,95	0,33	3,50	1,15	1	1,050	0,345	1,105	5,60	27,99
ВП	Варильна поверхня	1	6,9	6,9	0,3	1,00	0,00	6,90	0,00	1	2,070	0,000	2,070	10,48	52,42
ПВ	Припливно-витяжна вентиляція	1	0,905	0,905	0,5	0,74	0,91	0,91	0,82	1	0,453	0,411	0,611	5,56	27,79
К1	Кондиціонер	1	0,78	0,78	0,25	0,80	0,75	0,78	0,59	1	0,195	0,146	0,244	4,43	22,16
К2	Кондиціонер	1	0,78	0,78	0,25	0,80	0,75	0,78	0,59	1	0,195	0,146	0,244	4,43	22,16
К3	Кондиціонер	1	0,78	0,78	0,25	0,80	0,75	0,78	0,59	1	0,195	0,146	0,244	4,43	22,16
К4	Кондиціонер	1	1,43	1,43	0,25	0,80	0,75	1,43	1,07	1	0,358	0,268	0,447	8,13	40,63
К5	Кондиціонер	1	0,99	0,99	0,25	0,80	0,75	0,99	0,74	1	0,248	0,186	0,309	5,63	28,13
Всього по ШР		117	38,385		1			38,39	19,31	16	15,67	8,82	17,986	27,33	79,60

2.4. Розрахунок силового навантаження на третьому рівні

Визначення силових навантажень на III рівні електропостачання в даній роботі не проводиться.

III рівнем електропостачання в даному випадку є розподільчий пристрій існуючої КТП 6/0,4кВ, при цьому ми не володіємо наявними і достовірними даними стосовно навантажень, які підключені до збірних шин. Наявні дані лише про існуючий автоматичний вимикач $I_{ном}=100A$ в РУ-0,4кВ КТП та повітряну лінію від вказаного вимикача до ввідного автоматичного вимикача в проєктованій розподільчій шафі ШР. ПЛ-0,4кВ виконана проводом СІП типу AsXSn-4x25 загальною довжиною 43м прокладена по існуючим опорам ЛЕП.

2.5. Розрахунок пікових струмів

Піковий струм групи ЕП напругою до 1 кВ визначається як [2]

$$I_{пik} = I_{пуск.макс} + \sum_1^{n-1} I'_{ном}, \quad (2.40)$$

де $I_{пуск.макс}$ - найбільший з пускових струмів одного ЕД у групі за паспортними даними;

$\sum_1^{n-1} I'_{ном}$ - сумарний номінальний струм групи ЕП без урахування номінального струму найбільшого за потужністю ЕД.

Піковий струм від групи більше п'яти ЕП напругою до 1 кВ при активно-індуктивному навантаженні з достатньою точністю можна визначити як арифметичну суму найбільшого з пускових струмів ЕД у групі та розрахункового струму всіх ЕП групи без номінального струму ЕД з найбільшим пусковим струмом при $T_B = 1$ [3]

$$I_{пik} = I_{пуск.макс} + (I_{р.2} - k_B \cdot I_{ном.макс}), \quad (2.41)$$

де $I_{р.2}$ - розрахунковий струм усіх ЕП групи (розрахунковий струм другого рівня електропостачання);

k_B - коефіцієнт використання ЕД з найбільшим пусковим струмом;

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{ном.макс}$ - номінальний струм ЕД з найбільшим пусковим струмом при $ТВ=1$.

Найбільші пускові струми ЕД $I_{пуск.макс}$ для даної групи вибираються з таблиці 2.1.

Піковий струм групи ЕД, які вмикаються одночасно, дорівнює сумі пускових струмів цих ЕД.

Пікова (пускова) потужність визначається так:

$$S_{пik(пуск)} = \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot I_{пik(пуск)}, \quad (2.42)$$

де $I_{пik}$ - піковий струм, який визначається за формулами (2.40) і (2.41), а пусковий струм $I_{пуск}$ за формулою (2.12).

Розрахуємо пікові струми лінії до ШР для схеми, яка наведена на рисунку 2.1.

Номінальний струм споживача з найбільшим пусковим струмом (в нашому випадку - посудомийна машина) при $ТВ = 1$ і за відсутності паспортних даних ЕД для ПММ визначається за формулою (2.11)

$$I_{ном.макс} = \frac{2,88}{0,22} = 13,07 \text{ А},$$

а його пусковий струм за формулою (2.12)

$$I_{пуск.макс} = 5 \cdot 13,07 = 65,34 \text{ А}.$$

Розрахунковий струм другого рівня електропостачання для ШР $I_{р.2} = 27,33 \text{ А}$.

Піковий струм від групи ЕП визначається за формулою (2.41)

$$I_{пik} = 65,34 + (27,33 - 1 \cdot 13,07) = 79,6 \text{ А}.$$

Таблиця 2.3 - Розрахунок пікових струмових навантажень

Назва	Дані найпотужнішого ЕП		Струм розрахунковий $I_{р2}$, А	Коеф. використання $K_{в}$	Піковий струм $I_{пik}$, А
	Струм $I_{ном}$, А	пусковий струм $I_{пуск.макс}$			
ШР	13,07	65,34	27,33	1,00	79,60

3. Розрахунок параметрів та вибір провідників

У даній роботі вибору та перевірці підлягають перерізи таких провідників:

- перевірка існуючої повітряної лінії живлення ШР від РУ-0,4кВ існуючої КТП до розподільчої шафи ШР;
- вибір та перевірка проєктованих кабельних ліній розподільної мережі від ШР до одиночних та групових споживачів.

Вибір перерізу провідників, як і параметрів інших елементів силової мережі, має відповідати їх роботі в нормальному, форсованому (перевантаження) і аварійному (КЗ) режимах СЕП.

Вибір перерізу провідників у загальному випадку визначається за економічною густиною струму, нагріванням, втратами й відхиленнями напруги, електродинамічною стійкістю й механічною міцністю (природно, що ізоляція провідників має відповідати класу напруги).

3.1.Перевірка існуючої ПЛ

У режимі максимального навантаження кабелів допустимий для даного кабелю струм з урахуванням умови прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов $I_{доп}$ та коефіцієнтів допустимого перевантаження $K_{пер}$, які наводяться в таблицях 1.3.1 і 1.3.2 Правил улаштування електроустановок, порівнюють зі струмом його форсованого режиму $I_{ФЗ}$ з урахуванням коефіцієнта резервування $K_{рез}$:

$$K_{пер} \cdot I'_{доп} \geq I_{Ф} = K_{рез} \cdot I_{норм}, A, \quad (4.3)$$

При проектуванні не задається графік навантаження ЕП, тому ми приймаємо коефіцієнт допустимого перевантаження $K_{пер} = 1$.

Допустимий тривалий струм для кабелів напругою до 1 кВ з урахуванням умов прокладки та відхилення параметрів навколишнього

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

середовища від стандартних умов при їх тривалому характері визначається так:

$$I'_{\text{дон}} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{дон}}, A, \quad (4.4)$$

де $K_{\text{сер}}$ - поправочний коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, якщо вона відмінна від стандартної (таблиця 1.3.10 ПУЕ);

$K_{\text{пр}}$ - поправковий коефіцієнт на кількість кабелів, що лежать поруч у землі (таблиця 1.3.26 ПУЕ);

$I_{\text{дон}}$ - допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу для стандартних умов (для однієї окремої лінії; стандартних температур для землі та води +15°C і +25°C для повітря) залежно від матеріалу жил, їх ізоляції, способу прокладання, A (таблиці).

Коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища $K_{\text{сер}}$ можна також обчислити за формулою:

$$K_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{T_{\text{ж.н}} - T_{\text{сер}}}{T_{\text{ж.н}} - T_{\text{сер.н}}}}, \quad (4.5)$$

де $T_{\text{ж.н}} = 70^\circ\text{C}$, $T_{\text{сер.н}} = 25^\circ\text{C}$ - нормовані тривало допустимі температури жили та середовища відповідно;

$T_{\text{сер}}$ - фактична температура навколишнього середовища (у даній роботі приймається 30°C).

Допустимі температури нагрівання провідників залежать від їх конструкції та режиму (таблиця 4.1).

Струм форсованого режиму I_{ϕ} для одно трансформаторних ПС з приймається— $K_{\text{рез}} = 1,0$ за відсутності даних.

У разі невиконання умови за формулою (4.3) необхідно прийняти нове значення найближчого більшого стандартного перерізу кабелю, щоб вона виконувалась.

Вибір перерізу самонесучого ізольованого проводу при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового

$$I'_{\text{дон}} \geq I_{p,2}, A, \quad (4.8)$$

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $I_{p,2}$ - розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання.

Допустимий тривалий струм для СІП (за таблицею 1.3.40 ПУЕ) з врахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається з урахуванням коригувальних коефіцієнтів, що наведені у таблиці 1.3.41 ПУЕ (Таблиця 4.2)

Таблиця 1.3.41 – Коригувальні коефіцієнти для допустимих струмів самоутримних ізольованих проводів і захищених проводів

Температура струмовідної жили, °С	Коригувальні коефіцієнти за температури повітря, °С											
	- 5 і нижче	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67

Для існуючої повітряної лінії, що виконана проводом СІП марки AsXSn-4x25 загальною довжиною 43м, маємо наступні результати

$$I'_{дон} \geq I_{p,2}, A, \quad (4.8)$$

де $I_{p,2}$ - розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання.

$$I'_{дон} = K_{попр} \cdot I_{дон}, A, \quad (4.9)$$

$$I'_{дон} = 0,96 \cdot 130 = 124,8 A,$$

де $K_{попр} = 0,96$ при $T_{ж.н} = 90^\circ\text{C}$ та $T_{сер.н} = 25^\circ\text{C}$ і $T_{сер} = 30^\circ\text{C}$.

$$\text{Таким чином } I'_{дон} = 124,8 A \geq I_{p,2} = 27,33 A$$

Вибір перерізу лише за умов допустимого нагрівання призводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за умов допустимої втрати напруги та відповідності до захисного апарата.

Втрата напруги в проводі у відсотках визначається як:

$$\Delta U_{кб} = \frac{P_{p,2} \cdot R_{пр} + Q_{p,2} \cdot X_{нб}}{10 \cdot U_{ном}^2}, \% \quad (4.10)$$

де $P_{p,2}$ і $Q_{p,2}$ - максимальні розрахункові активне і реактивне навантаження 2-го рівня електропостачання відповідно, кВт і кВАр;

R_{np} і X_{np} - активний і реактивний опори проводу відповідно, Ом;

$U_{ном}$ - номінальна напруга електричної мережі, кВ.

Активний і реактивний опори проводу обчислюють за формулами:

$$R_{np} = r_{nnp} \cdot l_{np}, \quad (4.11)$$

$$X_{np} = x_{nnp} \cdot l_{np}, \quad (4.12)$$

де r_{nnp} і x_{nnp} - активний і реактивний питомі опори проводу відповідно, Ом/км (наводяться в довідниках);

l_{np} - довжина повітряної ЛЕП, км.

Таким чином, остаточно за умовами нагрівання вибирається лише той переріз проводу, для якого тривалий допустимий струм буде більший у формулі (4.9), а також виконуються умови допустимої втрати напруги й відповідності до захисного апарата.

Для існуючої повітряної лінії маємо:

$$R_{np} = 1,25 \cdot 0,043 = 53,75 \text{ мОм}$$

$$X_{np} = 0,0675 \cdot 0,043 = 2,903 \text{ мОм},$$

$$U_{кб} = \frac{15,67 \cdot 53,75 + 8,82 \cdot 2,903}{10 \cdot 0,4^2} = 0,54\%$$

Використаний існуючий провід СІП марки AsXSn-4x25 довжиною 43м задовольняє умовам перевірки.

Таблиця 4.1 - Перевірка перерізу проводу мережі живлення

Кабель	$S_{ст}, \text{мм}^2$	$I_{доп}, \text{А}$	$I_{p,2}, \text{А}$	$\Delta U_{кб}, \%$	Тип кабелю	Довжина, м
Н-ШР	25	130,00	27,33	0,54	AsXSn-4x25	43

3.2. Вибір перерізу провідників розподільчої мережі 0,4 кВ

Основною умовою вибору перерізу провідників є величина нагрівання їх електричним струмом у нормальному, форсованому та аварійному режимах. Якщо температура нагрівання перевищить допустиму, то залежно від величини перевищення й тривалості часу елемент може бути пошкоджений, що спричинить порушення нормальної роботи системи, а в гіршому випадку (загорання ізоляції) може призвести до пожежі. Тому для всіх видів провідників та умов їх застосування головним у виборі перерізу є нагрівання, яке визначається двома ефектами теплового впливу: максимально допустимою температурою та тепловим зносом ізоляції для даного режиму й класу ізоляції.

Як критерій допустимості того чи іншого режиму за нагріванням використовують сумарний вплив на строк служби провідника максимальної температури й тривалості зносу ізоляції за розглянутий період. При різких піках навантаження більшу небезпеку становить можливість перевищення максимально допустимої температури, якщо графік навантаження рівномірний, більшу вагу має складова теплового зносу ізоляції.

Гранично допустимі температури нагріву кабелів з пластмасовою ізоляцією (відповідно до ДСТУ ІЕС 60502-1:2009) приведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.2 – Допустимі значення температури нагріву жил кабелів з пластмасовою і гумовою ізоляцією (ПУЕ табл.1.3.2)

Матеріал ізоляції кабелю	Допустима температура нагріву жил, °С		Максимальна допустима температура нагріву жил, °С	
	тривала	короткочасна в разі перевантаження	у разі струму КЗ	за умови незагорання у разі КЗ
Полівінілхлоридний пластикат	70	90	160/140 ¹⁾	350
Полівінілхлоридний пластикат пониженої пожежної безпеки				
Полімерна композиція, що не містить галогенів				
Зшитий поліетилен ²⁾	90	130	250 ⁴⁾	400
Етиленпропіленова гума ³⁾	90	130	160	350

¹⁾ У знаменнику – для кабелів із струмовідними жилами перерізом понад 300 мм².
²⁾ Вимоги застосовують до кабелів напругою до 330 кВ.
³⁾ Для кабелів із гумовою ізоляцією тривала допустима температура нагріву жил становить 65 °С; короткочасна у разі перевантаження – 110 °С; максимально допустима у разі КЗ – 150 °С; за умови незагорання у разі КЗ – 350 °С.
⁴⁾ Допустима температура екранів кабелів у разі КЗ становить 350 °С.

Розрахунок кабелю живлення посудомийної машини ПММ)

Допустимий тривалий струм для кабелів з врахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається з урахуванням коефіцієнта поправки $K_{нопр}$ так:

$$I'_{доп} = K_{сер} \cdot K_{нр} \cdot K_{нопр} \cdot I_{доп}, A, \quad (4.13)$$

де $K_{нопр} = 0,92$ (коефіцієнт поправки $K_{нопр}$ уводиться при визначенні $I_{доп}$ для чотирижильних кабелів з пластмасовою ізоляцією напругою до 1 кВ, якщо допустимі тривалі струми взяті з таблиці 1.3.11 ПУЕ як для трижильних кабелів.

Для кабелю марки ВВГ з полівінілхлоридною ізоляцією з таблиці 4.1 нормована тривало допустима температура жили $T_{ж.н} = 70$ °С, нормована температура середовища при прокладці в повітрі $T_{сер.н} = 25$ °С. Тоді за формулою (4.5) коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища:

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{70-20}{70-25}} = 1,05.$$

З таблиці 1.3.10 Правил улаштування електроустановок коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища також $K_{сер} = 1,05$.

При прокладці кабелю всередині приміщення цеху коефіцієнт поправки $K_{нр} = 1$.

З таблиці 2.2 розрахунковий струм 1-го рівня електропостачання лінії, яка живить посудомийну машину, $I_{р.1} = 13,07$ А.

З таблиці [1] для чотирижильних кабелів зі стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{ст} = 2,5$ мм² допустимий струм $I_{доп} = 27$ А. За формулою (4.9)

$$I'_{доп} = 1,05 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 27 = 26,08 \text{ А}$$

Таким чином, $I'_{доп} = 26,08 \text{ А} \geq I_{р.2} = 13,07 \text{ А}$.

Умова виконується.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

З таблиці 2.2 розрахункове активне навантаження 1-го рівня електропостачання $P_{p.1} = 2,3 \text{ кВт}$, розрахункове реактивне навантаження 1-го рівня електропостачання $Q_{p.1} = 1,73 \text{ кВт}$.

З таблиці [1] для кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{СТ} = 2,5 \text{ мм}^2$ приймаються такі питомі опори кабелю: $r_{\Pi} = 7,35 \text{ мОм/м}$, $x_n = 0,102 \text{ мОм/м}$. Довжина кабелю $l_{кб} = 22 \text{ м}$. Тоді за формулами (4.11) і (4.12) та з урахуванням паралельного підключення кабелів:

$$R_{кб} = 7,35 \cdot 22 = 161,7 \text{ мОм.}$$

$$X_{кб} = 0,102 \cdot 22 = 2,244 \text{ мОм.}$$

За формулою (4.10)

$$\Delta U_{кб} = \frac{2,3 \cdot 0,161 + 1,73 \cdot 0,002244}{10 \cdot 0,4^2} = 0,0202\%.$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5 %), то переріз кабелю вибраний правильно.

Таким чином, для живлення посудомийної машини вибирається для прокладання чотирижильний кабель ВВГнгд-4х2,5.

Переріз кабелів розподільчої мережі до інших одиночних споживачів проводиться аналогічно. Перевірку за умовами корони, а також на механічну міцність жил кабелів робити не потрібно, бо мінімальний переріз мідної жили для кабелів становить — $1,5 \text{ мм}^2$, що відповідає мінімальному перерізу провідника. Враховуючи малі значення навантажень групових мереж, кабелі для їх виконання обираються відповідно до умов механічної міцності – з мідними жилами не менше $1,5 \text{ мм}^2$ – для мережі освітлення та з мідними жилами $2,5 \text{ мм}^2$ – для мереж побутових розеток.

Розрахунок втрат напруги також проводиться аналогічно. Результати розрахунків зведено в таблиці 4.4.

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Таблиця 4.4 - Вибір перерізу кабелів мережі до електроприймачів

Лінія	Ір.1, А	І _{доп}	І _{доп}	S _{СТ}	Довжина	R	X	R _{каб}	X _{каб}	ΔU, %	Марка кабелю	Рном, кВт
Гр.1	0,421	20,29	21	1,5	34	12,300	0,1050	0,418	0,004	0,0256	ВВГнгд-3х1,5	0,088
Гр.2	0,670	20,29	21	1,5	58	12,300	0,1050	0,713	0,006	0,0436	ВВГнгд-3х1,5	0,140
Гр.3	0,861	20,29	21	1,5	70	12,300	0,1050	0,861	0,007	0,0526	ВВГнгд-3х1,5	0,180
Гр.4	0,383	20,29	21	1,5	36	12,300	0,1050	0,443	0,004	0,0271	ВВГнгд-3х1,5	0,080
Гр.5	0,632	20,29	21	1,5	52	12,300	0,1050	0,640	0,005	0,0622	ВВГнгд-3х1,5	0,132
Гр.6	6,818	26,08	27	2,5	30	7,350	0,102	0,221	0,003	0,0215	ВВГнгд-3х2,5	1,200
Гр.7	6,818	26,08	27	2,5	26	7,350	0,102	0,191	0,003	0,0239	ВВГнгд-3х2,5	1,200
Гр.8	6,818	26,08	27	2,5	31	7,350	0,102	0,228	0,003	0,0285	ВВГнгд-3х2,5	1,200
Гр.9	6,818	26,08	27	2,5	31	7,350	0,102	0,228	0,003	0,0285	ВВГнгд-3х2,5	1,200
Гр.10	5,114	26,08	27	2,5	32	7,350	0,102	0,235	0,003	0,0295	ВВГнгд-3х2,5	0,900
Гр.11	7,955	26,08	27	2,5	38	7,350	0,102	0,279	0,004	0,0349	ВВГнгд-3х2,5	1,400
Гр.12	5,682	26,08	27	2,5	33	7,350	0,102	0,243	0,003	0,0148	ВВГнгд-3х2,5	1,000
Гр.13	8,523	26,08	27	2,5	28	7,350	0,102	0,206	0,003	0,0126	ВВГнгд-3х2,5	1,500
НС	9,214	26,08	27	2,5	20	7,350	0,102	0,147	0,002	0,0090	ВВГнгд-3х2,5	1,500
ВГ	4,813	26,08	27	2,5	18	7,350	0,102	0,132	0,002	0,0081	ВВГнгд-3х2,5	0,900
КС	3,686	26,08	27	2,5	14	7,350	0,102	0,103	0,001	0,0100	ВВГнгд-3х2,5	0,600
Б1	10,909	26,08	27	2,5	10	7,350	0,102	0,074	0,001	0,0072	ВВГнгд-3х2,5	2,400
МП	3,977	26,08	27	2,5	15	7,350	0,102	0,110	0,002	0,0138	ВВГнгд-3х2,5	0,700
Б2	6,818	26,08	27	2,5	17	7,350	0,102	0,125	0,002	0,0156	ВВГнгд-3х2,5	1,500
ПММ	13,068	26,08	27	2,5	22	7,350	0,102	0,162	0,002	0,0202	ВВГнгд-3х2,5	2,300
ПМ	12,500	26,08	27	2,5	23	7,350	0,102	0,169	0,002	0,0212	ВВГнгд-3х2,5	2,200
ДШГ	5,598	26,08	27	2,5	16	7,350	0,102	0,118	0,002	0,0147	ВВГнгд-5х2,5	3,500
ВП	10,483	26,08	27	2,5	21	7,350	0,102	0,154	0,002	0,1283	ВВГнгд-5х2,5	6,900
ПВ	5,559	20,29	21	1,5	55	7,350	0,102	0,404	0,006	0,3361	ВВГнгд-3х1,5	0,905
К1	4,432	26,08	27	2,5	10	7,350	0,102	0,074	0,001	0,0611	ВВГнгд-3х2,5	0,780
К2	4,432	26,08	27	2,5	14	7,350	0,102	0,103	0,001	0,0856	ВВГнгд-3х2,5	0,780
К3	4,432	26,08	27	2,5	12	7,350	0,102	0,088	0,001	0,0733	ВВГнгд-3х2,5	0,780
К4	8,125	26,08	27	2,5	17	7,350	0,102	0,125	0,002	0,1039	ВВГнгд-3х2,5	1,430
К5	5,625	26,08	27	2,5	19	7,350	0,102	0,140	0,002	0,1161	ВВГнгд-3х2,5	0,990

* Червоним виділено трифазні лінії

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

38

4. Розрахунок струмів короткого замикання

Проектовані елементи СЕП, необхідно перевіряти на здатність витримувати дію термічного й електродинамічного впливу струмів короткого замикання. Якщо величина цього впливу перевищує допустиму, елемент ушкоджується і завдає СЕП збитків. Щоб запобігти цьому, треба:

- а) визначити величину струмів КЗ;
- б) перевірити допустимість цих струмів для вибраних ЕА і струмопровідних частин (якщо струми виявляються більші за допустимі, то потрібно вибрати елемент, що має більшу стійкість або обмежити струми шляхом збільшення індуктивного опору ланцюга);
- в) розрахувати захист для селективного вимикання пошкодженої ділянки.

Відповідно до вимог ПУЕ щодо режиму КЗ на стійкість до впливу струмів КЗ в ЕУ до 1 кВ повинні перевірятися розподільні щити, струмопроводи та силові шафи.

Для вибору і перевірки стійкості ЕА і струмопровідних частин до струмів КЗ розрахунку підлягають:

- найбільше початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ $I_{п(0)}$;
- ударний струм i_y трифазного КЗ.

При виборі й перевірці апаратури щодо її стійкості до струмів КЗ розрахунковим вважається максимальний режим, за якого струми КЗ мають максимальні значення.

Для перевірки чутливості розрахункові умови відповідають найменшим значенням струмів КЗ у місці установлення захисту (мінімальний режим роботи живильної енергосистеми, найбільша кількість послідовно ввімкнених елементів між джерелами генерації і точкою КЗ).

Унаслідок цього для цілей вибору параметрів спрацьовування захисту визначають найбільші $I_{к,макс}$ і для перевірки чутливості найменші $I_{к,мін}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

39

значення періодичної складової струму в місці КЗ в елементах мережі, для якої проектується захист. Розрахунок здійснюється для початкового моменту часу.

Таким чином, розрахунковим видом КЗ є:

- при виборі ЕА і провідників за їх стійкістю до дії струмів КЗ - трифазне КЗ;
- при виборі захисту - трьох- і однофазні КЗ [2].

4.1. Розрахунок струмів трифазного КЗ

Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу проводів і жил кабелів, конструкцію струмопроводів, характеристики комутаційних і захисних апаратів. Тому для забезпечення раціонального проектування електропостачання слід виконати достовірний розрахунок струмів КЗ.

Для вибору апаратури і захистів, перевірки селективності їх дії визначають максимальний струм трифазного металевого КЗ, у цьому випадку перехідні опори дуги не враховують. Для перевірки чутливості захистів знаходять мінімальний струм КЗ; при цьому враховують усі перехідні опори контактів (рубильників, автоматів, уставних контактів, болтових з'єднань) і опір дуги в місці пошкодження шляхом введення в схему заміщення активного опору.

При розрахунках струмів КЗ в ЕУ змінного струму напругою до 1 кВ допускається:

- 1) застосовувати спрощені методи розрахунків, якщо їх погрішність не перевищує 10 %;
- 2) максимально спрощувати та еквівалентувати всю зовнішню мережу щодо місця КЗ, індивідуально враховувати лише автономні джерела та ЕД, які безпосередньо приєднані до місця КЗ;
- 3) не враховувати струми намагнічування трансформаторів;
- 4) не враховувати насичення магнітних систем електричних машин;

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

До особливостей розрахунку струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ можна віднести таке:

- розрахунки доцільно проводити в іменованих одиницях;
- початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ можна вважати незмінним $I_{n(0)} = I_{\kappa}^{(3)}$;
- активні опори елементів ланцюга КЗ мають суттєве значення і можуть навіть перевершувати реактивні.

Методика розрахунку початкового діючого значення періодичної складової струму КЗ залежить від способу електропостачання — від енергосистеми чи від автономного ДЖ.

Розрахунок струмів КЗ починається зі складання розрахункової схеми, схеми заміщення й вибору точок КЗ. При складанні еквівалентних схем заміщення параметри елементів вихідної розрахункової схеми слід приводити до ступеня напруги мережі, на якому знаходиться точка КЗ [2].

Так як відсутні достовірні дані щодо контактів і їх перехідних опорах, то при обчисленні струмів КЗ урахуємо їх умовний сумарний опір у мережах, які живляться від трансформаторів потужністю до 1600 кВА включно:

- а) на розподільних пристроях НН трансформаторів ПС $-R_{\kappa 1} = 15$ мОм;
- б) на первинних цехових розподільних пунктах (ЩС) і на затискачах ЕА, які живляться радіальними лініями від розподільних пристроїв НН ПС або головних магістралей (ШМА) $-R_{\kappa 2} = 20$ мОм;
- в) на вторинних цехових розподільних пунктах і затискачах ЕА, які живляться від первинних розподільних пунктів $-R_{\kappa 3} = 25$ мОм;
- г) на затискачах ЕА, установлених безпосередньо у ЕП, які живляться від вторинних розподільних пунктів $-R_{\kappa 4} = 30$ мОм [2].

Алгоритм визначення струмів трифазного короткого замикання

Визначаємо струм трифазного КЗ у початковий момент часу в електричній мережі напругою цеху в точках К1, К2, К3, К4 і К5 для схеми на рисунку 5.1.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

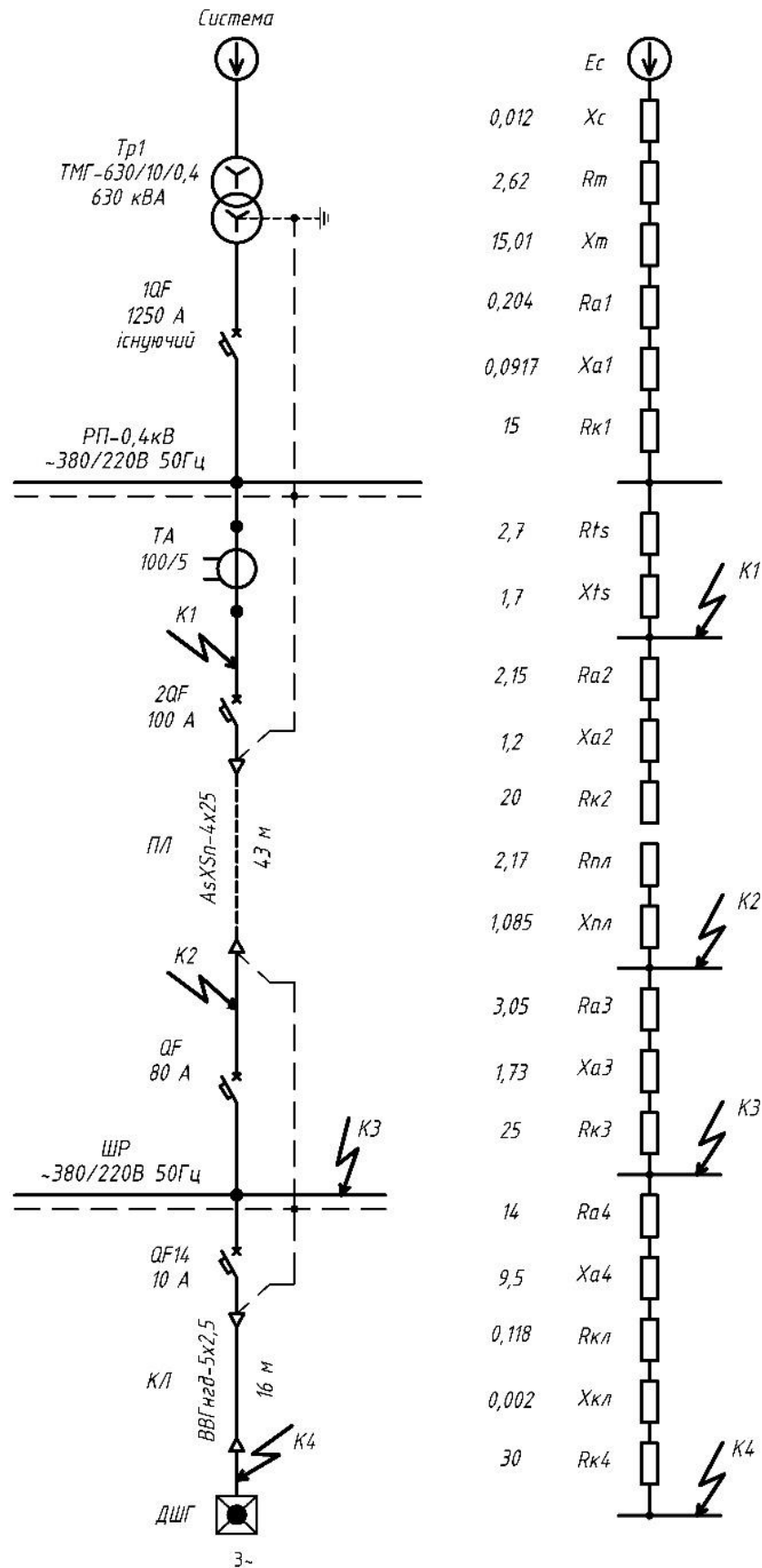


Рисунок 5.1 - Схеми для розрахунку струмів трифазного короткого замикання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

42

Вихідні дані для трифазної лінії живлення духової шафи з грилем взяті з попередніх результатів розрахунків і наведені нижче.

Система: $I_{n(0)} = 5,37$ кА, $U_{ном.вн} = 6$ кВ.

Трансформатор сухий з епоксидною ізоляцією виробництва Siemens $S_{ном.т} = 630$ кВА; $U_{ном.вн} = 6$ кВ; $U_{ном.нн} = 0,4$ кВ; $\Delta P_{кз} = 6,5$ кВт; $U_k = 6\%$.

Існуючий автоматичний вимикач вводу 0,4кВ трансформатора 1QF $I_{ном.а} = 1250$ А (в РУ-0,4кВ існуючої КТП);

Існуючі трансформатори струму 100/5А (в РУ-0,4кВ існуючої КТП).

Існуючий автоматичний вимикач 2QF $I_{ном.а} = 100$ А (в РУ-0,4кВ існуючої КТП);

Автоматичні вимикачі в проектованій розподільчій шафі ШР:

Автомат вводу QF: $I_{ном.а} = 80$ А; Автомат лінії QF14: $I_{ном.а} = 10$ А.

Лінії електропередачі:

ПЛ – провід СП типу AsXSn-4x25; $l_{пл} = 43$ м; КЛ – ВВГнгд-5x2,5; $l_{кл} = 16$ м;

Розрахунок.

Базисна напруга ступеня в електричній мережі напругою до 1 кВ

$$U_{б} = 1,05 \cdot U_{ном.нн} = 1,05 \cdot 380 = 400В.$$

Розрахунок параметрів елементів схеми заміщення.

1) Індуктивний опір системи, який приведений до ступеня НН, визначається за формулою:

$$X_C = \frac{U_{ном.серНН}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{к.ВН} \cdot U_{ном.серВН}} = \frac{400^2}{\sqrt{3} \cdot 5370 \cdot 6300} = 0,00273 \text{ мОм}.$$

2) За паспортними даними сухого трансформатора з епоксидною ізоляцією Geafol 630/6/0,4кВ виробника «Siemens» (з таблиці А.32 [12]) втрати короткого замикання $P_{к.ном} = 6,5$ кВт, напруга КЗ $u_k = 6,5$ %. Активний та індуктивний опори прямої послідовності трансформатора, які приведені до ступеня НН, визначаються за формулами:

$$R_T = \frac{P_{к.ном} \cdot U_{ном.НН}^2}{S_{ном.Т}^2} \cdot 10^6 = \frac{6,5 \cdot 0,4^2}{630^2} \cdot 10^6 = 2,62 \text{ мОм};$$

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_T = \sqrt{u_{\kappa}^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{\kappa,НОМ}}{S_{НОМ.Т}}\right)^2} \cdot \frac{U_{НОМ.НН}^2}{S_{НОМ.Т}} \cdot 10^4 = \sqrt{6^2 - \left(\frac{100 \cdot 6,5}{630}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{630} \cdot 10^4$$

$$= 15,01 \text{ мОм}$$

4) З таблиці Н.2 [2] при використанні у схемі трансформаторів струму 100/5А $R_{ts} = 2,7 \text{ мОм}$; $X_{ts} = 1,7 \text{ мОм}$

5) З таблиці Н.1 додатка Н [2]:

- для автомата 1QF (1250А) приймається

$$R_{a.1} = 0,204 \text{ мОм}; X_{a.1} = 0,0917 \text{ мОм.}$$

- для автомата 2QF (100А) приймається

$$R_{a.2} = 2,15 \text{ мОм}; X_{a.2} = 1,2 \text{ мОм.}$$

- для автомата QF (80А) приймається

$$R_{a.3} = 3,05 \text{ мОм}; X_{a.3} = 1,73 \text{ мОм.}$$

- для автомата QF14 (10А) приймається

$$R_{a.4} = 14 \text{ мОм}; X_{a.4} = 9,5 \text{ мОм.}$$

6) З таблиці А.65 [12] для повітряної лінії напругою до 1 кВ типу AsXSн-4x25 питомі опори такі: $r_{пл} = 1,54 \text{ мОм/м}$; $x_{пл} = 0,072 \text{ мОм/м}$.

Активний та індуктивний опори повітряної лінії визначаються за формулами (4.11) і (4.12)

$$R_{пл} = r_{пл} \cdot l_{пл} = 1,54 \cdot 43 = 66,22 \text{ мОм};$$

$$X_{пл} = x_{пл} \cdot l_{пл} = 0,072 \cdot 43 = 3,096 \text{ мОм.}$$

7) З таблиці А.69 [12] для кабельної лінії напругою до 1 кВ марки ВВГнгд-5x2,5 питомі опори такі: $r_{п} = 7,35 \text{ мОм/м}$; $x_{п} = 0,102 \text{ мОм/м}$.

Активний та індуктивний опори кабельної лінії визначаються за формулами (4.11) і (4.12)

$$R_{кл} = r_{кл} \cdot l_{кл} = 7,35 \cdot 16 = 117,6 \text{ мОм};$$

$$X_{кл} = x_{кл} \cdot l_{кл} = 0,102 \cdot 16 = 1,632 \text{ мОм.}$$

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

2 етап: Визначення діючого значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент (початкового надперехідного струму) у різних точках схеми.

1) Визначення струму трифазного КЗ у точці К1. Сумарні опори щодо точки К1 визначаються так:

$$R_{\Sigma K1} = R_T + R_{a1} + R_{K1} + R_{ts} = 2,62 + 0,204 + 15 + 2,7 = 20,524 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K1} = X_C + X_T + X_{a1} + X_{ts} = 0,00273 + 15,01 + 0,0917 + 1,7 = 16,81 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2} = \sqrt{20,524^2 + 16,81^2} = 26,53 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K1(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 26,53} = 8,706 \text{ кА}.$$

2) Визначення струму трифазного КЗ у точці К2. Сумарні опори щодо точки К2 визначаються так:

$$R_{\Sigma K2} = R_{\Sigma K1} + R_{a2} + R_{K2} + R_{nl} = 20,524 + 2,15 + 20 + 66,22 = 108,89 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K2} = X_{\Sigma K1} + X_{a2} + X_{nl} = 16,81 + 1,2 + 3,096 = 21,102 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K2} = \sqrt{R_{\Sigma K2}^2 + X_{\Sigma K2}^2} = \sqrt{108,89^2 + 21,102^2} = 110,92 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K2(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 110,92} = 2,082 \text{ кА}.$$

3) Визначення струму трифазного КЗ у точці К3. Сумарні опори щодо точки К3 визначаються так:

$$R_{\Sigma K3} = R_{\Sigma K2} + R_{a3} + R_{K3} = 108,89 + 3,05 + 25 = 136,94 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K3} = X_{\Sigma K2} + X_{a3} = 21,102 + 1,73 = 22,832 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K3} = \sqrt{R_{\Sigma K3}^2 + X_{\Sigma K3}^2} = \sqrt{136,94^2 + 22,832^2} = 138,83 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K3(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 138,83} = 1,663 \text{ кА}.$$

4) Визначення струму трифазного КЗ у точці К4.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Сумарні опори щодо точки К4 визначаються так:

$$R_{\Sigma K4} = R_{\Sigma K3} + R_{a4} + R_{кл} + R_{к4} = 136,94 + 14 + 117,6 + 30 = 298,544 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K4} = X_{\Sigma K3} + X_{a4} + X_{кл} = 22,832 + 9,5 + 1,632 = 33,964 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K4} = \sqrt{R_{\Sigma K4}^2 + X_{\Sigma K4}^2} = \sqrt{298,544^2 + 33,964^2} = 300,47 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K4(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K4}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 300,47} = 0,769 \text{ кА}.$$

Результати розрахунку струмів трифазних КЗ у початковий момент часу в розподільчій електричній мережі зведені в таблиці 5.1.

4.2. Розрахунок струмів однофазного КЗ

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності вимикання лінії в разі пробою ізоляції та появи на корпусі устаткування потенціалу, величина якого небезпечна для життя персоналу.

Якщо потужність живильної енергосистеми значна ($X_c < 0,1X_T$), початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного металевого КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ «Инструктивные материалы Главгосэнергонадзора» рекомендують визначати за формулою

$$I_K^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{ПТ}}, \quad (5.25)$$

де U_{ϕ} - фазна напруга мережі, В;

$Z_{ПТ}$ - повний опір петлі «фаза – нуль» від трансформатора до точки КЗ, обмірюваний при іспитах або знайдений із розрахунків, мОм;

$Z_T^{(1)}$ - повний опір знижувального трансформатора струмам однофазного КЗ, значення якого залежно від потужності та схеми з'єднання трансформаторів приймається з таблиці Н.3 додатка Н [2] або визначається як:

$$Z_T^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T})^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T})^2}, \quad (5.26)$$

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

де R_{1T} і X_{1T} – активний та індуктивний опори трансформатора струмам прямої послідовності, мОм;

$R_{2T} = R_{1T}$ і $X_{2T} = X_{1T}$ – те саме зворотної послідовності, мОм;

R_{0T} і X_{0T} — те саме нульової послідовності, мОм.

Опори трансформатора струмам нульової послідовності значною мірою залежать від схеми з'єднання обмоток трансформатора, тому рекомендується схема «трикутник – зірка з нейтраллю» (Δ/Y_N), у якій порівняно зі схемою «зірка – зірка з нейтраллю» (Y/Y_N) струм однофазного КЗ на шинах НН (до 1 кВ) у 3 рази більший, що сприяє надійному спрацьовуванню захисних апаратів (автоматів). Якщо живильна енергосистема має обмежену потужність, то значення $Z_T^{(1)}$ збільшується з урахуванням опору енергосистеми [2]

$$Z_T^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T} + 2R_C)^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T} + 2X_C)^2} \quad (5.27)$$

Опір петлі «фаза – нуль» для ланцюга з n послідовно з'єднаних ділянок визначається за формулою:

$$Z_{ПТ} = \sum_{i=1}^n z_{n,пт,i} \cdot l_i, \quad (5.28)$$

де $z_{n,пт,i}$ – питомий опір петлі «фаза – нуль» кожної наступної ділянки від трансформатора до точки КЗ, мОм/м (величини $z_{n,пт,i}$ наведені в таблицях Н.6-Н.8 додатка Н [2], у довідкових та інших джерелах);

l_i – довжина i -ї ділянки, м.

Опори контактів шин, апаратів, ТС не враховуються, бо обчислення за формулою (5.25) дає деякий запас для струму внаслідок арифметичного додавання $Z_T^{(1)}/3$ і $Z_{ПТ}$.

Для більш точного визначення струмів однофазних КЗ, крім опорів трансформатора й зовнішньої живильної мережі, ураховують сумарний активний і індуктивний опори петлі «фаза-нуль», що містять опори шинопроводів, апаратів і перехідних опорів, починаючи від нейтралі знижувального трансформатора, а також опір дуги.

З урахуванням опору мережі понад 1 кВ (опорів трансформатора і живильної мережі X_c і R_c), перехідних активних опорів контактів і опору дуги

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фактичне значення струму однофазного КЗ буде меншим, тому в разі необхідності більш точного визначення струму (наприклад, якщо його величина близька до уставок спрацьовування захисту) за будь-якої потужності живильної енергосистеми користуються формулою

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_\Sigma^{(1)}}{3} + Z_{IT}}. \quad (5.29)$$

Величина $Z_\Sigma^{(1)}$ з урахуванням перехідних активних опорів контактів $R_{кп} = 15$ мОм обчислюється як [2]

$$Z_\Sigma^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T} + 2R_C + 3R_{кп})^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T} + 2X_C)^2}. \quad (5.30)$$

Визначаємо струм однофазного КЗ у точках К1, К2, К3 для схеми на рисунку 5.2.

Трансформатор типу 630кВА 6/0,4кВ, схема з'єднання обмоток трансформатора «зірка – зірка з нейтраллю» (Y/Yn).

Кабельні лінії:

Кабель до шафи ШР: AsXSn-4x25 $l_{пл} = 43$ м;

Кабель до духової шафи з грилем: ВВГнгд-5x2,5 $l_{кп} = 16$ м.

Розрахунок

З таблиці Н.3 додатка Н [2] для трансформатора з номінальною потужністю 630 кВА і схемою з'єднання обмоток трансформатора «зірка – зірка з нейтраллю» (Y/Yn) повний опір струму однофазного КЗ $Z_T^{(1)} = 128$ мОм. За формулою (5.25) струм однофазного металевого КЗ в точці К1:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{128}{3}} = 5,156 \text{ кА}.$$

З таблиці 11 «Рекомендації по розрахунку опору петлі «фаза-нуль». Главелектромонтаж. 1986 г.» повні питомі опори $Z_{п.пт}$ ланцюга «фаза – нуль» для чотирижильних самонесучих проводів з алюмінієвими жилами такі:

$$Z_{п.пт.пл} = 2,94 \text{ мОм/м};$$

для чотирижильних кабелів з мідними жилами такі:

$$Z_{п.пт.кп} = 17,46 \text{ мОм/м};$$

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

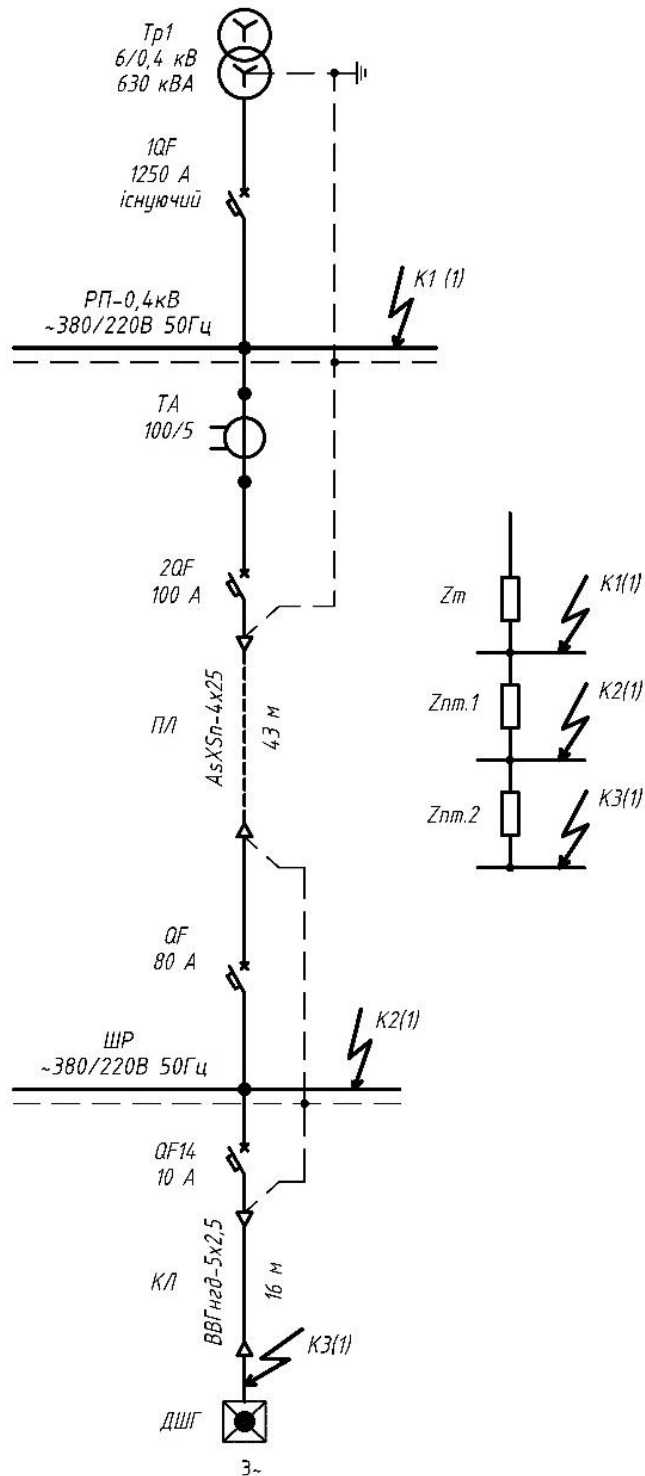


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема і схема заміщення для розрахунку струмів однофазного короткого замикання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

49

Повний опір петлі «фаза-нуль» до точки К2 визначається за формулою:

$$Z_{nm.1} = Z_{nm.пл};$$

$$Z_{nm.1} = 2,94 \cdot 43 = 127,28 \text{ мОм.}$$

За формулою (5.25) струм однофазного металевого КЗ у точці К2:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{128}{3} + 127,28} = 1,295 \text{ кА.}$$

Повний опір петлі «фаза – нуль» до точки К3 визначається за формулою:

$$Z_{nm.2} = Z_{nm.1} + Z_{nm.кл};$$

$$Z_{nm.} = 127,28 + 17,46 \cdot 16 = 406,64 \text{ мОм.}$$

За формулою (5.29) струм однофазного металевого КЗ у точці К3:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{128}{3} + 406,64} = 0,382 \text{ кА.}$$

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку струмів КЗ

Лінія	Струм трифазного КЗ, кА				Струм однофазного КЗ, кА		
	К4	К3	К2	К1	К3(1)	К2(1)	К1(1)
Гр.1	-	1,663	2,082	8,706	0,212	1,295	5,156
Гр.2	-				0,141		
Гр.3	-				0,121		
Гр.4	-				0,203		
Гр.5	-				0,154		
Гр.6	-				0,268		
Гр.7	-				0,293		
Гр.8	-				0,262		
Гр.9	-				0,262		
Гр.10	-				0,257		
Гр.11	-				0,229		
Гр.12	-				0,252		
Гр.13	-				0,280		
НС	-				0,340		
ВГ	-				0,360		
КС	-				0,406		
Б1	-				0,466		
МП	-				0,393		
Б2	-				0,370		
ПММ	-				0,323		
ПМ	-				0,315		
ДШГ	0,769				0,382		
ВП	0,687				0,331		
ПВ	-				0,147		
К1	-				0,466		
К2	-	0,406					
К3	-	0,434					
К4	-	0,370					
К5	-	0,350					

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

51

5. Вибір автоматичних вимикачів

Перевірка проводиться для існуючого автоматичного вимикача 1QF $I_{ном}=100A$, що встановлений в РУ-0,4кВ існуючої КТП.

Вибору і перевірки підлягають ввідний автоматичний вимикач розподільчої шафи ШР QF $I_{ном}=80A$ та апарати на лініях до одиничних споживачів та на групових лініях.

Всі електричні апарати напругою до 1 кВ мають відповідати таким умовам:

1) міцності ізоляції для роботи в тривалому режимі та при короткочасних перенапругах:

$$U_{ном.е.а} \geq U_{ном.м}, \quad (6.1)$$

де $U_{ном.е.а}$ і $U_{ном.м}$ - номінальна напруга ЕА і номінальна напруга електричної мережі (установки) відповідно, у якій застосовується ЕА;

2) допустимого нагрівання струмами в тривалому режимі:

$$I_{ном.е.а} \geq I_{\phi} \quad (6.2)$$

де $I_{ном.е.а}$ і I_{ϕ} - номінальний струм ЕА і струм форсованого режиму відповідно, тобто тривалий максимальний робочий струм, який може через нього протікати;

3) відповідності навколишньому середовищу (нормальне, пожежонебезпечне, вибухонебезпечне та ін.), роду установки (внутрішня, зовнішня) і конструктивному виконанню (висувна, стаціонарна) та ін.;

4) параметрам основної функціональної характеристики: комутаційні ЕА - струм вимикання (вмикання) при КЗ (комутаційна здатність), ЕА захисту - номінальний струм плавкої вставки запобіжника чи уставки розчеплювача автомата.

Перевірку вибраних ЕА проводять за їх стійкістю та працездатністю при наскрізних струмах КЗ. Мають виконуватися такі умови:

5) струм електродинамічної стійкості $EА_{д}$

$$i_{дин} \geq i_y \quad (6.3)$$

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де i_y - розрахунковий ударний струм;

б) допустимий струм термічної стійкості апарата I_T за допустимий час термічної стійкості t_T

$$I_T^2 \cdot t_T \geq I_K^2 \cdot t \quad (6.4)$$

де I_K і t - розрахункові параметри струму КЗ і дійсного часу вимикання КЗ відповідно.

Таким чином, номінальна напруга цих автоматів вибирається як:

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.м}, \quad (6.5)$$

Номінальний струм автоматів і номінальні струми розчеплювачів не повинні бути меншими за струм режиму максимального навантаження:

$$I_{ном.а} \geq I_{макс}, \quad (6.6)$$

$$I_{ном.р} \geq I_{макс} \quad (6.7)$$

У формулах (6.6) і (6.7) беруться найближчі значення номінальних струмів автоматів і розчеплювачів. Автомати звичайно мають кілька номінальних струмів розчеплювача. Найбільше значення номінального струму розчеплювача дорівнює номінальному струму автомата, тому $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$

Струм максимального режиму визначається за формулою:

$$I_{макс} = I_{вст}, \quad (6.8)$$

де $I_{вст}$ - струм при встановленій величині навантаження (береться залежно від місця знаходження ЕА в схемі електропостачання).

Уставка струму спрацювання від перевантаження $I_{с.п}$ (уставка струму теплового розчеплювача $I_{у.т.р}$) вибирається за умови:

$$I_{с.п} = I_{у.т.р} \geq K \cdot I_p, \quad (6.9)$$

де K - коефіцієнт, який приймається 1,1 для автомата вводу QF, 1,25 - для автоматів QF1-QF25.

У формулі (6.9) для автомата вводу QF - розрахунковий струм другого рівня електропостачання $I_{р.2}$; для автомата QF10 — розрахунковий струм

першого рівня електропостачання одного ЕП $I_{p.1}$ (номінальний струм ЕП $I_{ном.ЕП}$ при $k_3 - 1$).

Автомати не повинні вимикати ділянки, які захищають, при короткочасних перевантаженнях (пускові струми, пікові струми та ін.).

Умова перевірки від пікових струмів для групи ЕП і від пускових струмів для одного ЕП полягає у виборі уставки струму спрацьовування відсічки розчеплювача миттєвої дії $I_{с.в}$ (уставки струму електромагнітного розчеплювача $I_{у.е.р}$) більше цих струмів відповідно не менш ніж на 25 %, тому що похибка від розкиду характеристик може досягати до 15 %

$$I_{с.в} = I_{у.е.р} \geq 1,25I_{пик}, \quad (6.13)$$

$$I_{с.в} = I_{у.е.р} \geq 1,25I_{пуск}, \quad (6.14)$$

де $I_{пик}$ і $I_{пуск}$ - піковий струм групи ЕП за формулами (2.40), (2.41) і пусковий струм одиночного ЕД за формулою (2.12) відповідно (дані пускових і пікових струмів беруться з результатів розрахунків розділу 2: приклади 2.1 і 2.6 відповідно).

Як комутаційний апарат автомати перевіряють щодо здатності вимикання за умови:

$$I_{ном.в.а} \geq I_{н.о} = I_{к}^{(3)}, \quad (6.16)$$

де $I_{ном.в.а}$ - номінальний струм вимикання автомата при нормованих умовах роботи;

$I_{н.о} = I_{к}^{(3)}$ - початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ.

Відповідно до пункту 4 (функціональне призначення) для чутливості захисту (надійного його спрацювання) мінімальний струм КЗ (звичайно це струм однофазного КЗ у найбільш віддаленій точці лінії, яка захищається) має перевищувати уставки розчеплювачів залежно від їх типів у таких співвідношеннях:

для розчеплювача миттєвої дії (електромагнітного або напівпровідникового) з номінальним струмом більше 100 А

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_K^{(1)} \geq 1,25I_{c.в}, \quad (6.17)$$

та при струмі до 100 А включно:

$$I_K^{(1)} \geq 1,4I_{c.в} \quad (6.18)$$

Вибірковість дії послідовно встановлених автоматів забезпечується за умови, що їх захисні характеристики на карті селективності не повинні перетинатися, до того ж уставки струму розчеплювачів уповільненої й миттєвої дії в автомата, розташованого ближче до ЕП, мають бути в 1,5 рази менші, ніж у більш віддаленого автомата [2].

5.1. Вибір ввідного автоматичного вимикача 0,4кВ

Розрахунковий струм на II рівні електропостачання $I_{p2} = 27,33 \text{ А}$. Проведемо аналіз пофазного розподілу однофазного навантаження для визначення найбільшого можливого значення струму завантаження фази. В нашому випадку найбільш завантаженою фазою є фаза В з однофазним навантаженням 61,82 А. Щоб отримати повний струм фази В – додаємо до значення однофазного навантаження значення трифазного $61,82 + 16,08 = 77,9 \text{ А}$. Таким чином ми отримали значення максимального фазного струму навантаження, який будемо використовувати при виборі та перевірці ввідного автоматичного вимикача розподільчої шафи ШР.

Вибираємо модульний триполюсний автоматичний вимикач ЕАТОН РЛНТ-С80/3 $I_{ном} = 125 \text{ А}$, $I_{ном.тр} = 80 \text{ А}$, $I_{у.т.р.} = 80 \text{ А}$, $I_{у.в.р.} = 800 \text{ А}$ (характеристика С)

За формулою (6.5) номінальна напруга автомата вибирається як:

$$400 \geq 380 \text{ В.}$$

За формулою (4.15) визначимо номінальний вторинний струм трансформатора:

$$I_{макс} = 77,9 \text{ А.}$$

Тоді за формулою (6.6) номінальний струм автомата:

$$I_{ном.а} = 80 > I_{макс} = 77,9 \text{ А.}$$

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для автомату РЛНТ-С80/3 номінальний струм теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}} = 80 \text{ А}$. Тоді за формулою (6.7) номінальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{\text{ном.т.р}} = 80 \geq I_{\text{макс}} = 77,9 \text{ А.}$$

Для автомату РЛНТ-С80/3 кратність струму спрацьовування (уставки) теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}}$ до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{у.т.р}} / I_{\text{ном.т.р}}$) становить в діапазоні 1,1. Таким чином, уставка струму теплового розчеплювача:

$$I_{\text{у.т.р}} = 1,1 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 1,1 \cdot 80 = 88 \text{ А.}$$

За формулою (6.9)

$$I_{\text{у.т.р}} = 88 \text{ А} > 1,1 \cdot 77,9 \approx 85,7 \text{ А.}$$

Для автоматичного вимикача РЛНТ-С80/3 відношення струму спрацьовування відсічки $I_{\text{с.в}}$ (електромагнітного розчеплювача $I_{\text{у.е.р}}$) до номінального струму $I_{\text{ном}}$ ($I_{\text{у.т.р}} / I_{\text{ном}}$) становить в діапазоні 5-10 (характеристика С). Таким чином, струм спрацьовування відсічки (електромагнітного розчеплювача)

$$I_{\text{с.в}} = I_{\text{у.е.р}} = 10 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 10 \cdot 80 = 800 \text{ кА.}$$

За формулою (6.12)

$$I_{\text{с.в}} = 800 \text{ А} > 10 \cdot I_{\text{макс}} = 10 \cdot 77,9 = 0,779 \text{ кА.}$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ автоматом вводу береться струм трифазного КЗ у точці К2 з таблиці 5.1

$$I_{\text{К2(0)}} = 2,082 \text{ кА.}$$

Для автоматичного вимикача РЛНТ-С80/3 гранична комутаційна здатність (здатність до вимикання) при становить $I_{\text{ном.в.а}} = 20 \text{ кА}$.

За формулою (6.16)

$$20 \text{ кА} > 2,082 \text{ кА.}$$

Остаточню вибирається автомат РЛНТ-С80/3 з такими параметрами:

$$U_{\text{ном.а}} = 400 \text{ В}; I_{\text{ном.а}} = 125 \text{ А}; I_{\text{ном.т.р}} = 80 \text{ А};$$

$$I_{\text{у.т.р}} = 88 \text{ А}; I_{\text{у.е.}} = 800 \text{ А}; I_{\text{ном.в.а}} = 20 \text{ кА.}$$

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Результати вибору дивися таблицю 6.1.

Лінія живлення	Тип автомата	U _{ном} , В	I _{ном} , А	I _{ном.т.р} , А	I _{у.т.р} , А	I _{у.в.р} , А	I _{ном.в.а} , кА
ШР	EATON PLHT-C80/3	400	125	80	88	800	20

Таблиця 6.1 - Каталогні та розрахункові дані автомата QF

Умови вибору	Каталожні дані автомата PLHT-C80/3	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.м}$	$U_{ном.а} = 400В$	$U_{ном.м} = 380В$
За номінальним струмом автомата $I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.а} = 125А$	$I_{\phi} = I_{макс} = 77,9 А$
За номінальним струмом розчеплювача $I_{ном.р} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.р} = 80А$	$I_{\phi} = I_{макс} = 77,9 А$
За номінальним струмом автомата та його розчеплювачів $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	$I_{ном.а} = 125А$	$I_{ном.р} = 80А$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{с.п} = I_{у.т.р} \geq 1,1I_{\phi}$	$I_{у.т.р} = 1,1 \cdot I_{ном.т.р} = 1,1 \cdot 80 = 88А$	$1,1I_{макс} = 1,1 \cdot 77,9 = 85,69 А$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{с.в} \geq (6 - 10)I_{макс}$	$I_{с.в} = I_{у.е.р} = 10 \cdot I_{ном.т.р} = 10 \cdot 80 = 0,8 кА$	$I_{с.е} = 10 \cdot I_{макс} = 10 \cdot 77,9 = 0,779 кА$
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{ном.в.а} \geq I_{п.о} = I_{к}^{(3)}$	$I_{ном.в.а} = 20 кА$	$I_{п.о} = I_{к}^{(3)} = 2,082 кА$
За умовою чутливості $I_{к}^{(3)} \geq 1,25I_{с.в}$	$1,25 I_{с.в} = 1,25 \cdot 800 = 1 кА$	$I_{к}^{(3)} = 2,082 кА$

5.2. Вибір автоматів розподільчої мережі

Аналогічно проводимо розрахунок для вибору лінійних автоматів і автоматів для ЕП. Результати записуємо до таблиць 6.1 та 6.2 відповідно.

Таблиця 6.3 - Результати вибору автоматів до ЕП

Лінія	Тип автомата	Uном, В	Iном, А	Iном.т.р, А	Iу.т.р, А	Iу.в.р, А	Iном.в.а, кА
Гр.1	EATON PL6-B2/1	440	2	2	2,5	10	6
Гр.2	EATON PL6-B2/1	440	2	2	2,5	10	6
Гр.3	EATON PL6-B2/1	440	2	2	2,5	10	6
Гр.4	EATON PL6-B2/1	440	2	2	2,5	10	6
Гр.5	EATON PL6-B2/1	440	2	2	2,5	10	6
Гр.6	EATON PFL7-16/C/003-G	440	16	16	20	160	6
Гр.7	EATON PFL7-16/C/003-G	440	16	16	20	160	6
Гр.8	EATON PFL7-16/C/003-G	440	16	16	20	160	6
Гр.9	EATON PFL7-16/C/003-G	440	16	16	20	160	6
Гр.10	EATON PFL7-16/C/003-G	440	16	16	20	160	6
Гр.11	EATON PFL7-16/C/003-G	440	16	16	20	160	6
Гр.12	EATON PFL7-16/C/003-G	440	16	16	20	160	6
Гр.13	EATON PFL7-16/C/003-G	440	16	16	20	160	6
НС	EATON PL6-C16/1	440	16	16	20	160	6
ВГ	EATON PL6-C6/1	440	6	6	7,5	60	6
КС	EATON PL6-C10/1	440	10	10	12,5	100	6
Б1	EATON PL6-B16/1	440	16	16	20	80	6
МП	EATON PL6-C6/1	440	6	6	7,5	60	6
Б2	EATON PL6-B10/1	440	10	10	12,5	50	6
ПММ	EATON PL6-C16/1	440	16	16	20	160	6
ПМ	EATON PL6-C16/1	440	16	16	20	160	6
ДШГ	EATON PL6-C10/3	440	10	10	12,5	100	6
ВП	EATON PL6-C16/3	440	16	16	20	160	6
ПВ	EATON PL6-C6/1	440	6	6	7,5	60	6
К1	EATON PL6-C6/1	440	6	6	7,5	60	6
К2	EATON PL6-C6/1	440	6	6	7,5	60	6
К3	EATON PL6-C6/1	440	6	6	7,5	60	6
К4	EATON PL6-C10/1	440	10	10	12,5	100	6
К5	EATON PL6-C10/1	440	10	10	12,5	100	6

Декілька слів про організацію схеми.

По-перше, схемою передбачено резервний ввідний автоматичний вимикач для можливості підключення альтернативного автономного джерела живлення, наприклад, дизельної електростанції. Вибір джерела живлення – від

мережі чи від ДЕС виконується за допомогою перекидного ввідного рубильника «1-0-2» в розподільчій шафі ШР.

По-друге, схемою передбачено живлення вентиляційних систем через окремий автоматичний вимикач з незалежним розчеплювачем та проміжним реле $U=12В$. Таке рішення дозволяє при наявності системи пожежної сигналізації, використати сигнал ПОЖЕЖА для відключення живлення вентиляційних систем щоб запобігти розповсюдженню вогню. Також передбачено встановлення модульної кнопки для забезпечення можливості тестування схеми відключення живлення вентиляційних систем.

По-третє, на групових лініях живлення мережі побутових розеток проектом передбачено встановлення диференційних автоматичних вимикачів, які окрім захисту від перевантаження та від струмів КЗ захищає також і від струму витoku ($I_{диф}=30mA$) для запобігання ураження людей електричним струмом.

					<i>MP 5.8.141.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

6. Охорона праці

Травматизм під час виконання електромонтажних робіт – явище поширене. Ні великий стаж роботи, ні висока кваліфікація фахівців не гарантують стовідсоткового уникнення травм. Навпаки, статистика свідчить, що в 65% нещасних випадків, що відбуваються під час монтажу, налагодження електрообладнання, страждають саме висококваліфіковані фахівці.

На даний час ураження електричним струмом зі смертельним наслідком становить до 3% від загального числа нещасних випадків. Широке використання електричної енергії в усіх галузях промисловості і побуту обусловлює значну небезпеку ураження людини електричним струмом. Аналіз показує, що кількість електротравм в промисловості становить 0,5-1%, проте, дуже високий відсоток летального результату – 15-20%, при чому, до 80-85% електротравм зі смертельними наслідками відбувається в мережах з напругою до 1000 В. До найбільш травмонезбезпечних галузей відноситься: легка промисловість, де травматизм становить 17% від числа смертельних нещасних випадків, електротехнічна промисловість – 14%, хімічна – 13%, будівництво, сільське господарство – по 40%, побут – приблизно 40%.

Види можливих травм:

- удари, пошкодження тканин обертовими деталями приладів;
- електроопіки в результаті прямого або дугового контакту тіла з джерелом струму;
- травми слизової оболонки очей від попадання пилу і дрібної стружки під час свердління;
- проблеми з легенями при попаданні в них пилу від деяких композитних матеріалів (МДФ, склопластики і т.д.).

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Уникнути перерахованого можна тільки завдяки неухильному дотриманню правил охорони праці. Нижче наведені основні правила, при дотриманні яких монтаж, заміна, наладка електроприладів будь-якої складності пройде без неприємних ексцесів.

Вимоги до робочого одягу:

- робочий одяг не повинен бути занадто вільним, щоб не торкатися частин механізмів, що рухаються;
- обов'язкове використання захисних окулярів з небитким склом і рукавиць;
- при необхідності використання респіратора і засобів захисту органів слуху;
- при роботі без зняття напруги в електроустановках напругою до 1000 В або поблизу них необхідні діелектричні калоші.

При виконанні пусконаладжувальних та монтажних робіт будь-якої складності дозволено застосовувати тільки справний інструмент. Ручний інструмент не повинен мати відколів, тріщин, вибоїн, задирок і щербин в місці захоплення рукою і на потиличній частині ручок. Рукоятки кувалд і молотків мають бути заклиніті клинами.

Роботи під напругою до 1000 В дозволено проводити інструментом з ізольованими рукоятками, виконаними у вигляді чохлаві або незнімного покриття з волого, масло-бензостійкого електроізоляційного матеріалу. Довжина ізоляції рукояток повинна бути не менше 100 мм, а ізоляція викруток закінчуватися на відстані не більше 10 мм від кінця леза.

Перед початком роботи з електроінструментом необхідно упевнитись в тому, що:

- гвинти, що кріплять його деталі, добре затягнуті;

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

- редуктор справний (вимкніть електродвигун і поверніть рукою шпindel інструменту);
- ізоляція електроінструменту не має пошкоджень і зламів;
- заземлення та вимикачі справні (інструменту з подвійною ізоляцією заземлення не потрібне).

Пробивати борозни і отвори в стінах, перекриттях з прихованою електропроводкою, виконувати інші роботи, з імовірним пошкодженням ізоляційного покриття кабелів, можна тільки після відключення їх від джерел живлення.

Використовувати несправний електроінструмент заборонено.

Якщо в роботі використовується паяльник, необхідно стежити, щоб в робочому стані він постійно знаходився в зоні дії витяжки. Струшувати припій під час паяння не можна, його надлишки знімаються на спеціальній підставці. При коротких перервах в роботі електропаяльник кладуть на підставку з металевими скобами. У приміщенні, де проходить пайка, не можна приймати їжу.

При виконанні монтажних робіт використовуються паяльники, які підключено до напруги не вище 42 В. Допускається використання електричних паяльників на 220 В, якщо підключення їх до напруги походить від розділового трансформатора або через прилад захисного відключення.

При випробуванні вже встановленого обладнання приймають такі запобіжні заходи:

- пробне включення виконують за умов відсутності людей біля струмоведучих частин установки;

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

- пробне включення проводять тільки після ретельної перевірки відповідності схеми монтажу проектної документації та надійності контактних з'єднань в усіх елементах схеми.

Техніка безпеки при монтажі електропроводки в приміщеннях

Електропроводку в приміщеннях слід виконувати з урахуванням можливості її заміни; приховано - в каналах будівельних конструкцій, замонолічених жорстких або гофрованих трубах; відкрито - в електротехнічних плінтусах, коробах, гофрованих трубах на хомутах або дистанційних тримачах тощо. Розміщення плінтусів, коробів, труб необхідно узгоджувати з архітектурно-будівельною частиною проекту та Замовником.

Вибір виду електропроводки і способів прокладання проводів і кабелів з урахуванням вимог електробезпеки, пожежної безпеки повинен виконуватись згідно з главою 2.1 ПУЕ. При цьому необхідно враховувати наступні основні моменти:

а) ізольовані проводи без захисної оболонки слід прокладати тільки в трубах, коробах і на ізоляторах. Не допускається прокладати ізольовані проводи без захисної оболонки в порожнинах будівельних конструкцій, а також на поверхні стін, по стелі, на лотках, кронштейнах, на тросах (струнах). У цьому випадку необхідно застосовувати ізольовані проводи в захисній оболонці та кабелі. Електропроводки в порожнинах будівельних конструкцій можна розташовувати найкоротшим шляхом;

б) не допускається замонолічене прокладання кабелів і проводів без можливості їх заміни в панелях стін, перегородках та перекриттях під час виготовлення конструкцій на заводах будівельної індустрії або під час спорудження будівель. Не допускається також замонолічення проводів у монтажних стиках панелей;

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

в) у будинках, конструкції яких виготовлені із негорючих будівельних матеріалів згідно з ДСТУ Б В.2.7-19, допускається прокладання групових мереж кабелем або ізольованими проводами в захисній оболонці в борознах стін, перегородок, перекриттів під штукатуркою, у шарі підлоги. Електропроводки під штукатуркою повинні розташовуватись горизонтально, вертикально або паралельно краю стін приміщення, тобто паралельно архітектурним лініям на відстані не більше ніж 150 мм від плит перекриття і не більше ніж 500 мм від підлоги;

г) кабелі, проводи і інші елементи електропроводки, які мають необхідну вогнестійкість згідно з відповідними стандартами, можуть застосовуватись без будь-яких додаткових запобіжних заходів. Кабелі мережі, що забезпечують постачання електроенергії до обладнання, робота якого в умовах пожежі обов'язкова для проведення швидких та безпечних рятувальних робіт (ліфти для транспортування пожежних підрозділів, електродвигуни вентиляторів систем захисту від задимлення, пожежних насосів - підвищувачів систем автоматичного пожежогасіння та внутрішнього водопроводу, пожежної сигналізації, системи оповіщення та керування евакуацією людей при пожежі тощо), повинні відповідати вимогам, установленим нормативними документами;

д) елементи електропроводки (труби, короби, лотки, кронштейни, скоби тощо), крім кабелів і проводів, які не відповідають як мінімум вимогам відповідних стандартів щодо здатності поширювати полум'я, але у всіх інших відношеннях відповідають вимогам стандартів, повинні бути розміщені повністю в оболонці з негорючих матеріалів або бути захищені (покріті, пофарбовані) вогнестійкими матеріалами.

Електричні мережі, які прокладаються за непрохідними підвісними стелями і в перегородках, розглядаються як приховані електропроводки і їх слід виконувати:

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

а) за стелями і в порожнинах перегородок із горючих будівельних матеріалів згідно з ДСТУ Б В.2.7-19 - у металевих трубах і закритих металевих коробах;

б) за стелями і перегородками із негорючих будівельних матеріалів згідно з ДСТУ Б В.2.7-19 - у трубах, коробах і тучних рукавах, вироблених із негорючих або важкогорючих матеріалів, а також кабелями, що не поширюють полум'я. Повинна бути забезпечена можливість заміни проводів і кабелів, а також доступ до місць відгалуження, до світильників та іншого обладнання.

Примітка. Під підвісною стелею із негорючих матеріалів розуміють таку стелю, що виконана із негорючих матеріалів, при цьому інші будівельні конструкції, що розташовані над підвісною стелею, включаючи міжповерхове перекриття, також виконані із негорючих матеріалів.

У житлових будинках стояки ліній живлення квартир, групові лінії освітлення сходових клітин повинні прокладатися приховано в каналах будівельних конструкцій (електроблоках). У цих же конструкціях рекомендується розміщувати суміщені поверхові електрошафи (щитки) і ящики для з'єднання і розгалуження провідників. Дозволяється для прокладання стояків застосовувати комплектні струмопроводи і труби.

Поверховий щиток повинен встановлюватись на відстані не більше ніж 3 м по довжині електропроводки від стояка живлення з урахуванням вимог гл. 3.1 ПУЕ.

Прокладання вертикальних ділянок розподільної мережі всередині квартир не допускається.

У технічних поверхах, підпідлогових просторах, неопалюваних підвалах, горищах, вентиляційних камерах, вологих та особливо вологих приміщеннях електропроводку рекомендується виконувати відкрито.

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

У сходових клітках дозволяється розміщувати тільки мережі освітлення цих кліток і коридорів.

Відкрите прокладання кабелів по сходових клітках не допускається, за винятком кабелів мережі їх освітлення. Ці кабелі не повинні поширювати полум'я і до висоти 2 м від підлоги мати захист від механічних пошкоджень.

У приміщеннях для приготування і приймання їжі, за винятком кухонь квартир, допускається відкрите прокладання кабелів. Відкрите прокладання проводів у цих приміщеннях не допускається.

У кухнях квартир можна застосовувати ті ж види електропроводок, що і в житлових кімнатах і коридорах.

У саунах, ванних кімнатах, санвузлах, душових приміщеннях, басейнах застосовується прихована електропроводка. При цьому не допускається прокладання проводів у металевих трубах і металевих рукавах. Допускається відкрите прокладання кабелів.

Електропроводка повинна мати ізоляцію без будь якої металевої оболонки. Така електропроводка може складатися, наприклад, з одножильних кабелів в ізолювальній оболонці або багатожильних кабелів з ізолювальною оболонкою.

У ванних і душових приміщеннях в зонах 0,1 і 2 повинні знаходитись тільки ті електропроводки, які необхідні для подачі живлення в ці зони.

В указаних зонах не дозволяється встановлювати з'єднувальні коробки.

У саунах для зон 3 і 4 повинна використовуватись електропроводка з допустимою температурою ізоляції не нижче ніж 170 °С.

У вентиляційних каналах і шахтах прокладання кабелів і проводів не допускається. Ця вимога не розповсюджується на порожнини за непрохідними і підвісними стелями, що використовуються в якості вентиляційних каналів.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Дозволяється перетинати канали і шахти поодинокими лініями, виконаними проводами і кабелями, схованими в металеві труби.

Допускається у спільній трубі, спільному коробі або каналі будівельних конструкцій, виконаних із негорючих матеріалів, сумісне прокладання у межах указаних груп:

а) ліній живлення і керування електроприймачів протипожежних установок;

б) ліній живлення вентиляторів димовидалення і підпору повітря;

в) всіх кіл одного агрегату;

г) силових і контрольних кіл кількох машин, панелей, щитів, пультів, що забезпечують єдиний технологічний процес;

д) кіл, що живлять складний світильник;

е) освітлювальних мереж напругою до 50 В з колами напругою до 380 В за умови прокладання проводів ланцюгів до 50 В у окрему ізоляційну трубу;

ж) кіл кількох груп одного виду освітлення з загальною кількістю проводів не більше ніж 12 (без урахування контрольних кіл);

з) ліній живлення квартир і групових ліній робочого освітлення сходових кліток, поверхових коридорів, вестибюлів і інших внутрішньобудинкових приміщень.

Не допускається сумісне прокладання в одній трубі, каналі, а також коробі або потоку без розділювальних перегородок взаєморезервуючих ліній мереж живлення або розподільних мереж. Вказані лінії можуть бути прокладені по загальній трасі (в одній шахті, сходовій клітці, технічному підлоговому просторі тощо). При цьому відстань між трубами і каналами не нормується.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Взаєморезервуючі кабельні лінії електроживлення установок пожежної сигналізації слід прокладати по різних трасах, що виключає можливість їх одночасного ушкодження при займанні. Прокладання таких ліній належить виконувати в різних кабельних спорудах.

N-провідники повинні прокладатися спільно з фазними провідниками в одній трубі при застосуванні металевих труб, а в кабелях і багатожильних проводах знаходиться у спільній оболонці з фазними провідниками.

Монтаж електропроводки не повинен зменшувати експлуатаційні якості будівельних конструкцій і пожежну безпеку. Ніяка електропроводка не може проходити крізь несучі елементи конструкцій будівлі, якщо цілісність цих несучих елементів конструкції будівлі не може бути забезпечена після монтажу електропроводки. Незахищені ізольовані проводи зовнішньої електропроводки повинні бути розміщені і відгороджені таким чином, щоб вони були недоступні з місць, де можливе часте перебування людей, наприклад, з балконів або з ганку

При прокладанні кабелю ручним методом, маса ділянки кабелю, що відводиться на одну дорослу людину, не повинна бути більше для чоловіків 35 кг і для жінок 20 кг. У місцях, де розташовані підземні комунікації, земляні роботи можна розпочинати лише з письмового дозволу організацій, відповідальних використання даних комунікацій. Поблизу підземних комунікацій (наприклад, трубопроводи) земляні роботи проводять у присутності майстра або виробника робіт, а поблизу діючих кабелів, крім цього, під наглядом працівника енергосистеми, яка експлуатує дані кабелі.

Використання ударних інструментів (ломів, кирок, клинів, пневматичних інструментів), а також землерийних машин поблизу діючих підземних комунікацій (електричних кабельних ліній, газопроводів, напірних трубопроводів тощо) заборонено. Якщо під час роботи виявляються невказані в плані траси підземні комунікації, то роботи миттєво зупиняються, доки не

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

буде отримано відповідного дозволу. Муфти та кабелі, виявлені протягом земляних робіт, необхідно захистити плакатами та щитами, що попереджають про присутність напруги та небезпеки життя людини. Під час спуску барабанів із платформ або автомашин виключено наявність людей поряд із похилими ліжками.

При прогріванні кабелю струмом, виключено використання напруги більше 250 В. трансформатори, зварювальні апарати та інші пристрої, що експлуатуються при прогріві на напруги 36 В, необхідно заземлити разом із металевою кабельною оболонкою. Огляд колекторів, колодязів, тунелів та роботи в них повинні здійснюватися не менш як двома працівниками. Тунель або криницю при розтині люка необхідно провентилювати. Роботу в колодязях та тунелях можна починати тільки, коли в них повністю відсутній газ (присутність або відсутність газу встановлюється спеціальною службою підприємства).

Під час роботи в колекторах, колодязях та тунелях до експлуатації допускаються переносні лампи з напругою не більше 12 В. Кабельні закладення монтуються з використанням спеціальних лаків та епоксидного компаунд. Здійснювати монтаж можуть електромонтери, які прослухали попередній інструктаж. Кабельна маса та припій розігріваються, далі це все заливається у муфту. Працівники, які здійснюють цю операцію, повинні бути екіпіровані брезентовими рукавицями та захисними окулярами. Електричні випробування кабелю можна проводити, попередньо перевіривши відсутність напруги (у певних ситуаціях кабель заземлюється).

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Ознаками аварійної ситуації на робочому місці є:

- поява збоїв у роботі електроприладів, обладнання, устаткування.

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

- коротке замикання, іскріння, появи запаху горіння, підвищене нагрівання корпусу, штепсельних рознімачів, сполучних проводів, зниження або зникнення напруги в мережі і т.п.

В аварійній ситуації необхідно:

- роботу припинити, відключити від мережі прилади;
- при загорянні використовувати вуглекислотний або порошковий вогнегасники;
- повідомити безпосереднього керівника та роботодавця;
- ужити заходів по евакуації людей і наданню першої медичної допомоги постраждалим;
- при необхідності викликати швидку допомогу, пожежну команду.

Якщо виникла ситуація, що може призвести до аварії або нещасного випадку необхідно огородити небезпечну зону і не запускати в неї сторонніх осіб. Якщо є потерпілі надавати їм першу медичну допомогу, при необхідності викликати швидку допомогу.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1. Розрахунок заземлювального пристрою

Розрахунок заземлювального пристрою будівлі приватного одноповерхового котеджу проводиться з метою визначення кількості та конфігурації заземлювального пристрою.

Споживачі електроенергії отримують живлення від трансформатора 6/0,4кВ з заземленою нейтраллю на стороні 0,4кВ.

Природних заземлювачів немає.

Заземленням називають навмисне з'єднання металевих частин електроустановки з заземлюючим пристроєм.

Заземлюючий пристрій (ЗП) – це сукупність заземлювача та заземлюючих провідників.

Вихідні дані:

Розміри будівлі – $A \times B = 10,19 \times 12,7$ м; ґрунт в місці будівлі переважно садова земля з глиною, природний пласт; кліматична зона – III;

Вертикальний електрод – кругла сталь $\varnothing 16$ мм, довжина – $L_B = 3$ м; глибина закладання $t = 0,7$ м; Вид ЗП – рядний;

Горизонтальний електрод – смуга (40×4 мм²).

Опір заземлюючого пристрою, до якого приєднані нейтраль джерела живлення або виводи джерела однофазного струму, у будь-який час року не повинне перевищувати 2, 4 і 8 Ом відповідно для лінійних напруг 660, 380 і 220 В джерела трифазного струму або 380, 220 і 127 В джерела однофазного струму. Цей опір необхідно забезпечувати з урахуванням використання всіх заземлювачів, приєднаних до PEN (PE) – провідника, якщо кількість відвідних ліній не менше двох.

Для питомого опору землі $\rho > 100$ Ом·м допускається збільшувати значення опору заземлення в $0,01 \cdot \rho$ раз, але не більш ніж в 10 разів, за винятком опору заземлюючих пристроїв і заземлювачів, що використовуються одночасно для електроустановок напругою вище 1 кВ.

Опір заземлювального пристрою нейтралі трансформатора 0,4 кВ згідно ПУЕ повинен бути не більше $R_{3Y} \leq 4$ Ом.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прийемо опір заземлювального пристрою на рівні $R_{3Y} = 4 \text{ Ом}$.

Розрахунковий опір одного вертикального електрода визначається за виразом:

$$r_B = \frac{\rho_{розр}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{2p + \frac{l}{2}}{2p - \frac{l}{2}} \right),$$

де r_B – розрахунковий опір одного вертикального електрода;

$K_{СЕЗ.В}$ – коефіцієнт сезонності;

$\rho_{розр} = \rho \cdot K_{СЕЗ.В}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту;

ρ – питомий опір ґрунту, виміряний при нормальній вологості, Ом·м, приймається по табл. 6.2.

$K_{СЕЗ.В} = 1,5$ (II кліматичний район) – значення взяті з табл. 7.1;

$K_{СЕЗ.Г} = 2,3$ значення взяті з табл. 7.1;

$$p = t + \frac{l}{2}.$$

Для визначення питомого опору землі за розрахункове варто приймати його сезонне значення, що відповідає найменш сприятливим умовам.

Таблиця 7.1 – Коефіцієнти сезонності

Кліматична зона	Вид заземлювача		Додаткові відомості
	вертикальний	горизонтальний	
1	2	3	4
I	1,9	5,8	Глибина закладення вертикальних заземлювачів від поверхні землі 0,5...0,7м
II	1,7	4,0	Глибина закладення горизонтальних заземлювачів 0,3...0,8 м
III	1,5	2,3	
IV	1,3	1,8	

Примітка. Зона I має найбільш холодний, IV – теплий клімат;

Таблиця 7.2 – Питомий опір ґрунту ρ

Ґрунт	Торф	Глина, земля садова	Чорнозем	Суглинок	Кам'янистий ґрунт	Супісок	Пісок з галькою
ρ , Ом·м	20	40	50	100	200	300	800

Таким чином приймаємо $\rho = 40 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

$$r_B = \frac{\rho_{розр}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{2p + \frac{l}{2}}{2p - \frac{l}{2}} \right) = \frac{40 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{16 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \ln \frac{2 \left(0,7 + \frac{3}{2} \right) + \frac{3}{2}}{2 \left(0,7 + \frac{3}{2} \right) - \frac{3}{2}} \right) \approx 20 \text{ Ом}.$$

Визначаємо кількість вертикальних електродів без урахування екранування (розрахункове):

$$N'_{B.P} = \frac{r_B}{R_{3Y}};$$

де $N'_{B.P}$ – кількість вертикальних електродів без урахування екранування (розрахункове округлюємо до більшого кратного 2);

R_{3Y} – граничний опір сполученого ЗП.

$$N'_{B.P} = \frac{r_B}{R_{3Y}} = \frac{20}{4} = 5 \approx 6 \text{ шт.}$$

Кількість вертикальних електродів з урахуванням екранування:

$$N_{B.P} = \frac{N'_{B.P}}{\eta_B}$$

де $N_{B.P}$ – кількість вертикальних електродів з урахуванням екранування;

η_B, η_G – коефіцієнти використання вертикального й горизонтального електродів, визначаються за табл. 10.3:

$$\eta = f(\text{тип ЗП, вид заземлювача, } \frac{a}{L}, N_B),$$

де a – відстань між вертикальними заземлювачами, м;

L – довжина вертикального заземлювача, м;

N_B – число вертикальних заземлювачів.

Таблиця 7.3 – Коефіцієнти використання вертикальних η_B і горизонтальних η_G електродів заземлювального пристрою

N_B	$\frac{a}{L}$						Додаткові відомості
	1		2		3		
	η_B	η_G	η_B	η_G	η_B	η_G	
4	0,69	0,45	0,78	0,55	0,85	0,70	Чисельник для контурного ЗП, Знаменник — для рядного
	0,74	0,77	0,83	0,89	0,88	0,92	
6	0,62	0,40	0,73	0,48	0,80	0,64	
	0,63	0,71	0,77	0,83	0,83	0,88	
10	0,55	0,34	0,69	0,40	0,76	0,56	
	0,59	0,62	0,75	0,75	0,81	0,82	
20	0,47	0,27	0,64	0,32	0,71	0,45	
	0,49	0,42	0,68	0,56	0,77	0,68	
30	0,43	0,24	0,60	0,30	0,68	0,41	
	0,43	0,31	0,65	0,46	0,75	0,58	

Проектований рядний ЗП закладається перед будівлею на відстані не менше 2 м до будівлі.

З урахуванням форми проектного заземлювального пристрою, проєктована довжина закладання дорівнює:

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_n = 18 \text{ м.}$$

Визначаємо відстань між вертикальними електродами

$$a = \frac{L_n}{N_{B.P}} = \frac{18}{6} = 3 \text{ м.}$$

$$\frac{a}{L_B} = \frac{3}{3} = 1.$$

Таким чином

$$\eta = f(\text{рядний; вертикальний; } 1; 6) = 0,63.$$

$$N_{B.P} = \frac{N'_{B.P}}{\eta_B} = \frac{6}{0,63} = 9,52 \approx 10 \text{ шт.}$$

Відстань між електродами уточнюється з урахуванням форми об'єкта.

Розміщуємо елементи ЗП на плані та уточнюємо відстані.

Для рівномірного розподілу електродів на відстані 3 м один від одного, а також з урахуванням конфігурації розташування остаточно приймаємо $N_B = 10$ (рис. 6.1).

$$a_A = \frac{A'}{n_A - 1};$$

$$a_B = \frac{B'}{n_B - 1};$$

де a_B – відстань між електродами по ширині об'єкта, м;

a_A – відстань між електродами по довжині об'єкта, м;

n_B – кількість електродів по ширині об'єкта;

n_A – кількість електродів по довжині об'єкта.

В нашому випадку :

$$a_A = 3 \text{ м,}$$

$$a_B = 3 \text{ м.}$$

Для уточнення приймається середнє значення відношення

$$\left(\frac{a}{L_B}\right)_{cp} = \frac{1}{2} \left(\frac{a_A + a_B}{L_B}\right)$$

де L_B – довжина вертикального заземлювача, м;

a – відстань між вертикальними заземлювачами, м.

$$\left(\frac{a}{L_B}\right)_{cp} = \frac{1}{2} \left(\frac{a_A + a_B}{L_B}\right) = \frac{1}{2} \left(\frac{3+3}{3}\right) = 1.$$

За табл. 6.3 уточнюються коефіцієнти використання за допомогою апроксимації.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_B = f(\text{рядний; вертикальний; } 1; 10) = 0,59$$

$$\eta_\Gamma = f(\text{рядний; горизонтальний; } 1; 10) = 0,62$$

Визначаються уточнені значення опорів вертикальних і горизонтальних електродів.

$$R_\Gamma = \frac{0,4}{L_\Pi \eta_\Gamma} \rho K_{CE3.\Gamma} \lg \frac{2L_\Pi^2}{bt}$$

де R_Γ – уточнене значення опору горизонтальних електродів,

$t = 0,7$ – глибина закладання, (м)

b – ширина смуги, (м)

L_Π – довжина смуги, (м)

$$R_\Gamma = \frac{0,4}{L_\Pi \eta_\Gamma} \rho K_{CE3.\Gamma} \lg \frac{2L_\Pi^2}{bt} = \frac{0,4}{27 \cdot 0,62} \cdot 40 \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot (27)^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 10,37 \text{ Ом.}$$

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \eta_B}$$

де R_B – уточнене значення опору вертикальних електродів

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \eta_B} = \frac{20}{10 \cdot 0,59} = 3,39 \text{ Ом.}$$

Визначаємо $R_{3У.Ф}$ фактичний опір ЗП

$$R_{3У.Ф} = \frac{R_B R_\Gamma}{R_B + R_\Gamma} = \frac{3,39 \cdot 10,37}{3,39 + 10,37} = 2,56 \text{ Ом;}$$

$$(2,56) R_{3У.Ф} < R_{3У}(4)$$

Заземлюючий пристрій: 10 вертикальних заземлювачів $\varnothing 16$, довжиною 3 м, відстань між якими – 3 м. Опір становить 2,56 Ом.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

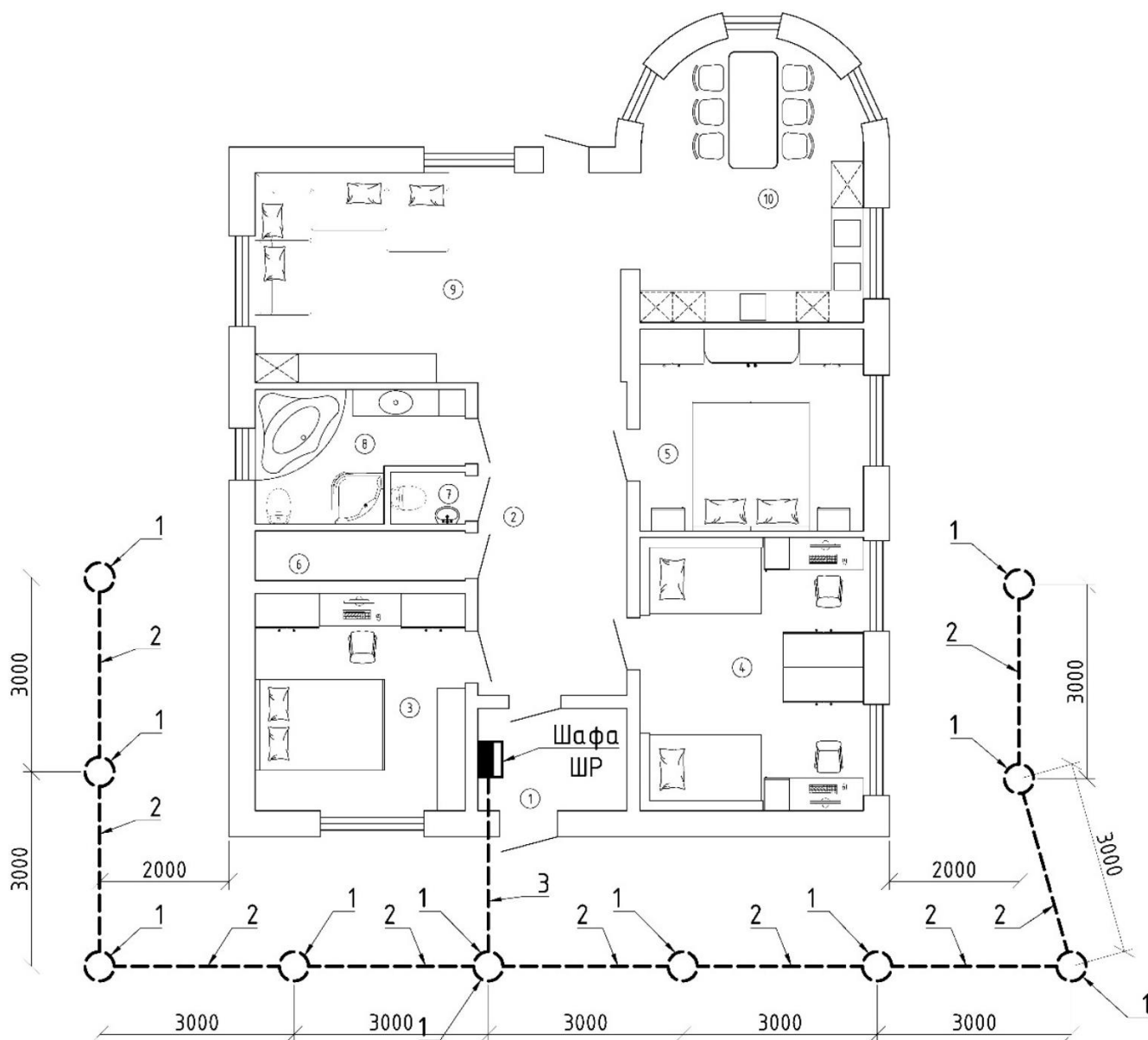


Рисунок 6.1 – План заземлювального контуру

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

76

7. Економічна частина

При проектуванні освітлювальної мережі з моделюванням приміщень у програмі DIALux, ми використовували ies-файли світлодіодних світильників виробництва «Корпорація ВАТРА» м. Тернопіль.

На ринку електротехнічної продукції дуже широко представлені різноманітні типи і види освітлювальних приладів для освітлення житлово-побутових приміщень. Вони мають різну конструкцію, зовнішній вигляд, що дає змогу підібрати необхідний освітлювальний прилад таким чином, щоб він гармонійно вписався в дизайн інтер'єру. Також вони мають широкий спектр електротехнічних характеристик.

Однією з найголовніших відмінностей усіх світильників – являється тип джерела світла. Освітлювальні прилади для житлово-побутових умов використання в основному оснащуються одним з чотирьох типів джерел світла: лампа розжарювання, галогенна лампа, люмінесцентна лампа та світлодіодна лампа.

Для того щоб визначитись, яке джерело світла – найоптимальніше саме для нас та підтвердити правильність вибору світлодіодних світильників, пропонуємо розглянути переваги та недоліки кожного з видів освітлення.

Лампа розжарювання

Класична лампа розжарювання – досі залишається найпоширенішим видом ламп, який можна зустріти майже в кожному домі. Лампа розжарювання - це електричне джерело світла, що складається з металевого цоколя, скляної колби та вольфрамової нитки розжарювання. За рахунок протікання електричного струму, нитка розжарюється і випромінює світло.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проектування системи електропостачання одноповерхового приватного котеджу</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Шиян В.М.</i>						77	99
<i>Керівник</i>	<i>Петровський М.В.</i>							
<i>Консульт.</i>	<i>Маценко О.М.</i>							
<i>Н.контроль</i>	<i>Петровський М.В.</i>							
<i>Завтвер.</i>	<i>Лебедева С.М.</i>							
						СумДУ, ЕТ.мз-31с		

Переваги:

- + невисока вартість;
- + миттєво запалюється при вмиканні;
- + широкий діапазон потужностей.

Недоліки:

- велика яскравість (негативно впливає на зір);
- недовгий термін служби - максимум 1000 годин;
- часте вмикання і вимикання приладу скорочують період експлуатації пристрою;
- низький ККД.

Галогенна лампа

Галогенна лампа - це лампа розжарювання, в колбу якої закачаний буферний газ: пари галогенів (бromу або йоду). Дана особливість дозволяє істотно підвищити світловіддачу і збільшити термін життя лампи до 2000-3000 годин, що як мінімум удвічі більше, ніж у звичайної лампи розжарювання.

Переваги:

- + випромінюють яскраве, рівномірне світло;
- + компактність конструкції;
- + збільшений термін служби в порівнянні зі звичайними лампами розжарювання.

Недоліки:

- сильне нагрівання;
- не підходять для мереж з частими перепадами напруги;
- не можна доторкатися до поверхні скла лампи пальцями (перегорає).

Енергозберігаюча (люмінесцентна) лампа

Люмінесцентна лампа або як її ще часто називають "енергозберігаюча", відноситься до більш сучасного типу ламп з більш низьким рівнем споживання електроенергії. Люмінесцентна лампа - це газорозрядне джерело світла, в

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

якому електричний розряд в парах ртуті створює ультрафіолетове випромінювання, яке перетворюється у видиме світло за допомогою люмінофора. Конструкція їх складається з скляної трубки, запаяну з обох кінців, яка зсередини покрита тонким шаром люмінофора.

Переваги:

- + економічні;
- + хороша світловіддача;
- + різноманітність відтінків світла;
- + розсіяне світло;
- + тривалий термін служби.

Недоліки:

- екологічно небезпечні, через вміст у своєму складі ртуті;
- мерехтіння лампи з подвоєною частотою мережі живлення.

Світлодіодна лампа

Світлодіодні LED лампи - це сучасні економічні освітлювальні прилади. В якості джерела світла використовуються світлодіоди, які з мінімальними тепловтратами перетворюють електричний струм в світлове випромінювання. Даний вид світильників застосовують для промислового, побутового та вуличного освітлення. Вони завойовують популярність серед споживачів через безліч своїх переваг.

Переваги:

- + найбільший термін служби серед всіх ламп (від 10 000 до 50 000 годин);
- + низьке енергоспоживання;
- + працюють без перебоїв пр різних температурах – від -30 до +50 ° С;
- + стійкість до вібрації та механічних ударів;
- + відсутність у складі шкідливих сполук, тому немає необхідності в особливій утилізації.

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Недоліки:

- найголовніший недолік - висока ціна;
- обмежена сфера застосування, в деяких випадках лампи розжарювання не можна замінити світлодіодними.

Відповідно до проекту системи освітлення одноповерхового приватного котеджу, для системи освітлення обрано:

- 14 світильників по 20Вт (по 2800Лм);
- 19 світильників по 16Вт (по 2240Лм);
- 3 світильника по 12 Вт (по 1680Лм).

Сумарна потужність $P_{\Sigma} = (14 \cdot 20) + (19 \cdot 16) + (3 \cdot 12) = 620 \text{ Вт}$

Сумарний світловий потік

$$\Phi_{\Sigma} = (14 \cdot 2800) + (19 \cdot 2240) + (3 \cdot 1680) = 86800 \text{ Лм}$$

ПрАТ «Львівський електроламповий завод «ІСКРА» надає до відома наступну порівняльну таблицю:

Потужність, що споживається лампою для забезпечення світлового потоку, Вт				Світловий потік в люменах (для порівняння різних типів ламп)
Лампа розжарювання	Галогенна лампа	Люмінесцентна лампа	Світлодіодна лампа	
20	12-17	5-7	2-3	200
40	24-31	10-13	4-5	400
60	36-39	15-16	8-10	700
75	43-48	18-20	10-12	900
100	60-72	25-30	12-15	1200
150	96-120	40-50	18-20	1800
200	144-192	60-80	25-30	2500

Провівши аналіз даних з наведеної таблиці можна вирахувати середню світловіддачу кожного з типів джерел світла Лм/Вт для кожного типу освітлювальних приладів.

Як видно з таблиці, світлова віддача при світлових потоках 200 Лм та 2500 Лм дещо відрізняються, тож знайдемо середнє значення.

Світлова віддача кожного з типів ламп при світловому потоку 200 Лм

$$K_{\text{ЛР}}^{200} = \frac{200}{20} = 10 \text{ Лм/Вт}$$
$$K_{\text{ГЛ}}^{200} = \frac{200}{(12 + 17)/2} \approx 13,8 \text{ Лм/Вт}$$
$$K_{\text{ЛЛ}}^{200} = \frac{200}{(5 + 7)/2} \approx 33,3 \text{ Лм/Вт}$$
$$K_{\text{СЛ}}^{200} = \frac{200}{(2 + 3)/2} = 80 \text{ Лм/Вт}$$

Світлова віддача кожного з типів ламп при світловому потоку 2500 Лм

$$K_{\text{ЛР}}^{2500} = \frac{2500}{200} = 12,5 \text{ Лм/Вт}$$
$$K_{\text{ГЛ}}^{2500} = \frac{2500}{(144 + 192)/2} \approx 14,9 \text{ Лм/Вт}$$
$$K_{\text{ЛЛ}}^{2500} = \frac{2500}{(60 + 80)/2} \approx 35,7 \text{ Лм/Вт}$$
$$K_{\text{СЛ}}^{2500} = \frac{2500}{(25 + 30)/2} = 90,9 \text{ Лм/Вт}$$

Середнє значення світлової віддачі для кожного з типів ламп

$$K_{\text{ЛР}} = \frac{K_{\text{ЛР}}^{200} + K_{\text{ЛР}}^{2500}}{2} = \frac{10 + 12,5}{2} = 11,25 \text{ Лм/Вт}$$
$$K_{\text{ГЛ}} = \frac{K_{\text{ГЛ}}^{200} + K_{\text{ГЛ}}^{2500}}{2} = \frac{13,8 + 14,9}{2} = 14,35 \text{ Лм/Вт}$$
$$K_{\text{ЛЛ}} = \frac{K_{\text{ЛЛ}}^{200} + K_{\text{ЛЛ}}^{2500}}{2} = \frac{33,3 + 35,7}{2} = 34,5 \text{ Лм/Вт}$$
$$K_{\text{СЛ}} = \frac{K_{\text{СЛ}}^{200} + K_{\text{СЛ}}^{2500}}{2} = \frac{80 + 90,9}{2} = 85,45 \text{ Лм/Вт}$$

Загальний сумарний світловий потік від обраних у проекті одноповерхового приватного котеджу освітлювальних приладів

$$\Phi_{\Sigma} = (14 \cdot 2800) + (19 \cdot 2240) + (3 \cdot 1680) = 86800 \text{ Лм}$$

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Сумарна потужність $P_{\Sigma} = (14 \cdot 20) + (19 \cdot 16) + (3 \cdot 12) = 620 \text{ Вт}$

Таким чином, середня світловіддача використаних у проекті освітлювальних приладів

$$K_{LED} = \frac{\Phi_{\Sigma}}{P_{\Sigma}} = \frac{86800}{620} = 140 \text{ Лм/Вт}$$

Різниця майже в два рази з отриманим раніше значенням середньої світловіддачі світлодіодних джерел світла $K_{СЛ} = 85,45 \text{ Лм/Вт}$ пояснюється тим, що в таблиці надано статистичні середні дані для широкого ряду світлотехнічного обладнання зі світлодіодними джерелами світла.

По використаним у проекті світильникам – відомі дані від виробника конкретно під цей світильник, що були отримані в лабораторних заводських умовах.

Також слід зазначити, що при використанні одних і тих самих світлодіодів у різних за конструкцією світильниках на величину світловіддачі буде впливати наявність та конструкції і світловідбивача і світлорозсіювача. Світлорозсіювачі можуть мати призматичні елементи для покращення розсіяння світлового потоку, можуть бути виготовлені з різних матеріалів (скло, полікарбонат, полістирол і т.д.), також можуть бути прозорими або матовими. Світловідбивачі також можуть впливати на величини і напрями світловіддачі, так як можуть бути наявні в конструкції світильника, а можуть бути і відсутні, також вони можуть мати спеціальну форму для більшого скупчення світлового потоку (направлене світло) та навпаки більшого розсіяння (розсіяне світло). Дуже багато характеристик світлорозсіювача та світловідбивача впливають на загальну величину світлової віддачі світильника та індивідуальні для кожного світлотехнічного виробу.

Тож приймаємо в подальший розрахунок

$$K_{СЛ} = K_{LED} = 140 \text{ Лм/Вт}$$

Як середню величину світловіддачі світлодіодних світильників.

Обрахуємо необхідну потужність освітлювальних приладів кожного типу для освітлення аналогічної площі приміщень.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Іншими словами, з використанням отриманої середньої світловіддачі порахуємо яка потужність ламп кожного виду необхідна для отримання знайденої раніше величини сумарного світлового потоку від використаних у проєкті світлодіодних світильників.

$$P_{LP} = \frac{\Phi_{\Sigma}}{K_{LP}} = \frac{86800}{11,25} = 7715 \text{ Вт}$$

$$P_{GL} = \frac{\Phi_{\Sigma}}{K_{GL}} = \frac{86800}{14,35} = 6049 \text{ Вт}$$

$$P_{LL} = \frac{\Phi_{\Sigma}}{K_{LL}} = \frac{86800}{34,5} = 2516 \text{ Вт}$$

$$P_{CL} = P_{LED} = 620 \text{ Вт}$$

Далі розрахуємо кількість світильників з кожним типом джерела світла, необхідних для освітлення приміщень приватного котеджу.

$P_{LP} = 7715 \text{ Вт}$ - загальна потужність ламп розжарювання

$$\text{При лампах по } 100 \text{ Вт } N_{LP} = \frac{7715}{100} = 77,15 \approx 78 \text{ шт}$$

$P_{GL} = 6049 \text{ Вт}$ - загальна потужність галогенних ламп

$$\text{При лампах по } 50 \text{ Вт } N_{GL} = \frac{6049}{50} = 120,98 \approx 121 \text{ шт}$$

$P_{LL} = 2516 \text{ Вт}$ - загальна потужність люмінесцентних ламп

$$\text{При лампах по } 36 \text{ Вт } N_{LL} = \frac{2516}{36 \cdot 4} = 17,47 \approx 18 \text{ шт}$$

Кількість світлодіодних світильників- візьмемо з попередніх розрахунків:

- 14 світильників по 20Вт;
- 19 світильників по 16Вт;
- 3 світильника по 12 Вт.

Вартість світильників, які встановлюються (C_{cv}), визначається по формулі:

$$C_{cv} = (C_c + C_l \cdot n) \cdot N,$$

де C_c – ціна одного світильника, грн.;

C_l – ціна однієї лампи, грн.;

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

N – кількість світильників, шт.

Використовуючи дані Internet та прайс-листи знаходимо ціну необхідних нам світильників та ламп для них:

1. Ціна світильника під лампу розжарювання 100Вт ≈ 341 грн;
2. Ціна лампи розжарювання 100Вт E27 – 15,5 грн. (1000 годин)
3. Ціна світильника під галогенну лампу 50Вт ≈ 100 грн;
4. Ціна галогенної лампи 50Вт GU10 ≈ 50 грн; (2000 годин)
5. Ціна світильника під галогенну лампу 50Вт ≈ 100 грн;
6. Ціна люмінесцентної лампи 18Вт G13 ≈ 179 грн; (10000 годин)
7. Ціна світильника під люмінесцентні лампи 4x36Вт ≈ 900 грн;
8. Ціна світильника ДББ26У-20-116 ≈ 5000 грн;
9. Ціна світильника ДББ26У-16-114 ≈ 4000 грн;
10. Ціна світильника ДББ26У-12-112 ≈ 3000 грн;

Розрахуємо вартість всіх світильників кожного виду:

$$C_{\text{ЛР}} = 78 * (341 + 15,5) = 78 * 356,5 = 27807 \text{ грн,}$$

$$C_{\text{ГЛ}} = 121 * (50 + 100) = 121 * 150 = 18150 \text{ грн,}$$

$$C_{\text{ЛЛ}} = 18 * (900 + 4 * 179) = 18 * 1616 = 29088 \text{ грн,}$$

$$C_{\text{СЛ}} = 14 * 5000 + 19 * 4000 + 3 * 3000 = 70000 + 76000 + 9000 = \\ = 155000 \text{ грн,}$$

Вартість монтажу світильників дуже плаваюча величина, вона залежить окрім складу робіт так і від виконавців. Тому цю величину не будемо брати до уваги.

Кількість електричної енергії, що споживається за рік (K), визначається по формулі:

$$K_{\text{еє}} = T * N_{\text{світ}} * P_{\text{світ}}$$

де T – час роботи, годин, прийmemo час 50000 годин;

$P_{\text{світ}}$ – потужність, що споживається світильником з мережі, кВт.

Розрахуємо спожиту електроенергію кожного виду світильників за час $T=50000$ годин

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

$$K_{\text{еелР}} = 78 * 100 * 50000 = 390000 \text{ кВт/год,}$$

$$K_{\text{еелГЛ}} = 121 * 50 * 50000 = 302500 \text{ кВт/год,}$$

$$K_{\text{еелЛ}} = 18 * (4 * 18) * 50000 = 64800 \text{ кВт/год,}$$

$$K_{\text{еелСЛ}} = (14 * 20 + 19 * 16 + 3 * 12) * 50000 = 31000 \text{ кВт/год,}$$

Вартість електричної енергії, що споживається світильниками за час $T=50000$ годин, визначається по формулі:

$$C_{\text{ЕЕ}} = K * C_{\text{ел}}$$

де $C_{\text{ел}}$ – ціна на електричну енергію для підприємств (прийmemo приблизно на кінець 2024 року). $C_{\text{ел}} = 4,32$ грн. /кВт.

Розрахуємо вартість спожитої електроенергії кожним з видів світильників за час $T=50000$ годин

$$C_{\text{ЕЕЛР}} = 390000 * 4,32 \approx 1,685 \text{ млн. грн}$$

$$C_{\text{ЕЕГЛ}} = 302500 * 4,32 \approx 1,307 \text{ млн. грн}$$

$$C_{\text{ЕЕЛЛ}} = 64800 * 4,32 \approx 0,28 \text{ млн. грн}$$

$$C_{\text{ЕЕLED}} = 31000 * 4,32 \approx 0,134 \text{ млн. грн}$$

Враховуючи заявлений виробником світлодіодних світильників час роботи 50000 годин, оцінимо витрати по експлуатації світильників саме за такий проміжок час.

Середній термін служби ламп розжарювання - 1000 год.

Середній термін служби галогенних ламп- 2000 год.

Середній термін служби люмінесцентних ламп - 10000 год.

Витрата ламп розжарювання за період часу 50000 год складе
 $50000/1000=50$ шт

Витрата галогенних ламп за період часу 50000 год складе
 $50000/2000=25$ шт

Витрата люмінесцентних ламп за період часу 50000 год складе
 $50000/10000=5$ шт

Економічні витрати по заміні ламп за час 50000 годин:

$$C_{\text{замЛР}} = 78 * 50 * 15,5 = 60450 \text{ грн}$$

					<i>MP 5.8.14.1.327 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

$$C_{\text{замГЛ}} = 121 * 25 * 50 = 151250 \text{ грн}$$

$$C_{\text{замЛЛ}} = 18 * 4 * 18 * 179 = 231984 \text{ грн}$$

$$C_{\text{замLED}} = 0 \text{ грн}$$

Визначимо повні витрати по впровадженню кожного з варіантів по формулі:

$$V_{\text{пов}} = C_{\text{св}} + C_{\text{ЕЕ}} + C_{\text{зам}}$$

$$V_{\text{повЛР}} = 27807 + 1685000 + 60450 = 1\,773\,257 \text{ грн}$$

$$V_{\text{повГЛ}} = 18150 + 1307000 + 151250 = 1\,476\,400 \text{ грн}$$

$$V_{\text{повЛЛ}} = 29088 + 280000 + 231984 = 541\,072 \text{ грн}$$

$$V_{\text{повLED}} = 155000 + 134000 + 0 = 289\,000 \text{ грн}$$

Економія за період 50000 годин при використанні світлодіодних світильників замість світильників з лампами розжарювання, складає:

$$EK_{50000}^{\text{ЛР-LED}} = V_{\text{повЛР}} - V_{\text{повLED}} = 1\,773\,257 - 289\,000 = 1\,484\,257 \text{ грн}$$

Економія за період 50000 годин при використанні світлодіодних світильників замість світильників з галогенними лампами, складає:

$$EK_{50000}^{\text{ГЛ-LED}} = V_{\text{повГЛ}} - V_{\text{повLED}} = 1\,476\,400 - 289\,000 = 1\,187\,400 \text{ грн}$$

Економія за період 50000 годин при використанні світлодіодних світильників замість світильників з люмінесцентними лампами, складає:

$$EK_{50000}^{\text{ЛЛ-LED}} = V_{\text{повЛЛ}} - V_{\text{повLED}} = 541\,072 - 289\,000 = 252\,072 \text{ грн}$$

Порівняння економічних показників джерел світла наведено в табл. 7.2

Таким чином, ми бачимо, що повні витрати по варіантам освітлення з лампами розжарювання, галогенними лампами та люмінесцентними лампами більші, в порівнянні з варіантом освітлення світлодіодними світильниками типу ДББ26У.

Найбільша економія у світильників ДББ26У перед світильниками з лампами розжарювання – 118740 грн/рік (4000 роб.год).

Найменша економія у світильників ДББ26У перед світильниками з люмінесцентними лампами – 20166 грн/рік (4000 роб.год).

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Таблиця 7.2 – Порівняння економічних показників джерел світла

	Лампа розжарювання	Галогенна лампа	Люмінесцентна лампа	Світлодіоди
Кількість світильників, шт.	78	121	18	36
Вартість світильників, грн.	27807	18150	29088	155000
Електрична енергія, що споживається за період 50000 годин, кВт	390000	302500	64800	31000
Вартість електричної енергії за період 50000 годин, грн.	1685000	1307000	280000	134000
Витрати по експлуатації світильників за період 50000 годин, грн.	60450	151250	231984	0
Повні витрати за період 50000 годин, грн.	1773257	1476400	541072	289000
Економія за період 50000 годин, грн.	1484257	1187400	252072	-
Економія у вираженні за рік, при 4000 робочих годин у році, грн.	118740	94992	20166	-

Додатково слід звернути увагу, що в даному розрахунку не враховані витрати на заміну пускової апаратури для люмінесцентних ламп, що суттєво збільшить суму експлуатаційних витрат на такі світильники.

Враховуючи проведений аналіз, можна остаточно підтвердити використання світлодіодних світильників типу ДББ26У (виробництва «Корпорація ВАТРА» м. Тернопіль) для освітлення житлово-побутових приміщень приватного одноповерхового котеджу.

Єдиний мінус варіанту зі світлодіодними джерелами світла – при впровадженні системи на етапі закупівлі обладнання необхідний суттєво більший об'єм капіталовкладень: 155000 грн на відміну від 27807 грн (при ЛР), 18180 грн (при ГЛ) та 29088 грн (при ЛЛ).

Основні технічні характеристики обраних світильників

Світильники розроблені в рамках Державної програми світлодіодного освітлення України;

ДББ26У Селена-LED

Корпорація ВАТРА • <http://vatra.ua> • каталог 2024 ТУ У 31.5.33680115-044:2011



джерело світла і потужність, Вт..... світлодіоди • 12, 16, 20
 напруга живлення номінал., В..... 220 AC; за запитом, крім модифікацій з БАЖ: 12 AC, 24 AC, 36 AC, 12 DC, 24 DC, 36 DC

ступінь пилевологозахисту..... IP65
 клас електрозахисту..... I
 механічна стійкість..... M1
 світлова віддача (ефективність), лм/Вт..... до 140
 корельована колірна температура (CCT)..... 4000K
 індекс кольоропередачі (Ra)..... >80
 коефіцієнт потужності (PF)..... 0,95
 температура навколишнього середовища..... -20°C...+40°C (У1)



Для зовнішнього та загального, в т.ч. аварійного (у випадку відключення основного електроживлення) освітлення виробничих, офісних, адміністративних, комерційних, медичних, складських, сільськогосподарських, допоміжних, побутових та інших приміщень та територій (в т.ч. в ЖКГ).

Корпус: алюмінієвий сплав.
 Світлопропускний захисний елемент - світлорозсіювач: світлостабілізований полікарбонат.
 Апаратура керування (модифікація):
 • вбудоване ЕДЖ
 • вбудоване ЕДЖ та БАЖ з АКБ (тільки в модифікації -1XX)
 Кабельний ввід: 1 шт.
 Джерело світла: світлодіоди Seoul Semiconductor

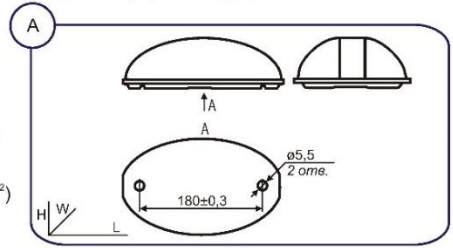
Комплектація: світильник з світлодіодним джерелом світла, спецключ для антивандального виконання.

ОСОБЛИВОСТІ:

- світильники розроблено в рамках Державної програми розвитку світлодіодного освітлення України;
- є звичайне і антивандальне виконання світильників;
- в модифікації з вбудованим ЕДЖ (-1XX) є виконання які комплектуються блоком аварійного живлення з акумуляторною батареєю (БАЖ з АКБ) для роботи в аварійному режимі не менше 3 годин (потужність 3Вт);
- за запитом, крім модифікацій з БАЖ: робоча напруга змінного або постійного струму 12В, 24В, 36В;
- встановлення як всередині будівель, так і на відкритому повітрі без додаткового захисту від атмосферних опадів;
- енергоекономні світлодіоди - клас енергоефективності «А+++»;
- електронні компоненти та світлодіоди виключно провідних світових виробників;
- за запитом: корельована колірна температура - 3000K або 5000K;
- висока ступінь пилевологозахисту, пожегобезпечний;
- атмосферостійкий - тривалий термін служби.

МОНТАЖ: до опорної поверхні з допомогою шурупів, різьбових шпильок, гвинтів або болтів

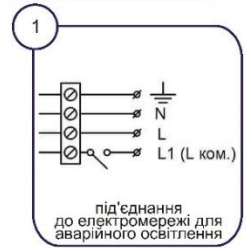
ЕЛЕКТРОПІД'ЄДНАННЯ: індивідуальне кабелем Ø3,5...7мм (перетин жил 1,5...2,5мм²) або проводами перетином жил 1,5...2,5мм²



Приклад для замовлення: ВАТРА ДББ26У-16-114 У1 Селена-LED +БАЖ

розшифрування модифікації:

- 1 цифра • 1- ЕДЖ змонтоване на світлодіодному модулі:
 - освітлення загальне (робоче) - ЕДЖ
 - освітлення загальне (робоче) і аварійне - ЕДЖ та БАЖ з АКБ
- 2- ЕДЖ відокремлене від світлодіодного модуля
 - освітлення загальне (робоче) - ЕДЖ
- 2 цифра • конструктивне виконання:
 - 0- звичайне
 - 1- антивандальне
- 3 цифра • потужність:
 - 2- 12Вт
 - 4- 16Вт
 - 6- 20Вт



* позначення «+БАЖ» - світильник з блоком аварійного живлення

Тип світильника	Напруга, В	Ступінь захисту	Потужність, Вт ±5% робоч./аварійн	Світловий потік, лм ±5% робоч./аварійн.	Тип КСС - Кут	Габарити, LxWxH, мм	Маса, кг ±10%
ДББ26У-12-102, -202 У1 Селена-LED	220 AC	IP65	12	1680	Д - 120°	250x175x87	0,95
ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED +БАЖ	220 AC	IP65	12/3	1680/370	Д - 120°	250x175x87	0,95
ДББ26У-12-112, -212 У1 Селена-LED	220 AC	IP65	12	1680	Д - 120°	250x175x87	0,95
ДББ26У-12-112 У1 Селена-LED +БАЖ	220 AC	IP65	12/3	1680/370	Д - 120°	250x175x87	0,95
ДББ26У-16-104, -204 У1 Селена-LED	220 AC	IP65	16	2240	Д - 120°	250x175x87	0,95
ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED +БАЖ	220 AC	IP65	16/3	2240/370	Д - 120°	250x175x87	0,95
ДББ26У-16-114, -214 У1 Селена-LED	220 AC	IP65	16	2240	Д - 120°	250x175x87	0,95
ДББ26У-16-114 У1 Селена-LED +БАЖ	220 AC	IP65	16/3	2240/370	Д - 120°	250x175x87	0,95
ДББ26У-20-106, -206 У1 Селена-LED	220 AC	IP65	20	2800	Д - 120°	250x175x87	0,95
ДББ26У-20-106 У1 Селена-LED +БАЖ	220 AC	IP65	20/3	2800/370	Д - 120°	250x175x87	0,95
ДББ26У-20-116, -216 У1 Селена-LED	220 AC	IP65	20	2800	Д - 120°	250x175x87	0,95
ДББ26У-20-116 У1 Селена-LED +БАЖ	220 AC	IP65	20/3	2800/370	Д - 120°	250x175x87	0,95

Висновки

В результаті виконання даної роботи отримано розрахунок параметрів проєктованої системи електропостачання приватного одноповерхового котеджу.

Розраховано значення навантаження на двох рівнях системи електропостачання.

Проведено перевірку існуючої повітряної лінії ПЛ-0,4кВ від існуючої КТП. Існуючий самонесучий провід типу AsXSn-4x25 L=43м від існуючого автоматичного вимикача $I_{ном}=100A$ в РУ-0,4кВ до ввідного автоматичного вимикача $I_{ном}=80A$ у проєктованій розподільчій шафі ШР, що встановлюється в приміщенні котеджу – задовольняє всім умовам.

Проведено вибір та перевірка кабелів у розподільчій мережі котеджу.

Виконання розподільчої мережі запроектовано кабелями марки ВВГнгд-1,0 – силові кабелі з мідними струмопровідними жилами з ПВХ ізоляцією в зовнішній загальній оболонці з ПВХ пластику пониженої горючості. Перерізи жил окремих ліній відповідають розрахованим груповим навантаженням та одиничним навантаженням окремих споживачів.

З урахуванням електричних параметрів обраних кабелів, існуючої повітряної лінії ПЛ та існуючих автоматичних вимикачів, існуючих трансформаторів струму та існуючого силового трансформатора, з урахуванням попереднього вибору комутаційних апаратів, розраховано трифазні та однофазні струми короткого замикання на трьох рівнях системи електропостачання

Використовуючи отримані величини струмів КЗ та параметри розрахованих навантажень проведено перевірку попередньо обраних комутаційних апаратів.

Значення параметрів автоматичних вимикачів прийняті по виробнику «EATON», що відрізняються високою якістю

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

У розділі охорона праці розглянуто основні моменти питань охорони праці під час прокладання внутрішніх кабельних мереж до 1кВ.

Також у розділі охорона праці виконано роботу по розрахунку та розташуванню заземлювального пристрою для приватного одноповерхового котеджу.

В економічній частині роботи виконано порівняльний розрахунок економічного ефекту при використанні світильників із лампами розжарювання, галогенними лампами, люмінесцентними лампами та світлодіодними. Виграш світлодіодних джерел світла перед світильниками з іншими джерелами світла – очевидний – від 118740 грн/рік перед лампами розжарювання до 20166 грн/рік перед люмінесцентними лампами (при кількості робочих годин 4000год/рік).

Єдиний мінус варіанту зі світлодіодними джерелами світла – при впровадженні системи на етапі закупівлі обладнання необхідний суттєво більший об'єм капіталовкладень: 155000 грн на відміну від 27807 грн (при ЛР), 18180 грн (при ГЛ) та 29088 грн (при ЛЛ).

Значить у $\frac{155000}{27807} = 5,57$ рази більше від ламп розжарювання.

Значить у $\frac{155000}{18180} = 8,53$ рази більше від галогенних ламп.

Значить у $\frac{155000}{29088} = 5,33$ рази більше від люмінесцентних ламп.

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х.: Видавництво «Форт», 2017. 760 с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. 280 с.
3. Василега П.О. Електропостачання: підручник. – Суми: СумДУ, 2019. 521 с.
4. ДБН В.2.5-23-2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 104 с.
5. ВАТРА. Промислове освітлення, світильники для виробничих приміщень [Електронний ресурс]. URL: <https://vatra.in.ua/catalog/promyslove-osvitlennia/>.
6. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2018. 133 с.
7. Маліновський, А.А., Хохулін Б.К. Основи електропостачання. Навч. посіб. – Львів: Вид-во Національного ун-ту «Львівська політехніка», 2005. 324 с.
8. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва, 2008. 48 с.
9. В. П. Кідиба, Релейний захист електроенергетичних систем. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2013.
10. Навчальний посібник до розділу «Охорона праці» в магістерських кваліфікаційних роботах для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка : навч. посіб. / Бондаренко Є. А., Кутін В. М., Лежнюк П. Д. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 120 с.
11. 3423 Методичні вказівки до виконання дипломних проектів (робіт) [Текст]: для студ. спец. 7.05070103 "Електротехнічні системи електроспоживання" усіх форм навчання / І. Л. Лебединський, С. М. Лебедка, В. І. Романовський, В.С. Ноздренков, М.В. Петровський. – Суми : СумДУ, 2013. 59 с.
12. СОУ-Н ЕЕ 40.11-21677681-48:2011 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі напругою до 1кВ електростанцій та підстанцій з урахуванням впливу електричної дуги. Методичні вказівки. – Київ:

					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

Об'єднання енергетичних підприємств «Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики», 2011. – 80 с.

13. Вільна енциклопедія «Вікіпедія» [Електронний ресурс]. – електронний.

Журн. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/>

14. Загальний каталог продукції виробника «EATON» [Електронний ресурс]. – електронний. Журн. – Режим доступу:

<https://www.eaton.com/ua/uk-ua.html>

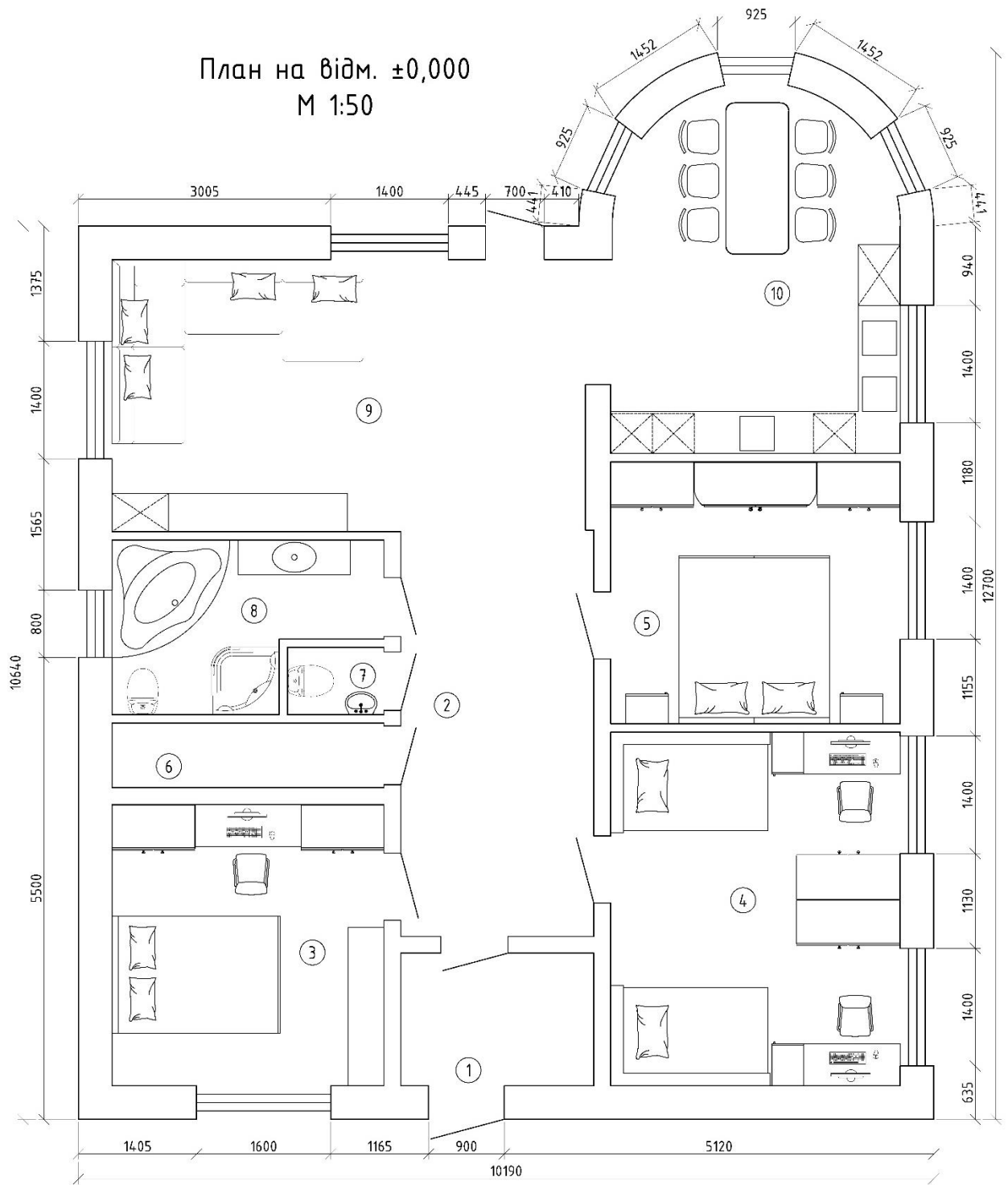
					MP 5.8.14.1.327 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					<i>MP 5.8.141.327 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		93

Додаток А – План котеджу

План на відм. ±0,000
М 1:50



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

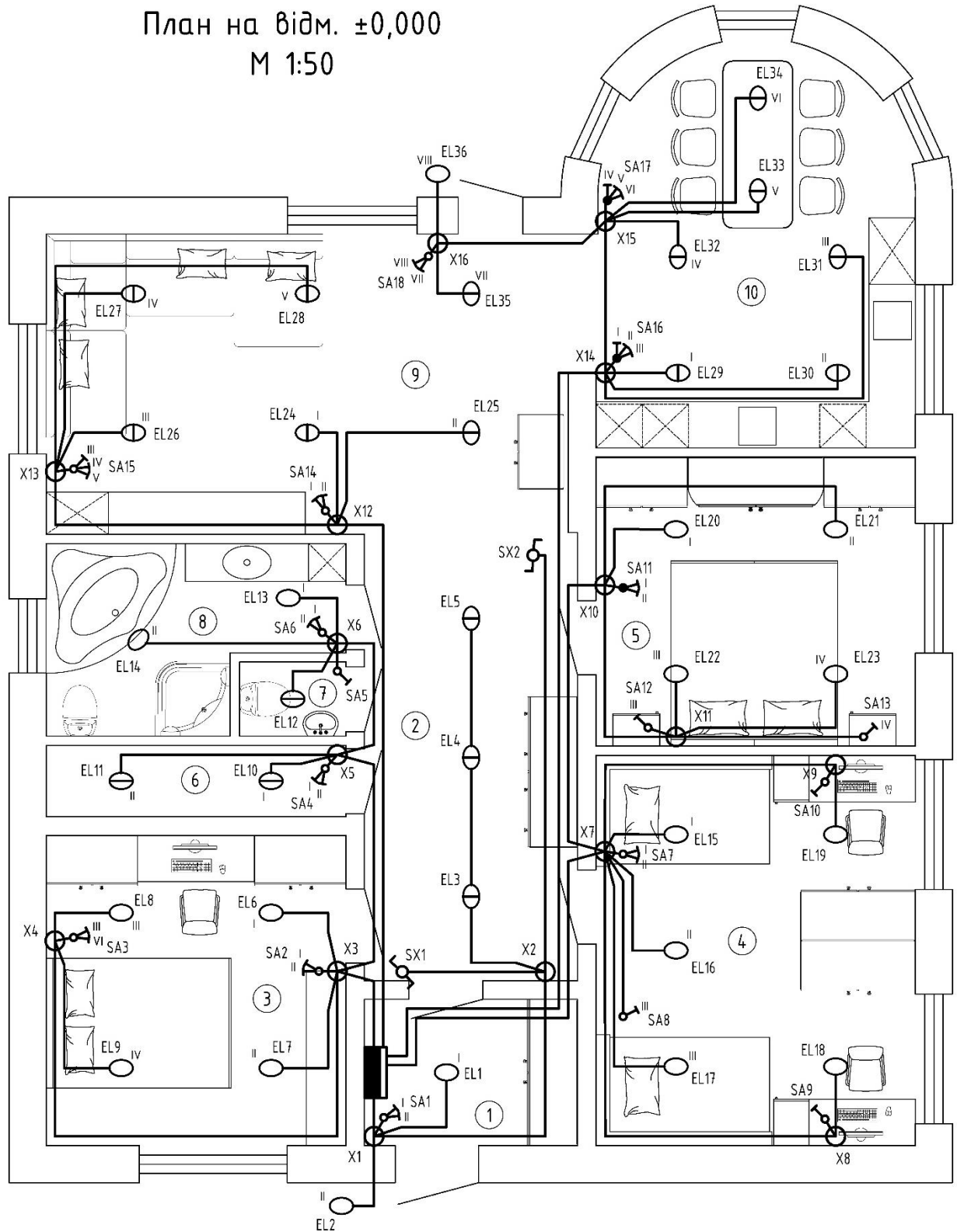
MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

94

Додаток Б – План мережі освітлення котеджу

План на відм. $\pm 0,000$
М 1:50



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

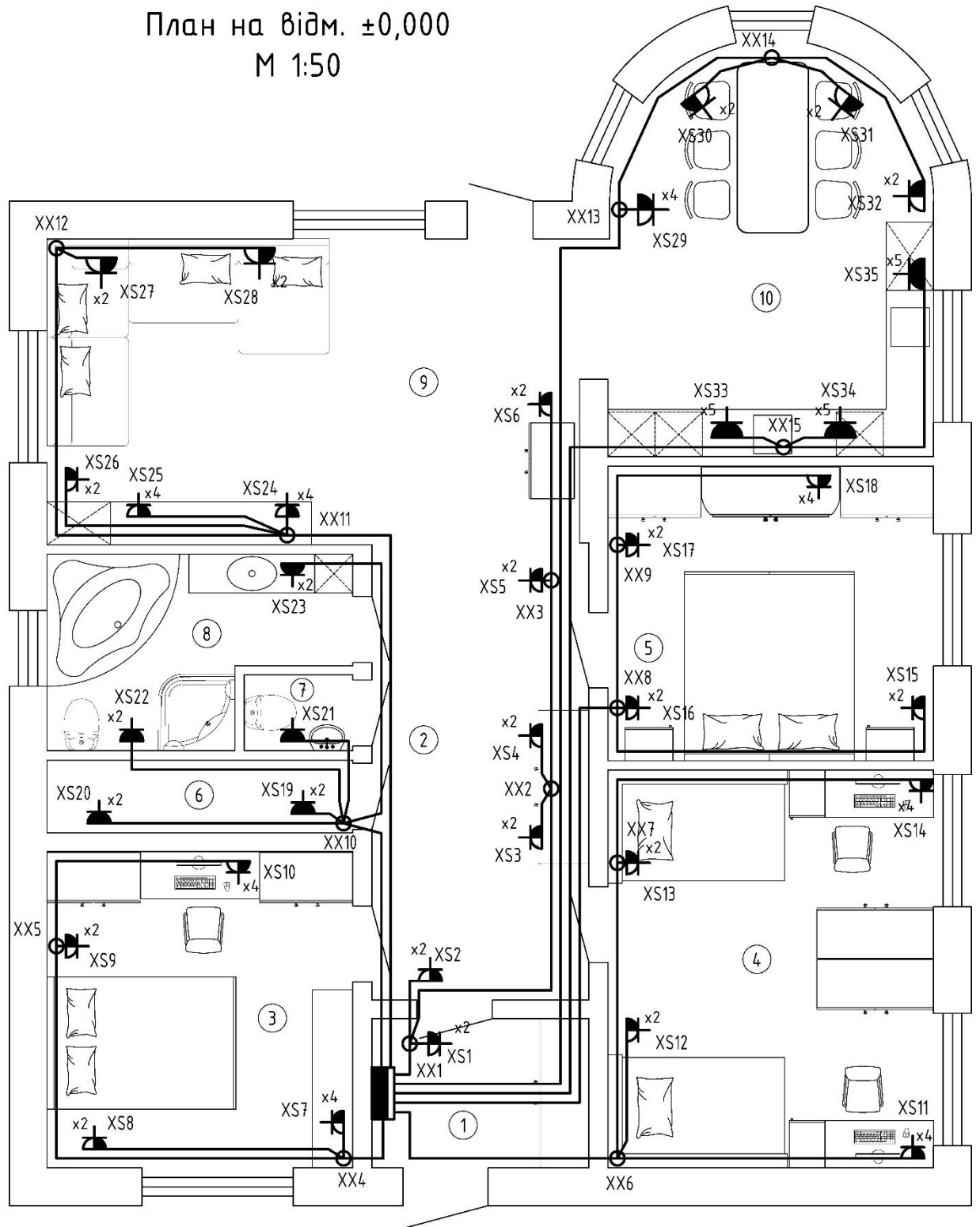
MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

95

Додаток В – План мережі розеток котеджу

План на відм. ±0,000
М 1:50



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

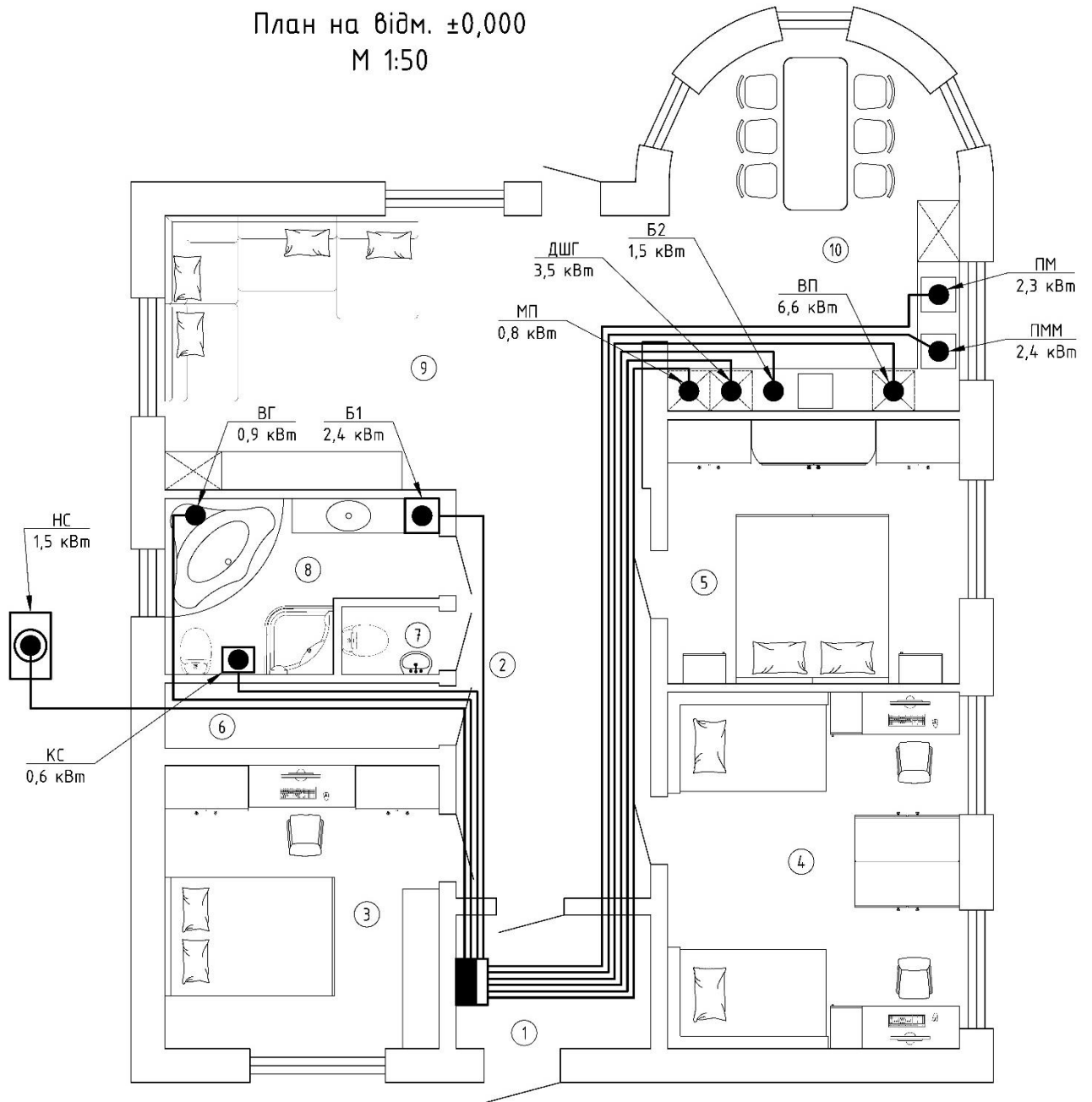
MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

96

Додаток Г – План розташування силового обладнання котеджу

План на відм. $\pm 0,000$
М 1:50



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

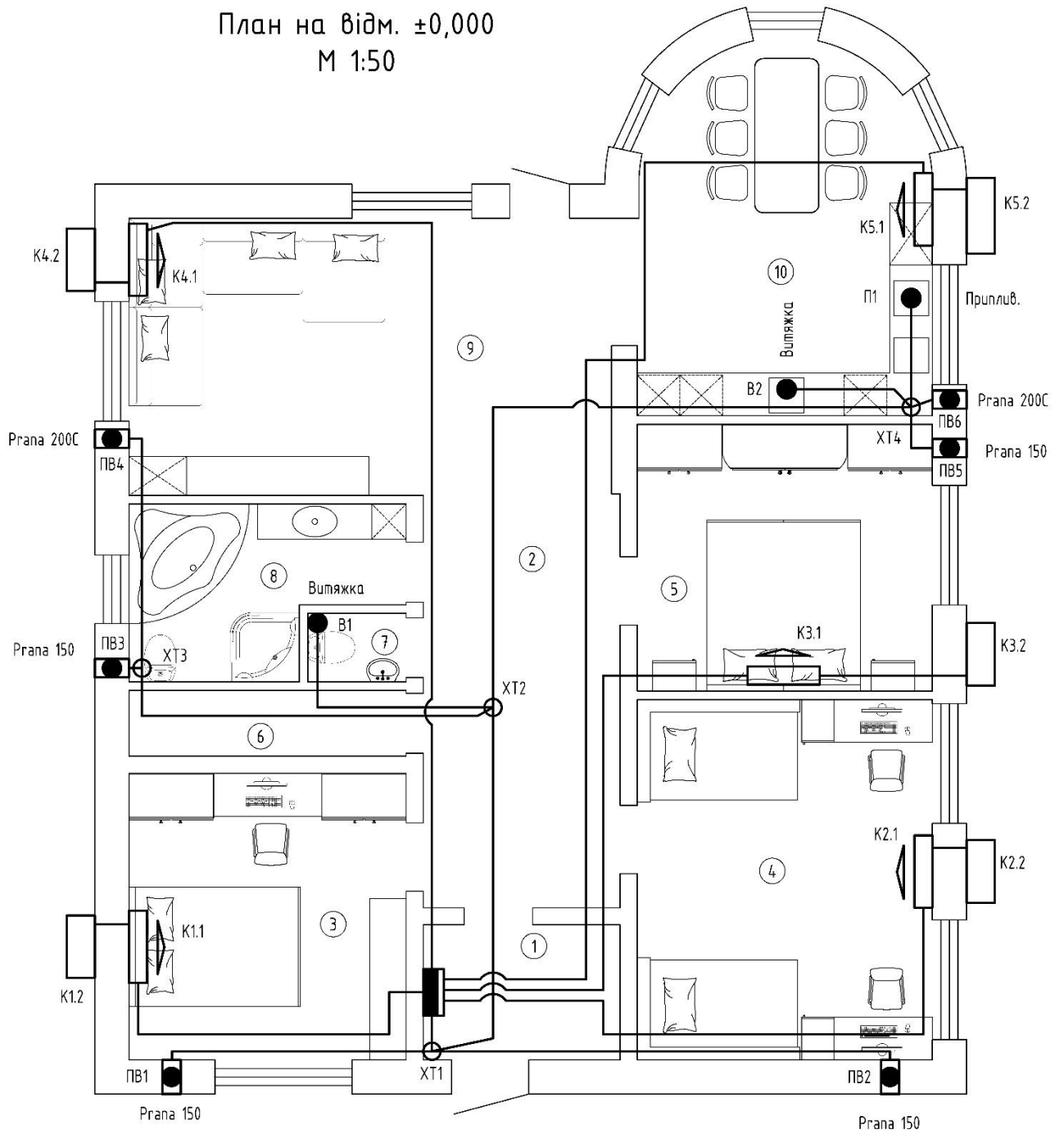
MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

97

Додаток Д – План мережі вентиляційного обладнання котеджу

План на відм. ±0,000
М 1:50



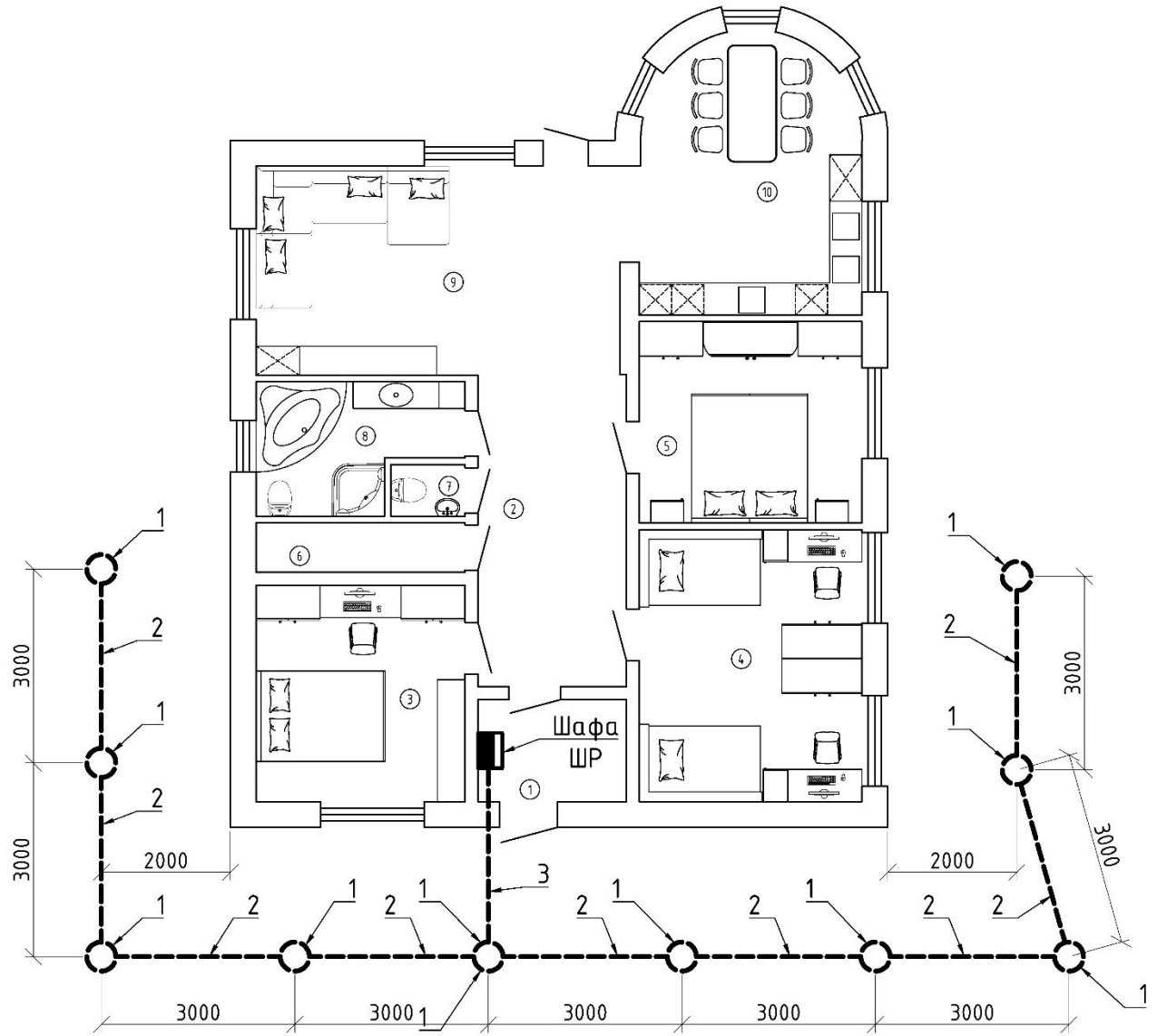
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

98

Додаток Е – План заземлення



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.327 ПЗ

Арк.

99