

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

## бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Енергоефективне проектування системи електропостачання котельні блочно– модульного типу**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТ-41

спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Кулинич Н. А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Бабюк С. М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мовчан Л. Т.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Коваль В. П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Голотенко О. С.

(прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В. П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 02 » січня 2026 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Кулиничу Назарію Андрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Енергоефективне проєктування системи електропостачання котельні  
блочно-модульного типу

Керівник роботи Бабюк Сергій Миколайович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи план приміщень школи; характеристика існуючої системи освітлення;  
нормативні вимоги до освітленості (ДБН В.2.5-28:2018); дані про електроспоживання; технічні  
характеристики світлодіодних світильників; вимоги до автоматизації та аварійного освітлення.

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

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

Актуальність роботи / Метою роботи / Завдання роботи / Практична значущість досліджень.

Вимоги до системи електропостачання котелень. План розташування блоків та

електроприймачів котельні. Плани освітлення блоків котельні. План прокладання розподільчої  
мережі блоків котельні. Загальний вигляд ВРП-630А / Загальний вигляд ВРП-160А. Загальний  
вигляд шафи керування насосами. Розрахунок струмів к.з. .Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	К.т.н., доцент Гурик О. Я.		

7. Дата видачі завдання 02 січня 2026 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.01.2026	
2	Аналітичний розділ	15.02.2026	
3	Розрахунковий розділ	01.04.2026	
4	Проектно-конструкторський розділ	15.05.2026	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2026	
6	Висновки	10.06.2026	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2026	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2026	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Кулинич Н.А.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Бабюк С. М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Кулинич Назарій Андрійович– Енергоефективне проєктування системи електропостачання котельні блочно– модульного типу.**

Стор. – 61; рис. - 12; табл. - 24; джерел - 26; додатків - - .

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці системи електропостачання та електроосвітлення блочно-модульної газової котельні.

У роботі виконано аналіз нормативних вимог до проєктування електроустановок об'єктів тепlopостачання. Проведено розрахунок електричних навантажень, здійснено вибір ввідно-розподільчого обладнання, кабельних ліній та апаратів захисту. Обґрунтовано технічні рішення щодо забезпечення надійності та безпечної експлуатації електроустановок.

Виконано світлотехнічний розрахунок виробничих приміщень та підібрано освітлювальне обладнання відповідно до чинних норм. Передбачено заходи електробезпеки, захисту від коротких замикань і перевантажень, а також систему заземлення.

Розроблені рішення забезпечують нормативний рівень надійності електропостачання та можуть бути використані при проєктуванні або модернізації аналогічних об'єктів.

Перелік ключових слів: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ, ВВІДНО-РОЗПОДІЛЬЧИЙ ПРИСТРІЙ, КАБЕЛЬНІ ЛІНІЇ, АВТОМАТИЧНІ ВИМИКАЧІ, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ, ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ, СВІЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, ЗАЗЕМЛЕННЯ, ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Аналіз нормативної бази для проектування електропостачання та освітлення блочно-модульної котельні	7
1.2 Методика розрахунків електропостачання та освітлення	8
1.3 Опис технічних рішень	10
1.4 Вимоги до системи електропостачання та електроосвітлення котельні	11
1.5 Висновки до розділу 1	13
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	14
2.1 Характеристика об'єкта електропостачання	14
2.2 Розрахунок електричного освітлення	17
2.3 Розрахунок навантажень за силовими пунктами	26
2.3.1 Розрахунок навантажень блоків 1-3	26
2.3.2 Розрахунок навантажень блоку 4	29
2.3.3 Розрахунок навантажень блоку 5	29
2.4 Вибір кабельних ліній електропроводки	34
2.5 Вибір кабельно-провідникової продукції та захисних автоматів	36
2.6 Висновки до розділу 2	42
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	44
3.1 Вибір силових пунктів та інших електричних пристроїв	44
3.2 Розрахунок струмів короткого замикання. Перевірка обладнання	46
3.2 Висновки до розділу 3	50
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	52
4.1 Дія електричного струму на організм людини, види електротравм	52
4.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	59

## ВСТУП

У сучасних умовах розвитку інженерних систем будівель та споруд електропостачання і освітлення виступають ключовими складовими безпечної, надійної та ефективної експлуатації технічних об'єктів. Це особливо актуально для об'єктів з підвищеними вимогами до стабільності енергопостачання, таких як котельні установки, зокрема блочно-модульні котельні (БМК), що використовуються як основні чи резервні джерела теплової енергії в різних секторах економіки та соціальної інфраструктури. БМ-котельні характеризуються компактною конструкцією, високою мобільністю і швидкістю монтажу, що обумовлює специфіку проєктних рішень для їх інженерного забезпечення, включно з електропостачанням та системами освітлення.

На стадії проєктування необхідно окремо врахувати вимоги щодо категорій надійності електропостачання, вибір джерел живлення, систему розподілу електричної потужності та резервні джерела (наприклад дизель-генератори), що гарантовано забезпечують живлення при відсутності зовнішньої мережі або аварійних ситуаціях.

Електропостачання БМК здійснюється від двох незалежних джерел живлення. У БМК встановлено пристрій автоматичного введення резерву (АВР). У блок-модулях котельні встановлено робоче, аварійне та ремонтне освітлення, змонтовано внутрішній контур заземлення та блискавкозахисту. Можливе постачання котельні з автономним джерелом електроенергії.

Серед основного електричного обладнання БМК, що працюють на газоподібному паливі, можна виділити рециркуляційні насоси, підживлювальні, котлові, мережеві, апарати повітряного охолодження, пальники. [1]

Проєкт освітлення включає розрахунок освітленості виробничих і технічних приміщень, вибір типів світильників (часто світлодіодних для енергоефективності), схем їх розміщення та живлення, враховуючи стандарти штучного освітлення промислових об'єктів і специфічні вимоги щодо безпеки

та енергозбереження. При цьому проектні рішення повинні відповідати вимогам нормативних документів з проектування електроустановок та електричного освітлення, таким як ДБН В.2.5-23 («Проектування електроустановок») і ДБН В.2.5-28 («Природне і штучне освітлення»), а також Правилам улаштування електроустановок [2-7]

Крім технічних аспектів, при розробці проекту необхідно забезпечити відповідність вимогам пожежної безпеки, охорони праці та енергозбереження, що також регламентовано у відповідних будівельних нормах і правилах.

Метою роботи є розробка проекту електропостачання та освітлення блочно-модульної котельні.

Завданнями кваліфікаційної роботи бакалавра є:

- представити характеристику об'єкта електропостачання (котельні) та вимоги до її системи електропостачання та електроосвітлення.
- провести розбиття електроприймачів на групи та розрахувати навантаження за силовими пунктами.
- здійснити вибір конструктивного виконання та місця кабельних ліній електропроводки та вибір провідникової продукції та захисних автоматів.
- для електроосвітлення зробити всі необхідні розрахунки (світлотехнічний та електротехнічний);
- вибрати силові пункти та інші електричні пристрої.
- здійснити перевірку обладнання на дію струмів короткого замикання та на чутливість до цих струмів після проведення всіх необхідних основних розрахунків;
- зробити розрахунок витрат на обладнання з урахуванням сучасного рівня цін на електротехнічну продукцію після того, як будуть відомі всі марки, кількість та інші дані з електропроводки та електричних апаратів та установок.

Практична значущість досліджень обумовлена тим, що запропоновані види електрообладнання та технічні рішення щодо системи електропостачання можуть бути використані для проектування та реконструкції схем електропостачання котелень.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Аналіз нормативної бази для проєктування електропостачання та освітлення блочно-модульної котельні

Проєктування електропостачання та освітлення блочно-модульної котельні в Україні здійснюється з урахуванням системи державних будівельних норм (ДБН), які встановлюють технічні вимоги, категорії надійності, правила захисту та безпеки. Основними нормативними документами є:

ДБН В.2.5-23 «Проєктування електрообладнання об'єктів цивільного призначення» – основний норматив щодо електропостачання будівель і споруд. Ці норми охоплюють вимоги до основних електричних мереж і обладнання, включно з проєктуванням систем живлення, розподільних мереж, вибором обладнання та вимогами щодо надійності електропостачання. Вони також визначають категорії надійності електропостачання електроприймачів у залежності від призначення об'єкта та наслідків відсутності живлення (наприклад категорії I, II, III) – критично важливі для котелень з точки зору безперервної роботи систем теплопостачання [3].

ДБН В.2.5-28 «Природне і штучне освітлення» встановлює вимоги до рівнів освітленості, організації зон освітлення та вибору світильників залежно від типу приміщень. Норми включають мінімальні значення освітленості для різних робочих зон, вимоги до енергоефективності, розміщення світильників та аспекти безпеки для персоналу [7].

Окремі розділи Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) та положення стандартів захисних заходів електробезпеки доповнюють ДБН, особливо щодо монтажу кабельних ліній, захисту від перенапруг і блискавкозахисту. При проєктуванні також застосовують стандарти (ДСанПіН, ДСТУ), де вони безпосередньо стосуються безпеки електрообладнання та освітлення – наприклад, ДСТУ EN 50160 щодо якості напруги в мережах загального призначення [2].

Аналіз нормативів показує, що комплекс вимог поєднує вимоги до безпеки, надійності й енергоефективності. Наприклад, категорія надійності електропостачання визначає, яку кількість незалежних джерел живлення має мати об'єкт, а також допустимі перерви у живленні – важливий аспект для котелень з тепловою генерацією в холодний сезон.

У контексті блочно-модульної котельні особлива увага приділяється категорії надійності електроприймачів теплового устаткування, систем автоматики та аварійного освітлення, оскільки від їх роботи залежить безперебійність теплопостачання приміщень і безпека персоналу.

Таким чином, нормативна база вимагає інтегрованого застосування ДБН з урахуванням специфіки об'єкта: одночасно враховуються вимоги до електропостачання, освітлення, захисних заходів і безпеки експлуатації.

## **1.2 Методика розрахунків електропостачання та освітлення**

Методика розрахунків у проєкті електропостачання й освітлення блочно-модульної котельні складається з кількох ключових блоків: визначення електричного навантаження, вибір категорії надійності живлення, розрахунок схем живлення, вибір освітлювального обладнання і побудова схем розподілу електроенергії.

Визначення електричного навантаження починається з переліку всіх електроприймачів котельні: насосів, вентиляторів, систем контролю та автоматики, електроприводів клапанів, засобів контролю та сигналізації, допоміжного обладнання та освітлення. Загальну потужність навантаження визначають як суму потужностей усіх приладів плюс резерв потужності на майбутнє розширення. Для точності використовують номінальні значення потужностей і коефіцієнти попиту відповідно до норм енергетичного проєктування (звичайно базуються на таблицях виробників, технічних паспортів обладнання тощо). Тут можуть застосовуватися типові методи балансних розрахунків електричних навантажень (дані про номінальні

потужності та співвідношення активної/реактивної складових). Примітка: конкретні коефіцієнти навантаження й фактори попиту залежать від обладнання котельні – їх треба узяти з технічних паспортів або профільних стандартів. – не можу знайти в джерелах стандартизовані значення для котельень, потрібні технічні дані обладнання.

Вибір категорії надійності електропостачання проводиться на основі нормативів ДБН В.2.5-23: для котельень, що забезпечують теплову потребу споживачів, часто приймається II чи I категорія надійності електропостачання. Це впливає на вимоги до резервування: I категорія передбачає два незалежних джерела живлення (мережеве і резервне), а II – можливе автоматичне або ручне переключення на резервне джерело із допустимою перервою на час ввімкнення резерву.

Розрахунок схем живлення включає розрахунок перерізів кабелів, захисних пристроїв, джерел резервного живлення (наприклад дизель-генератора) та систем автоматичного ввімкнення резерву (АВР). Ці розрахунки базуються на номінальному струмі навантаження та допустимих падіннях напруги за типом і довжиною ліній живлення згідно з ПУЕ та ДБН. Окрему увагу приділяють параметрам заземлення та вирівнювання потенціалів для безпеки експлуатації.

Розрахунок освітлення проводиться відповідно до вимог ДБН В.2.5-28: визначаються робочі зони та мінімальні рівні освітленості для кожної з них (вимоги до виробничого та аварійного освітлення). На основі цього вибирають тип світильників (часто світлодіодні для енергоефективності), їх кількість і розміщення для досягнення заданих рівнів освітленості з урахуванням коефіцієнта запасу та коефіцієнта використання світлового потоку.

Усі розрахунки оформляються у вигляді технічних розрахункових таблиць, схем і графіків, що входять до робочої документації проекту.

### 1.3 Опис технічних рішень

Технічні рішення для проєкту електропостачання та освітлення блочно-модульної котельні формуються на основі розрахунків навантажень, вимог до надійності та нормативних вимог щодо безпеки й енергоефективності.

Система електропостачання передбачає підключення котельні до зовнішньої мережі через трансформаторну підстанцію з розподільчим щитом головного вводу. Для забезпечення I або II категорії надійності електропостачання системи теплогенерації та критичних споживачів проєкт передбачає резервне джерело живлення – дизель-генераторну установку (ДГУ) або автономне джерело живлення. Система автоматичного ввімкнення резервного живлення (АВР) забезпечує мінімальну перерву у живленні технологічних систем при виході зовнішньої мережі з ладу.

Розподільні щити проєктуються з урахуванням потужності навантаження та підрозділяються на групові щити для технологічного обладнання та для освітлення. Кабельні лінії обираються із запасом по току та напрузі, з урахуванням допустимого падіння напруги та умов прокладання згідно з ПУЕ та ДБН, включно з захисними пристроями (автомати, УЗО). За потреби застосовуються системи безперебійного живлення (ДБЖ) для чутливого обладнання автоматики та контролю, щоб уникнути збоїв від стрибків напруги.

Система освітлення проєктується багаторівнево: базове освітлення виробничих приміщень, технічних зон і аварійне освітлення шляхів евакуації. Рівні освітленості для кожної з зон вибираються згідно ДБН В.2.5-28, а світильники підбираються з урахуванням енергоефективності, експлуатаційних умов (температурний режим котельні) та можливості обслуговування. Освітлення аварійних шляхів та евакуації живиться через резервні джерела (акумуляторні блоки або ДБУ), щоб гарантувати світло під час відключення зовнішньої мережі.

Безпека експлуатації покращується запровадженням систем вирівнювання потенціалів і заземлення всіх металевих частин електроустановок. Також

враховуються вимоги протипожежного захисту, вентиляції та охоронних систем, добровільно інтегруючи відповідні сенсори та автоматику до електросхем котельні.

#### **1.4 Вимоги до системи електропостачання та електроосвітлення котельні**

Електропостачання котелень встановлюється за другою категорією відповідно до ПУЕ [2].

Якщо електропостачання котельного обладнання вийде з ладу, це призведе до великого збою в системі тепlopостачання, до припинення роботи соціальних закладів освіти, охорони здоров'я, культури. У разі, якщо немає додаткового (резервного) джерела живлення, процес відновлення такої системи може бути затяжним.

Для приміщень котелень цехів газових котелень необхідно вибирати відповідний ступінь захисту обладнання та електродвигунів, щоб вибухонебезпечний газ не зміг проникнути в них.

Приміщення котельні мають бути забезпечені штучним освітленням відповідно та достатнім природним світлом (по можливості, якщо біля будівлі передбачені віконні отвори, оскільки бувають котельні блочно-модульного типу, де вікна не передбачаються).

Нормативна освітленість для котелень становить 50-100 лк, залежно від призначення приміщення [4]. Систему аварійного та робочого освітлення котельні доцільно виконати на базі сучасних джерел світла – світлодіодних світильників.

Світильники в газових котельнях недостатньо застосовувати в пило- та водонепроникному виконанні, а потрібні у безпечному виконанні, так як на таких об'єктах є вибухонебезпечні гази у технологічному процесі.

При розміщенні світильників необхідно враховувати можливість їх регулярного чищення, особливо в котельнях з обладнанням на твердому паливі.

З цього погляду кращими виступають моделі з високим класом захисту від пилу і вологи, які допускають чищення прямими струменями води.

Інші вимоги до системи електропостачання котелень можна зобразити як схеми, показаної на рис. 1.1.

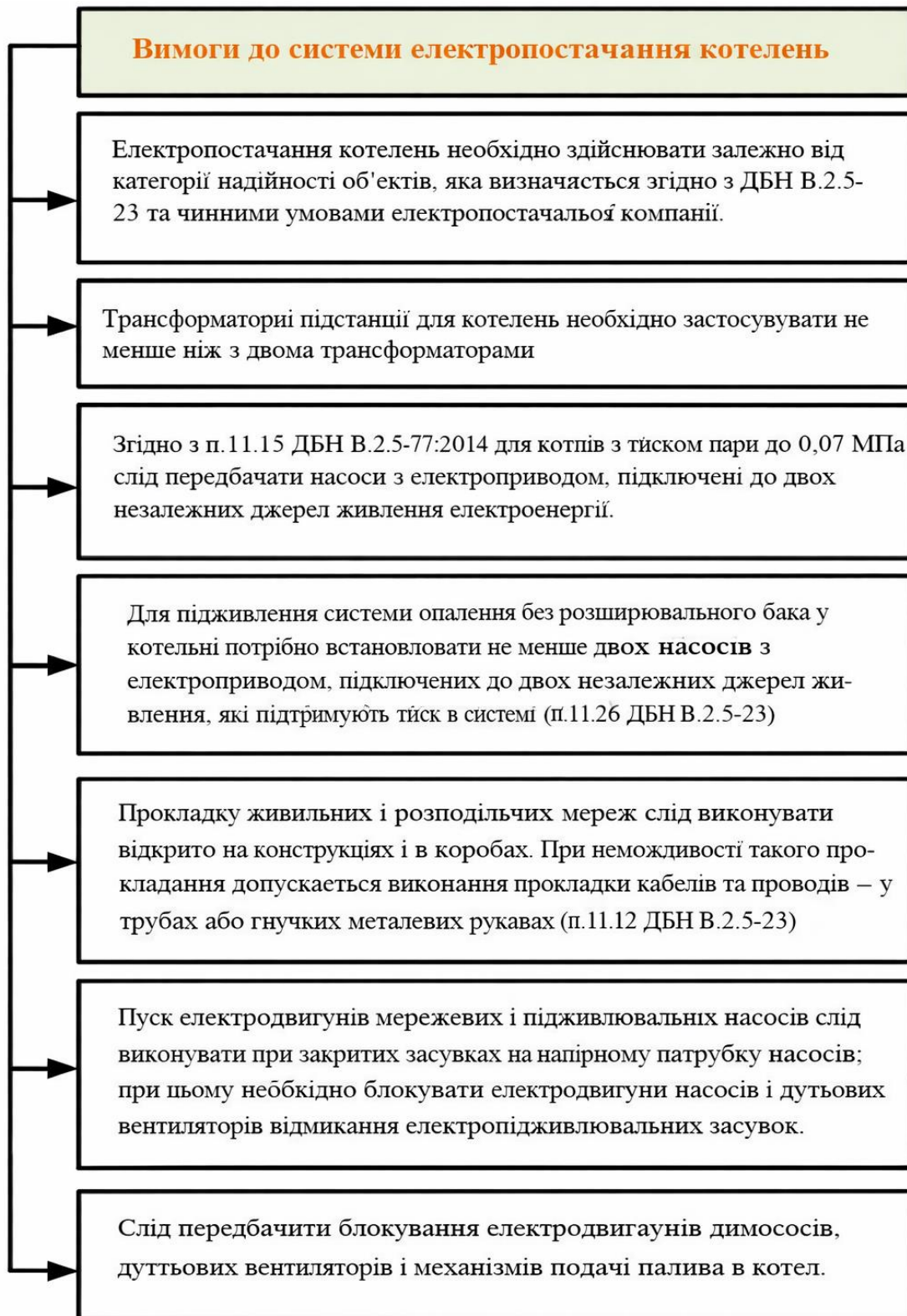


Рисунок 1.1 – Вимоги до систем електропостачання котелень.

## 1.5 Висновки до розділу 1

Аналіз нормативної бази підтверджує, що проектування електропостачання та освітлення блочно-модульної котельні в Україні базується на комплексному дотриманні вимог ДБН В.2.5-23, ДБН В.2.5-28 та положень ПУЕ, що забезпечує необхідний рівень безпеки та енергоефективності. Встановлено, що для забезпечення безперебійного теплопостачання соціально значущих об'єктів котельні зазвичай відносять до I або II категорії надійності, що вимагає наявності резервних джерел живлення, таких як дизель-генератори, та систем автоматичного ввімкнення резерву (АВР). Методика розрахунків передбачає точне визначення сумарної потужності всіх електроприймачів, включаючи насосне та вентиляційне обладнання, з урахуванням коефіцієнтів попиту та допустимих падінь напруги в кабельних лініях. Особливу увагу в проєкті приділено специфічним умовам експлуатації: застосуванню вибухозахищеного електрообладнання в зонах можливого накопичення газів та використанню світильників з високим класом пиловологозахисту. Система освітлення, згідно з нормативами, проєктується як багаторівнева із обов'язковим впровадженням аварійних мереж на базі світлодіодних технологій для гарантування безпеки персоналу та безперебійної роботи автоматики. Таким чином, запропоновані технічні рішення, що включають системи заземлення та безперебійного живлення, повністю відповідають вимогам надійної експлуатації об'єкта в опалювальний період.

## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Характеристика об'єкта електропостачання

Розглянута блочно-модульна котельня працює на природному газі. Передбачено систему газопостачання котельні. Дизельне паливо служить як допоміжне паливо і використовується для розпалювання.

Котельня складається з 5 блоків-модулів, у кожному з яких встановлені ПРУ (панель розподільча універсальна) з АВР. Облік електроенергії здійснюється лічильниками електроенергії NIK 2303 AP6T.1000.MC.11:, встановленими у кожному вводі ВРП.

Встановлена потужність силових електроприймачів котельної зали становить  $326,8 \text{ кВт}$ .

Категорія електропостачання котельні – II. Напруга живлення електроприймачів  $380/220 \text{ В}$ .

План розташування блоків котельні та електроприймачів представлено на рис 2.1. Перелік електроприймачів, встановлених у газовій котельні, подано у таблиці 2.1.

Електропостачання кожного блоку котельні здійснюється від двох секцій шин загального ВРП, встановленого в блоці №5.

Блоки №1–3 котельні є ідентичними, блоки №4 та №5 мають індивідуальну конфігурацію.

Серед основного електричного обладнання котельні можна виділити рециркуляційні насоси, підживлювальні, котлові, мережеві, апарати повітряного охолодження (АВО), пальники. Присутні дрібні однофазні електроприймачі та трифазні електроприймачі.

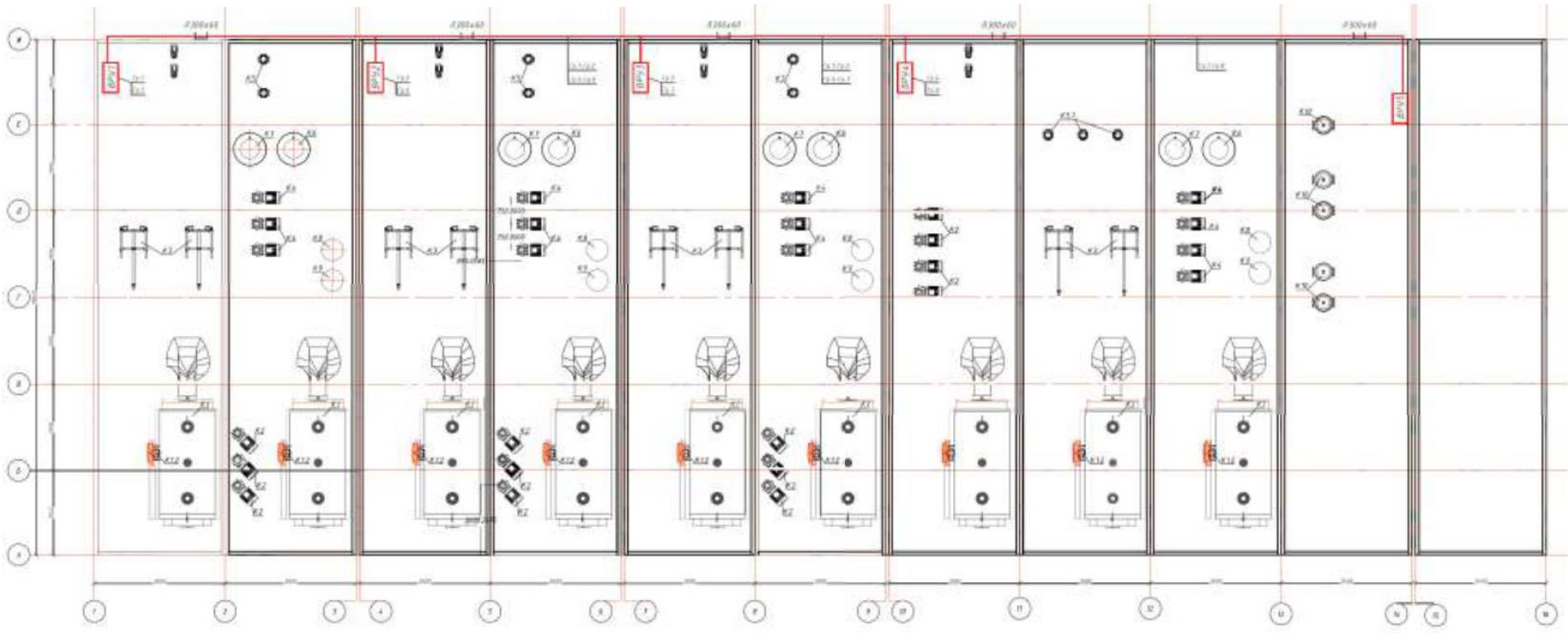


Рисунок 2.1 – План розташування блоків та електроприймачів котельні

Таблиця 2.1 – Перелік електроприймачів у котельні

№	Найменування ЕП	Число фаз	$P_{ном},$ кВт	$K_B$	ТВ, %	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
1	Насос рециркуляційний К1.2	1	1.5	0.7	100	0.8	0.75
2	Насос рециркуляційний К1.2	1	1.5	0.7	100	0.8	0.75
3	Насос підживлення К5	1	1.2	0.7	100	0.8	0.75
4	Насос підживлення К5	1	1.2	0.7	100	0.8	0.75
5	Пальник К1	3	6	0.7	100	0.95	0.33
6	Пальник К1	3	6	0.7	100	0.95	0.33
7	насос ДП	1	1.35	0.7	100	0.8	0.75
8	насос ДП	1	1.35	0.7	100	0.8	0.75
9	Термовентилятор	1	1.8	0.6	100	0.8	0.75
10	Котловий насос К2	3	10	0.7	100	0.8	0.75
11	Котловий насос К2	3	10	0.7	100	0.8	0.75
12	Котловий насос К2	3	10	0.7	100	0.8	0.75
13	розетка Водопідгот.	1	1	0.5	100	0.9	0.48
14	розетка Водопідгот.	1	1	0.5	100	0.9	0.48
15	Мережевий насос К4	3	10.5	0.7	100	0.8	0.75
16	Мережевий насос К4	3	10.5	0.7	100	0.8	0.75
17	Мережевий насос К4	3	10.5	0.7	100	0.8	0.75
18	Насос рециркуляційний К1.2	1	1.5	0.7	100	0.8	0.75
19	Насос рециркуляційний К1.2	1	1.5	0.7	100	0.8	0.75
20	Насос рециркуляційний К1.2	1	1.5	0.7	100	0.8	0.75
21	Насос підживлення К5	1	1.2	0.7	100	0.8	0.75
22	Насос підживлення К5	1	1.2	0.7	100	0.8	0.75
23	Насос підживлення К5	1	1.2	0.7	100	0.8	0.75
24	Пальник К1	3	6	0.7	100	0.95	0.33
25	Пальник К1	3	6	0.7	100	0.95	0.33
26	Пальник К1	3	6	0.7	100	0.95	0.33
27	насос ДП	1	1.35	0.7	100	0.8	0.75
28	насос ДП	1	1.35	0.7	100	0.8	0.75
29	Термовентилятор	1	1.8	0.6	100	0.8	0.75
30	Термовентилятор	1	1.8	0.6	100	0.8	0.75
31	К-отловий насос К-2	3	10	0.7	100	0.8	0.75
32	К-отловий насос К-2	3	10	0.7	100	0.8	0.75
33	К-отловий насос К-2	3	10	0.7	100	0.8	0.75
34	К-отловий насос К-2	3	10	0.7	100	0.8	0.75
35	розетК-а водопідгот.	1	1	0.5	100	0.9	0.48
36	розетК-а водопідгот.	1	1	0.5	100	0.9	0.48
37	Мережевий насос К-4	3	10.5	0.7	100	0.8	0.75
38	Мережевий насос К-4	3	10.5	0.7	100	0.8	0.75
39	Мережевий насос К-4	3	10.5	0.7	100	0.8	0.75
40	Мережевий насос К-4	3	10.5	0.7	100	0.8	0.75
41	Мережевий насос К-10	3	25	0.7	100	0.8	0.75
42	Мережевий насос К-10	3	25	0.7	100	0.8	0.75
43	Мережевий насос К-10	3	25	0.7	100	0.8	0.75
44	Мережевий насос К-10	3	25	0.7	100	0.8	0.75
45	Мережевий насос К-10	3	25	0.7	100	0.8	0.75
	РАЗОМ		326.8				

## 2.1 Розрахунок електричного освітлення

Освітленість блоків котельні № 1-4 – 100 Лк. Освітленість блоку № 5, що складається з двох приміщень, 75 Лк та 50 Лк. Для робочого освітлення використовуємо світильники з люмінесцентними лампами ДПП07В (Ватра) (IP65), світловий потік 1650 лм (рисунок 2.2) [8]. Для ремонтного освітлення – понижувальний розділовий трансформатор – ЯТП 220/12. Для аварійного освітлення застосовуються вибухозахисні світильники ДСП19УЕХ IP66 [9].



Рисунок 2.1 – Світильник типу ДПП07В (Ватра)



Рисунок 2.2 – Світильник типу ДСП19УЕХ IP66

Напруга живлення електроприймачів освітлення 220 В.

Тип заземлення згідно з ПУЕ 7-го видання – TN-C-S, Для світлотехнічного розрахунку котельні ми застосуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку [10], Кількість світильників у приміщенні:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}$$

Індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}$$

де  $A$ ,  $B$ ,  $h$  – довжина, ширина приміщення та розрахункова висота, м.

Плани освітлення блоків № 1–3, № 4 та № 5 представлені відповідно на рис 2.3 – 2.5, Світильники аварійного освітлення виділяються із загальної кількості світильників, що виходить за розрахунком (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Розрахунок кількості світильників у приміщеннях котельні.

Найменування	$E_H$ , лк	$A$ , м	$B$ , м	$h$ , м	$i$	$F$ , м <sup>2</sup>	$K_{зан}$	$Z$	$\eta$ в.о.	$P_{CB}$ , Вт	$\Phi$ , лм	$N$
Блок № 1	100	11.84	6	2.50	1.81	71.04	1.25	1.1	0.85	2x36	1650	6
Блок № 2	100	11.84	6	2.50	1.81	71.04	1.25	1.1	0.85	2x36	1650	6
Блок № 3	100	11.84	6	2.50	1.81	71.04	1.25	1.1	0.85	2x36	1650	6
Блок № 4	100	11.84	9	2.50	2.32	106.56	1.25	1.1	0.91	2x36	1650	9
Блок № 5,1	75	11.84	3.4	2.50	1.20	40.256	1.25	1.1	0.69	2x36	1650	3
Блок № 5,2	50	11.84	3.4	2.50	1.20	40.256	1.25	1.1	0.69	2x36	1650	2

$E_H$ , лк – нормативна освітленість приміщення;

$A$ , м – довжина приміщення;

$B$ , м – ширина приміщення;

$h$ , м – висота приміщення;

$i$  – індекс приміщення;

$F$ , м<sup>2</sup> – площа приміщення;

$K_{зан}$  – коефіцієнт запасу при розрахунку світлового потоку;

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

$\eta$ , в.о. – коефіцієнт використання при розрахунку світлового потоку;

$P_{CB}$ , Вт – потужність одного світильника;

$\Phi$ , лм – світловий потік одного світильника;

$N$  – кількість світильників у приміщенні.

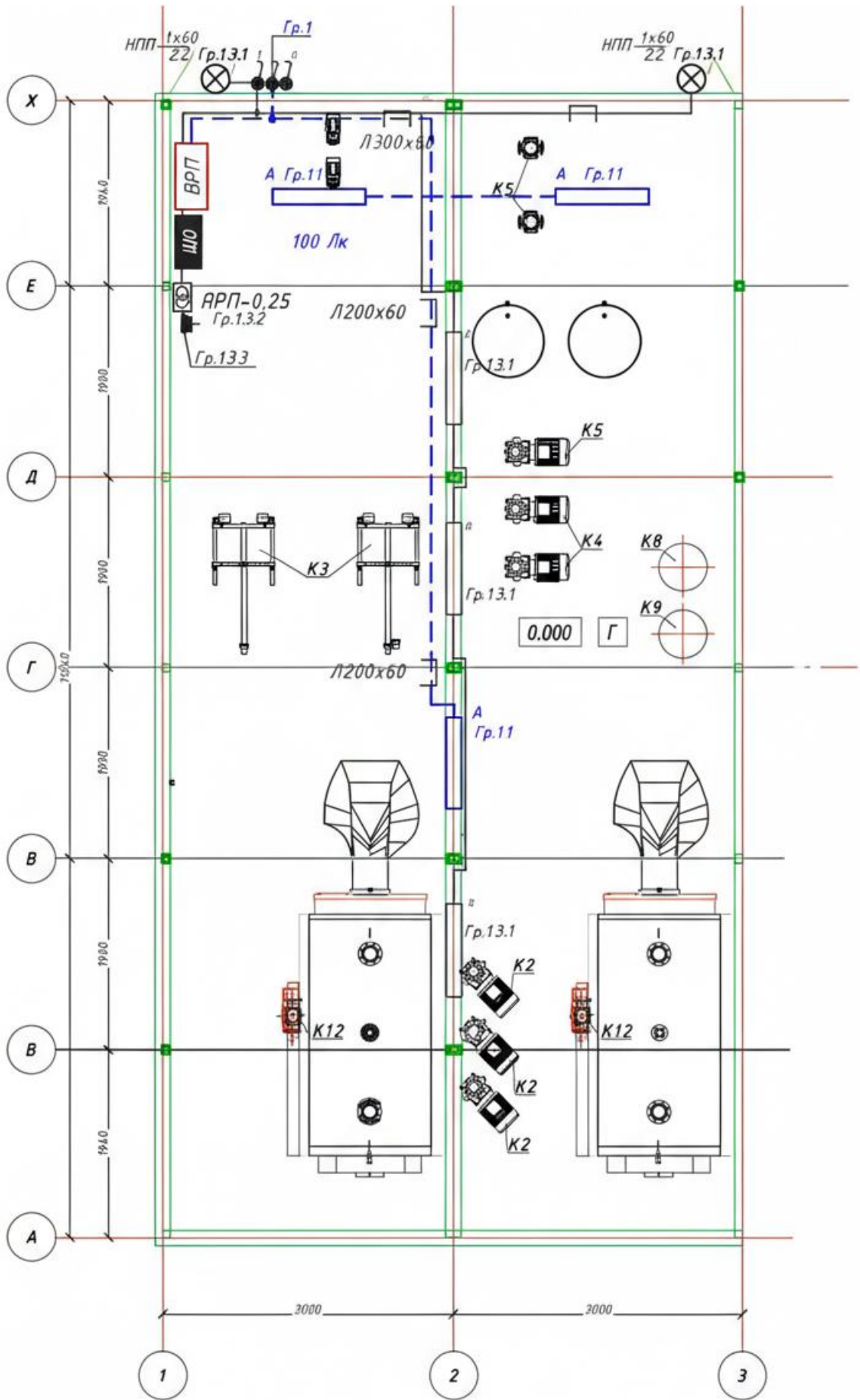


Рисунок 2.3 – Плани освітлення блоків котельні № 1–3

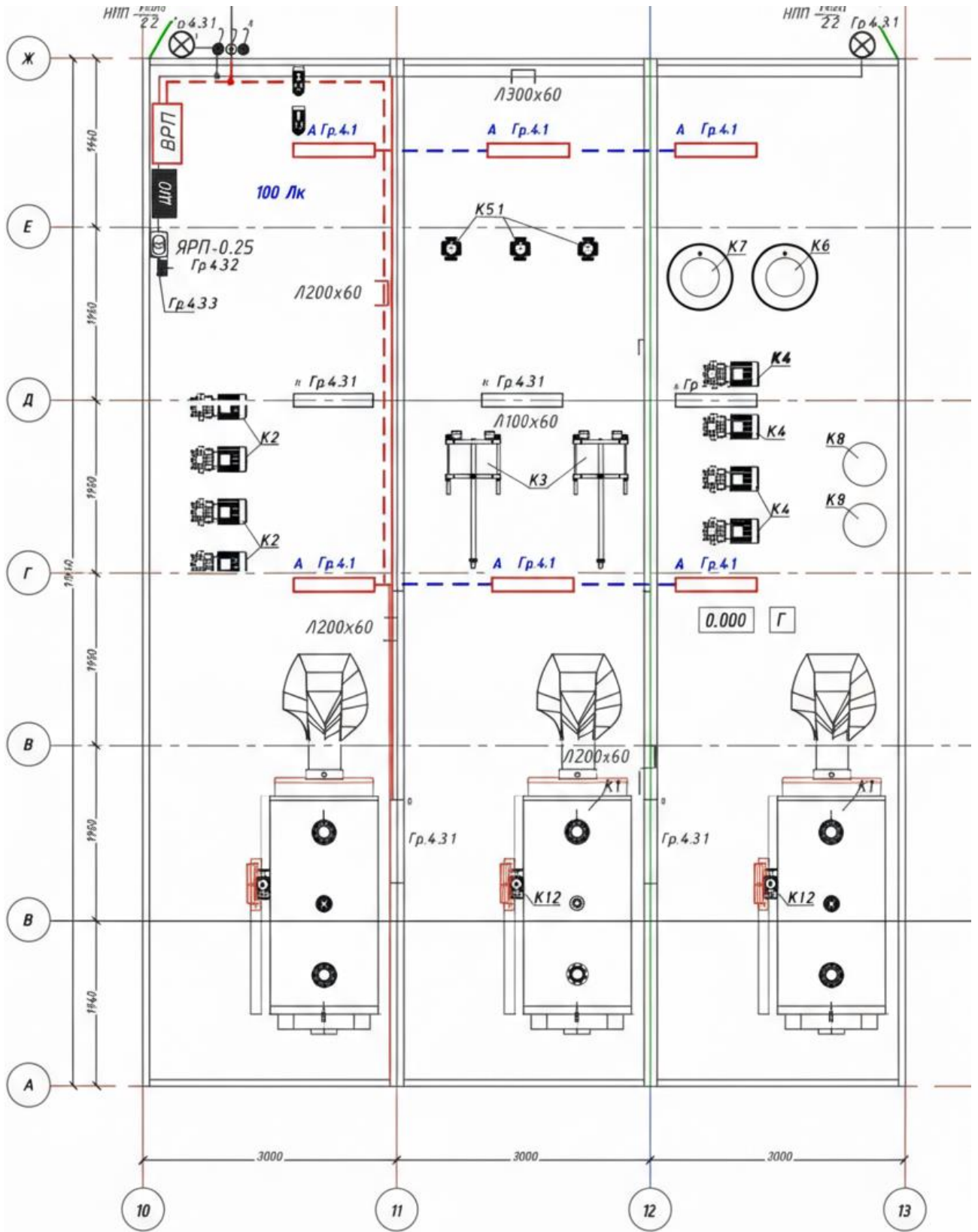


Рисунок 2.4 – Плани освітлення блоку котельні № 4

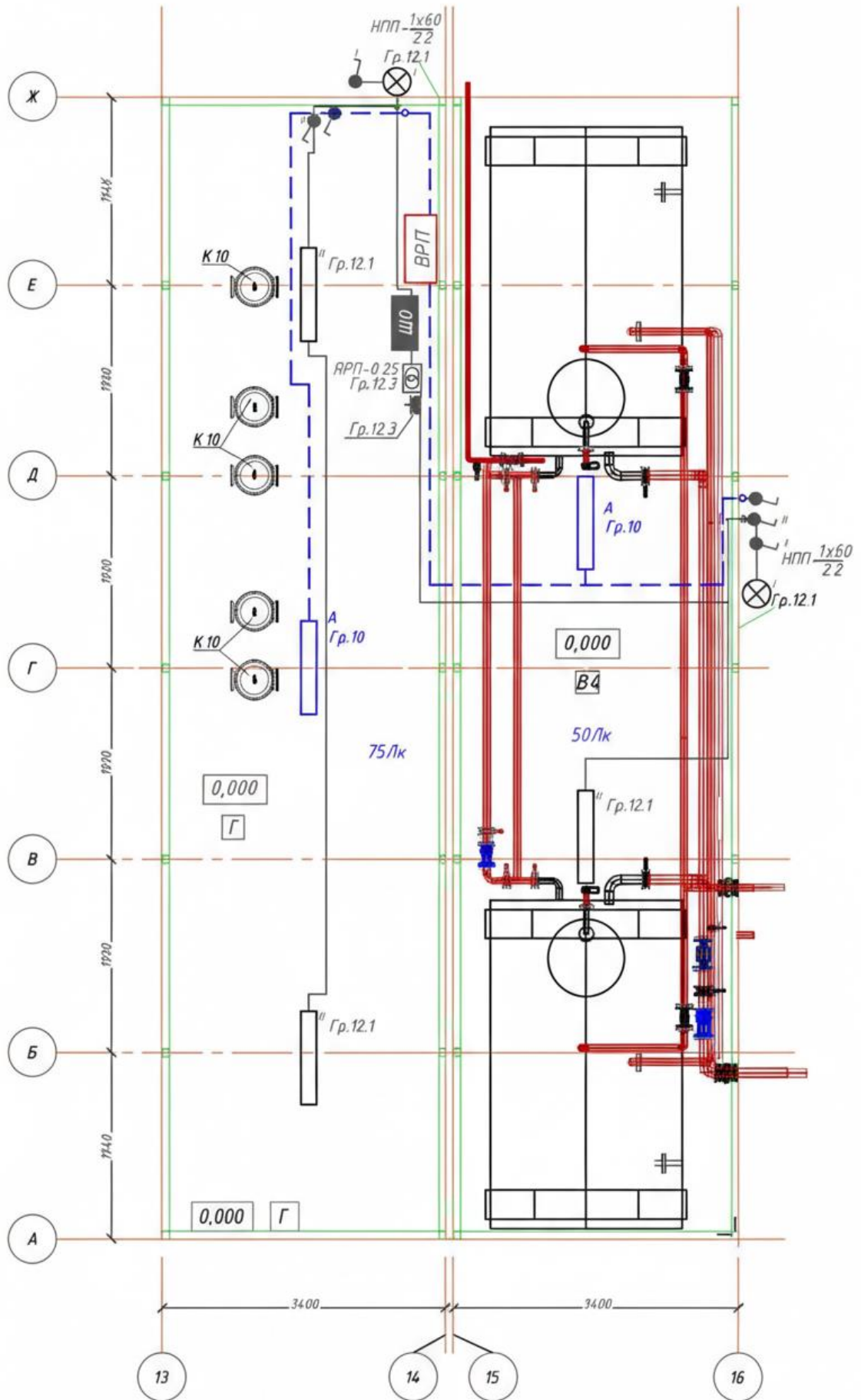


Рисунок 2.5 – Плани освітлення блоку котельні № 5

Потужність освітлення:

$$S_{осв} = \sqrt{P_{осв}^2 + Q_{осв}^2},$$

де активне та реактивне навантаження:

$$P_{осв} = N \cdot P_{CB} \cdot K_C \cdot K_{ПРА},$$

$$Q_{осв} = P_{осв} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

де  $N$  – кількість світильників у приміщенні;

$P_{CB}$  – потужність одного світильника;

$K_{ПРА}$  – коефіцієнт ПРА;

$K_C$  – залежить від призначення приміщення коефіцієнт попиту.

Результати розрахунку потужності показані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку потужності

Найменування	$P_{ном},$ кВт	$N$	$K_C$	$K_{ПРА}$	$P_{осв},$ кВт	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$Q_{осв},$ кВт	$S_{осв},$ кВт
Блок № 1	0.072	6	1	1.3	0.562	0.9	0.48	0.27	0.62
Блок № 2	0.072	6	1	1.3	0.562	0.9	0.48	0.27	0.62
Блок № 3	0.072	6	1	1.3	0.562	0.9	0.48	0.27	0.62
Блок № 4	0.072	9	1	1.3	0.842	0.9	0.48	0.404	0.93
Блок № 5.1	0.072	3	1	1.3	0.281	0.9	0.48	0.135	0.31
Блок № 5.2	0.072	2	1	1.3	0.187	0.9	0.48	0.09	0.21
<b>РАЗОМ</b>					<b>2.996</b>			<b>1.439</b>	

З табл. 2.3 випливає, що потужності щитів освітлення:

ЩО блоку № 1:  $P_1 = 0,562 \text{ кВт}$ ;

ЩО блоку № 2:  $P_2 = 0,562 \text{ кВт}$ ;

ЩО блоку № 3:  $P_3 = 0,562 \text{ кВт}$ ;

ЩО блоку № 4:  $P_4 = 0,842 \text{ кВт}$ ;

ЩО блоку № 5 :  $P_5 = 0,281 + 0,187 = 0,468 \text{ кВт}$ .

Електротехнічний розрахунок освітлення дозволяє вибрати провідники живлення для ЩО та окремих груп світильників.

Втрати напруги в КЛ:

$$\Delta U = \frac{M}{K_C \cdot S}$$

де  $M$  – момент навантаження;

$K_C$  – коефіцієнт, що залежить від конфігурації мережі та матеріалу провідника, для трифазної мережі з мідними проводами  $K_C = 72$ , а для однофазної мережі з мідними проводами  $K_C = 12$  [10];

$S$  – переріз провідника.

Зробимо розрахунок освітлення в лініях від ВРП-1, ВРП-2, ВРП-3, ВРП-4, ВРП-5 для кожного блоку № 1–5 котельні до кожного щитка ЩО блоків.

Момент навантаження:

$$M = L \cdot P_{PO}$$

де  $L$  – відстані від ЩО до ВРП;

$P_{PO}$  – розрахункове навантаження освітлення.

ЩО блоку № 1 має дві групові лінії по 3 світильники;

ЩО блоку № 2 має дві групові лінії по 3 світильники;

ЩО блоку № 3 має дві групові лінії по 3 світильники;

ЩО блоку № 4 має три групові лінії по 3 світильники;

ЩО блоку № 5 має дві групові лінії: в одній 3 світильники, в іншій – 2 світильники.

Момент навантаження щита ЩО блоку № 1 (відстань від ЩО блоку № 1 до ВРП-1 становить 1 м):

$$M = 1 \cdot 0,562 = 0,562 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Розрахунковий струм ЩО блоку № 1:

$$I_{P_{ЩО}} = \frac{P_{освЩО}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{0,562 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 0,95 \text{ А}.$$

Вибираємо кабельну лінію, що живить ЩО блоку № 1, кабель  $KГВВнг 5 \times 1,5$ ,  $S = 1,5 \text{ мм}^2$ ,  $I_{дон} = 19 \text{ А}$ .

Втрати напруги в КЛ, що живить ЩО блоку № 1:

$$\Delta U = \frac{0,562}{72 \cdot 1,5} = 0,005\%.$$

Розрахунки для ЩО блоку №-2 та ЩО блоку №-3 ідентичні ЩО блоку №-1. Момент навантаження щита ЩО блоку №-4 (відстань від ЩО блоку №-4 до ВРП-4 становить 1 м):

$$M = 1 \cdot 0,842 = 0,842 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

$$M = 1 \cdot 0,842 = 0,842 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Розрахунковий струм ЩО блоку №-4:

$$I_{p\text{ЩО}} = \frac{P_{\text{освЩО}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} = \frac{0,842 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 1,42 \text{ А}.$$

Вибираємо КЛ, що живить ЩО блоку №-4, кабель КГВВнг 5×1,5,  $S = 1,5 \text{ мм}^2$ ,  $I_{\text{дон}} = 19 \text{ А}$ .

Допустимі втрати напруги в КЛ, що живить ЩО блоку №-4:

$$\Delta U = \frac{0,842}{72 \cdot 1,5} = 0,008\%.$$

Момент навантаження щита ЩО блоку №-5 (відстань від ЩО блоку №-5 до ВРП-5 становить 1 м):

$$M = 1 \cdot 0,468 = 0,468 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Розрахунковий струм ЩО блоку №-5:

Вибираємо КЛ, що живить ЩО блоку №-5, кабель КГВВнг 5×1,5,  $S = 1,5 \text{ мм}^2$ ,  $I_{\text{дон}} = 19 \text{ А}$ .

Допустимі втрати напруги в КЛ, що живить ЩО блоку №-4:

$$\Delta U = \frac{0,468}{72 \cdot 1,5} = 0,004\%.$$

Максимальний момент навантаження для однієї фази знаходиться як:

$$M_p = P_{\text{св}} \cdot N_{\text{св.р}} \cdot \left( l_1 + \frac{l_2}{2} \right),$$

де  $N_{\text{св.р}}$  – число світильників в одному ряду;

$P_{\text{св}}$  – потужність одного світильника;

$l_1$  – довжина ділянки лінії від щитка до першого світильника;

$l_2$  – довжина ділянки лінії від щитка до останнього світильника.

У таблиці 2.4 виходячи з наведеної методики зробимо розрахунок моментів. Для всіх групових ліній вибираються кабелі того самого перетину, але з іншою кількістю жил:  $KГВВнг\ 5 \times 1,5$ ,  $S = 1,5\ \text{мм}^2$ ,  $I_{дон} = 19\ \text{А}$ .

Таблиця 2.4 – Розрахунок для груп ліній ЩО блоків № 1–5

Лінія	$N$ , <i>шт</i>	$l_1$ , <i>м</i>	$l_2$ , <i>м</i>	$P_{св.мах}$ , <i>кВт</i>	$M$ , <i>кВт·м</i>	$K_c$	$S$ , <i>мм<sup>2</sup></i>	$\Delta U$ , <i>%</i>	$P_{гр}$ , <i>кВт</i>	$I_{гр}$ , <i>А</i>	$MA$ , <i>кВт·м</i>	$MB$ , <i>кВт·м</i>	$MC$ , <i>кВт·м</i>
ЩО.бл.№1. лінія 1	3	4	9	0.072	1.84	12	1.5	0.10	0.216	1.09	1.84		
ЩО.бл.№1. лінія 2	3	6	11	0.072	2.48	12	1.5	0.14	0.216	1.09		2.48	
ЩО.бл.№2. лінія 1	3	4	9	0.072	1.84	12	1.5	0.10	0.216	1.09		1.84	
ЩО.бл.№2. лінія 2	3	6	11	0.072	2.48	12	1.5	0.14	0.216	1.09	2.48		
ЩО.бл.№3. лінія 1	3	4	9	0.072	1.84	12	1.5	0.10	0.216	1.09		1.84	
ЩО.бл.№3. лінія 2	3	6	11	0.072	2.48	12	1.5	0.14	0.216	1.09		2.48	
ЩО.бл.№4. лінія 1	3	3	6	0.072	1.30	12	1.5	0.07	0.216	1.09			1.30
ЩО.бл.№1. лінія 2	3	6	12	0.072	2.59	12	1.5	0.14	0.216	1.09			2.59
ЩО.бл.№1. лінія 3	3	9	21	0.072	4.21	12	1.5	0.23	0.216	1.09	4.21		
ЩО.бл.№5. лінія 1	3	5	14	0.072	2.59	12	1.5	0.14	0.216	1.09			2.59
ЩО.бл.№5. лінія 1	2	9	16	0.072	2.45	12	1.5	0.14	0.144	0.73			2.45
										<b>РАЗОМ</b>	<b>8.53</b>	<b>8.64</b>	<b>8.93</b>

## 2.3 Розрахунок навантажень за силовими пунктами

### 2.2.1 Розрахунок навантажень блоків 1-3

Електроприймачі розбиваємо на групи за територіальним принципом, а також за принципом належності електрообладнання до того чи іншого котельного блоку.

У зв'язку з цим для кожної групи технологічного обладнання котлів необхідне використання окремого ВРП, тому варто згрупувати електроприймачі за блоками № 1–3, 4 та 5.

У блоках № 1–3 знаходиться обладнання з позиціями 1–17 (нумерацію, найменування та позначення наводимо відповідно до таблиці 2.1). Тобто фактично електроприймач із ідентичними номерами для блоків №1-3 котельні. Кожна така група з 17 електроприймачів блоків №1–3 котельні заживляється відповідно від ВРП-1, ВРП-2 та ВРП-3 кожного блоку, які заживлюються від головного ВРП-5 блоку №-5.

При розрахунках електричних навантажень використовуються спеціальні таблиці, порядок заповнення якої відображено у джерелі [11]. Важливо, що розрахункові коефіцієнти  $K_p$  визначаються за різними таблицями. При розрахунку другого рівня використовується таблиця 1 [11], а для розрахунку навантаження на шинах ТП або головного ВРП-5 (третій рівень) використовується таблиця 2 [11]. Відповідно до розрахунків складено схему з розведенням силової мережі в блоках №1–3 котельні, показану на рис 2.6.

Розрахунок електричних навантажень для ВРП 1–3 зводимо до таблиці 2.5

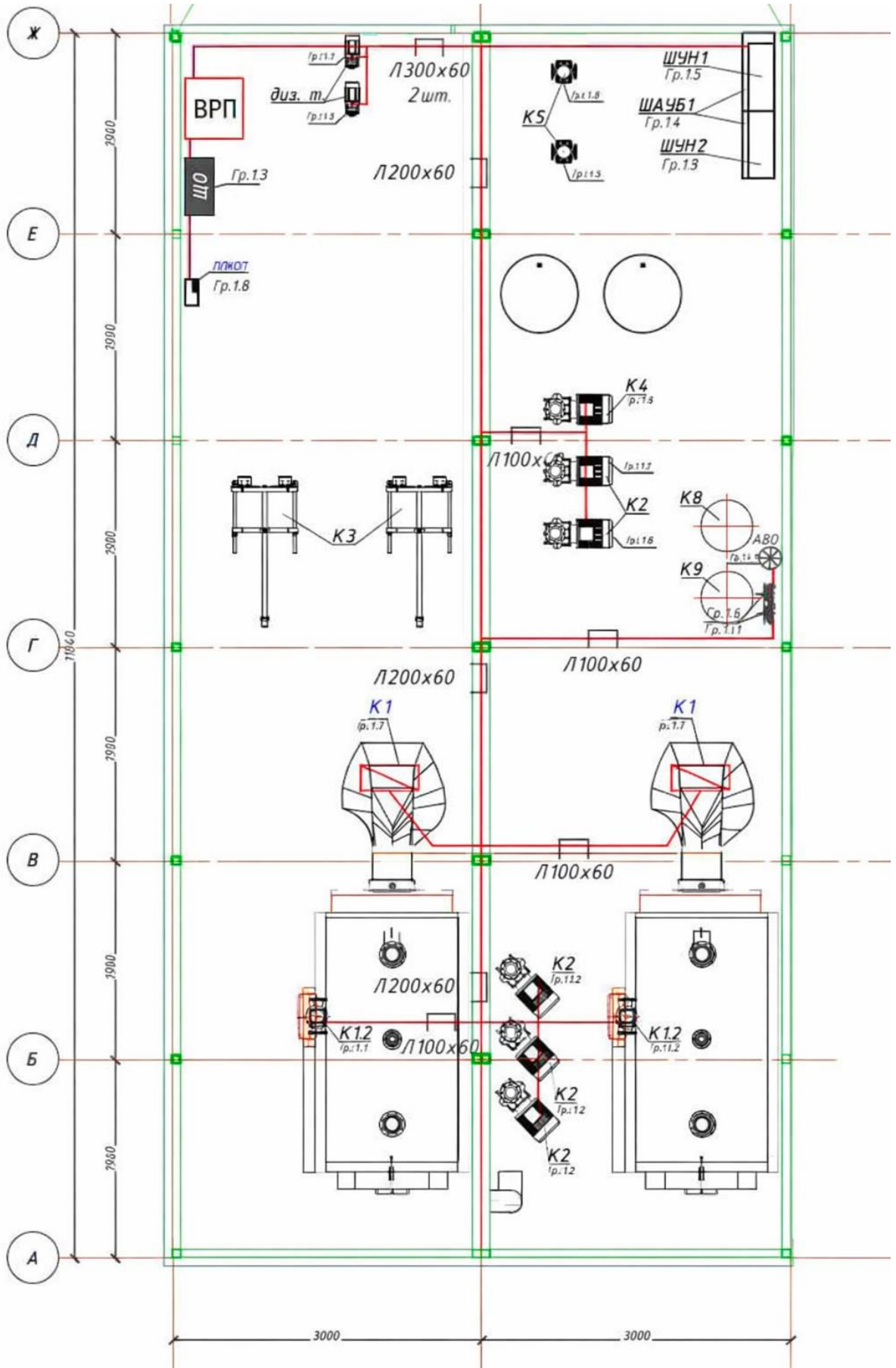


Рисунок 2.6 – План прокладання розподільчої мережі блоків №1-3 котельні

Таблиця 2.5 – Розрахунок електричних навантажень для ВРП 1-3

Вихідні дані		згідно завдання			За довідниковими даними			Розрахункові величини			$\eta_c$	Кр	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм Iр, А	
		Найменування ЕП	Кількість ЕП	Рном, кВт		Кв	cosφ	tgφ	КвРн, кВт	КвРн tgφ, кВт			np <sup>2</sup>	Рр, кВт	Qр, кВар		Sp, кВА
				Одного ЕП Рн	Загальна Рн=nrн												
<b>ВРП-1,2,3</b>																	
1	Насос рецирк. К1.2	1	1,5	1,5	0,7	0,8	0,75	1,05	0,79	2,25							
2	Насос рецирк. К1.2	1	1,5	1,5	0,7	0,8	0,75	1,05	0,79	2,25							
3	Насос підж. К5	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,44							
4	Насос підж. К5	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,44							
5	Пальник К1	1	6	6	0,7	0,95	0,33	4,2	1,39	36,00							
6	Пальник К1	1	6	6	0,7	0,95	0,33	4,2	1,39	36,00							
7	насос ДТ	1	1,35	1,35	0,7	0,8	0,75	0,95	0,71	1,82							
8	насос ДТ	1	1,35	1,35	0,7	0,8	0,75	0,95	0,71	1,82							
9	АВО	1	1,8	1,8	0,6	0,8	0,75	1,08	0,81	3,24							
10	Насос котла К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00							
11	Насос котла К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00							
12	Насос котла К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00							
13	розетка водопідгот.	1	1	1	0,5	0,9	0,48	0,5	0,24	1,00							
14	розетка водопідгот.	1	1	1	0,5	0,9	0,48	0,5	0,24	1,00							
15	Мережевий насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25							
16	Мережевий насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25							
17	Мережевий насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25							
	<b>ВСЬОГО по ВРП-1,2,3</b>	<b>17</b>		<b>85,4</b>	<b>0,69</b>	<b>0,82</b>	<b>0,69</b>	<b>59,21</b>	<b>40,61</b>	<b>719,02</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>59,21</b>	<b>44,67</b>	<b>74,17</b>	<b>112,69</b>	

### **2.2.2 Розрахунок навантажень блоку 4**

У блоці №4 знаходиться обладнання № 18–40 (нумерацію, найменування та позначення наводимо відповідно до таблиці 2.1 та плану розведення силової мережі (рис. 2.7)).

Розрахунки ведемо аналогічно, як описано для блоків № 1–3, таблиця 2.5.

### **2.2.3 Розрахунок навантажень блоку 5**

У блоці №5 знаходиться обладнання № 41–45, тобто. тільки мережеві насоси К10 (нумерацію, найменування та позначення наводимо відповідно до таблиці 2.1 та плану розведення силової мережі (рис. 2.8)).

Розрахунки ведемо аналогічно, як описано в п.2.2.1 для блоків № 1 -3, див таблицю 2.6. У цьому використовуємо результати розрахунків таблиць 2.4-2.5, оскільки містяться підсумкові дані з розрахунку електричних навантажень для ВРП 1–3 і ВРР–4. Мережеві насоси К10 заживлені від ВРП 5 безпосередньо, як від звичайного розподільчого пункту. ВРП 5 для котельні утворює III рівень електропостачання, де розрахунковий коефіцієнт, як правило, приймається рівним менше 1,0 відповідно до методики [11].

Таблиця 2.6 – Розрахунок електричних навантажень для ВРП 4

Вихідні дані																
згідно завдання					згідно довідникових даних			Розрахункові величини			$n_c$	Кр	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм $I_p, A$
Найменування ЕП	Кількість ЕП	Рном, кВт		Кв	cosφ	tgφ	Кв Рн, кВт	Кн Рн tgφ, кВт	np <sup>2</sup>	Рр, кВт			Qр, кВар	Sp, кВА		
		Одного ЕП Рн	загальна Рн=nrPн													
	<b>ВРУ-4</b>															
18	Насос рецирк. К1.2	1	1,5	1,5	0,7	0,8	0,75	1,05	0,79	2,25						
19	Насос рецирк. К1.2	1	1,5	1,5	0,7	0,8	0,75	1,05	0,79	2,25						
20	Насос рецирк. К1.2	1	1,5	1,5	0,7	0,8	0,75	1,05	0,79	2,25						
21	Насос підж. К5	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,44						
22	Насос підж. К5	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,44						
23	Насос підж. К5	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,44						
24	Пальник К1	1	6	6	0,7	0,95	0,33	4,2	1,39	36,00						
25	Пальник К1	1	6	6	0,7	0,95	0,33	4,2	1,39	36,00						
26	Пальник К1	1	6	6	0,7	0,95	0,33	4,2	1,39	36,00						
27	насос ДП	1	1,35	1,35	0,7	0,8	0,75	0,95	0,71	1,82						
28	насос ДП	1	1,35	1,35	0,7	0,8	0,75	0,95	0,71	1,82						
29	АВО	1	1,8	1,8	0,6	0,8	0,75	1,08	0,81	3,24						
30	АВО	1	1,8	1,8	0,6	0,8	0,75	1,08	0,81	3,24						
31	Котловий насос К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00						
32	Котловий насос К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00						
33	Котловий насос К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00						
34	Котловий насос К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00						
35	розетка водопідгот.	1	1	1	0,5	0,9	0,48	0,5	0,24	1,00						
36	розетка водопідгот.	1	1	1	0,5	0,9	0,48	0,5	0,24	1,00						
37	Мережевий насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25						
38	Мережевий насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25						
39	Мережевий насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25						
40	Мережевий насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25						
	<b>ВСЬОГО по ВРП-4</b>	<b>23</b>		<b>116,4</b>	<b>0,69</b>	<b>0,83</b>	<b>0,68</b>	<b>80,73</b>	<b>54,99</b>	<b>972,20</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>80,73</b>	<b>54,99</b>	<b>97,68</b>	<b>148,41</b>

Таблиця 2.7 – Розрахунок електричних навантажень для ВРП 5

Найменування ЕП		Вихідні дані						Розрахункові величини			$\eta_e$	Кр	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм $I_p, A$
		згідно завдання		згідно довідникових даних			Рр, кВт						Qр, кВар	Sp, кВА		
		Кількість ЕП	Рном, кВт		Кв	cosφ		tgφ	КвРн, кВт	КвРн tgφ, кВар	np <sup>2</sup> <sub>н</sub>					
	Одного ЕП Рн	Загальна Рн=nrн														
	<b>ВРП-5</b>															
	ВСЬОГО по ВРУ-1	17	-	85,4	0,69	0,82	0,69	59,21	40,61	719,02						
	ВСЬОГО по ВРУ-2	17	-	85,4	0,69	0,82	0,69	59,21	40,61	719,02						
	ВСЬОГО по ВРУ-3	17	-	85,4	0,69	0,82	0,69	59,21	40,61	719,02						
	ВСЬОГО по ВРУ-4	23	-	116,4	0,69	0,83	0,68	80,73	54,99	972,20						
41	Мережевий насос К10	1	25	25	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13	625,00						
42	Мережевий насос К10	1	25	25	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13	625,00						
43	Мережевий насос К10	1	25	25	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13	625,00						
44	Мережевий насос К10	1	25	25	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13	625,00						
45	Мережевий насос К10	1	25	25	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13	625,00						
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>79</b>		<b>497,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,82</b>	<b>0,7</b>	<b>345,86</b>	<b>242,47</b>	<b>6254,24</b>	<b>40</b>	<b>0,85</b>	<b>293,98</b>	<b>242,47</b>	<b>381,07</b>	<b>578,98</b>

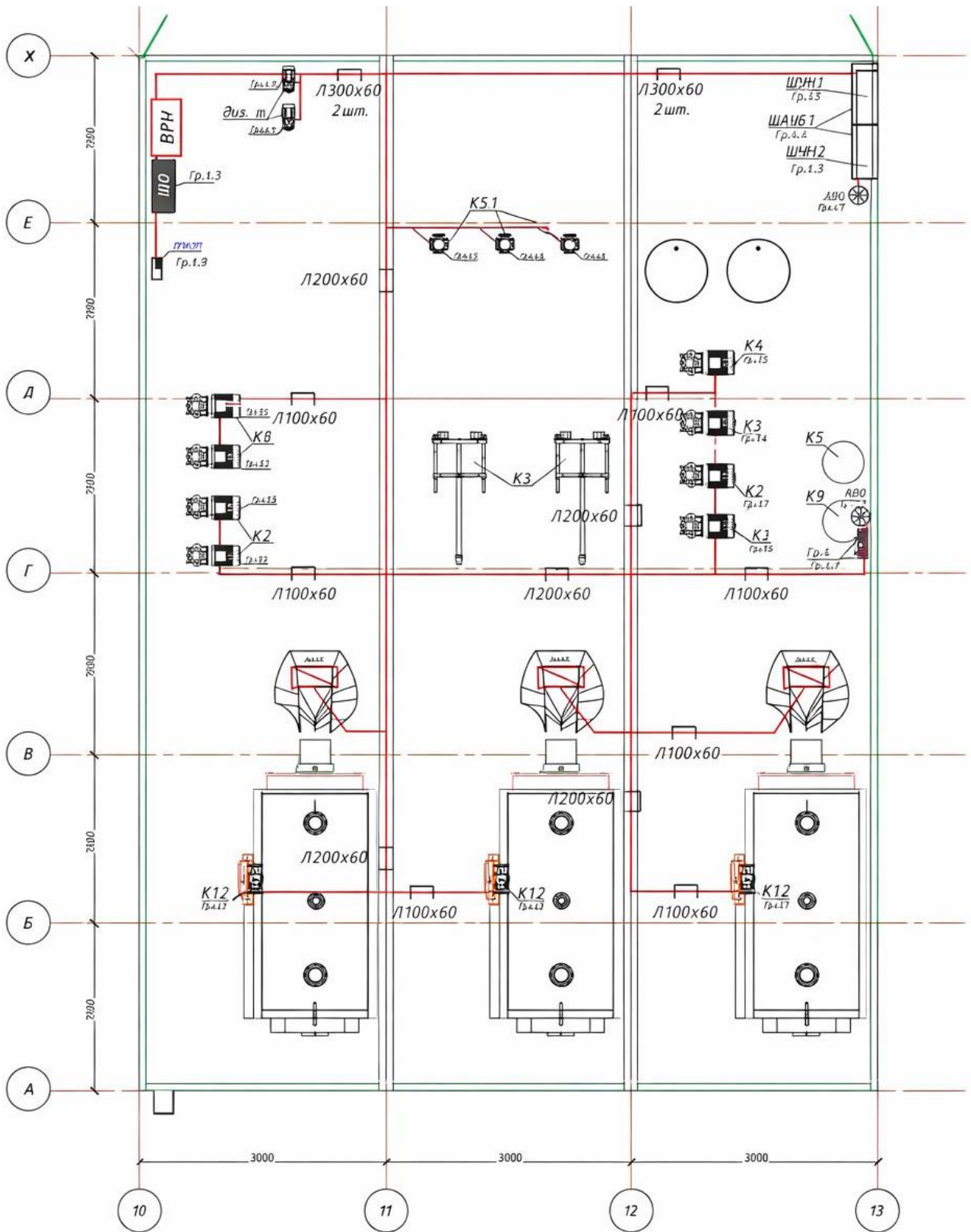


Рисунок 2.7 – План прокладання розподільчої мережі блоку № 5 котельні

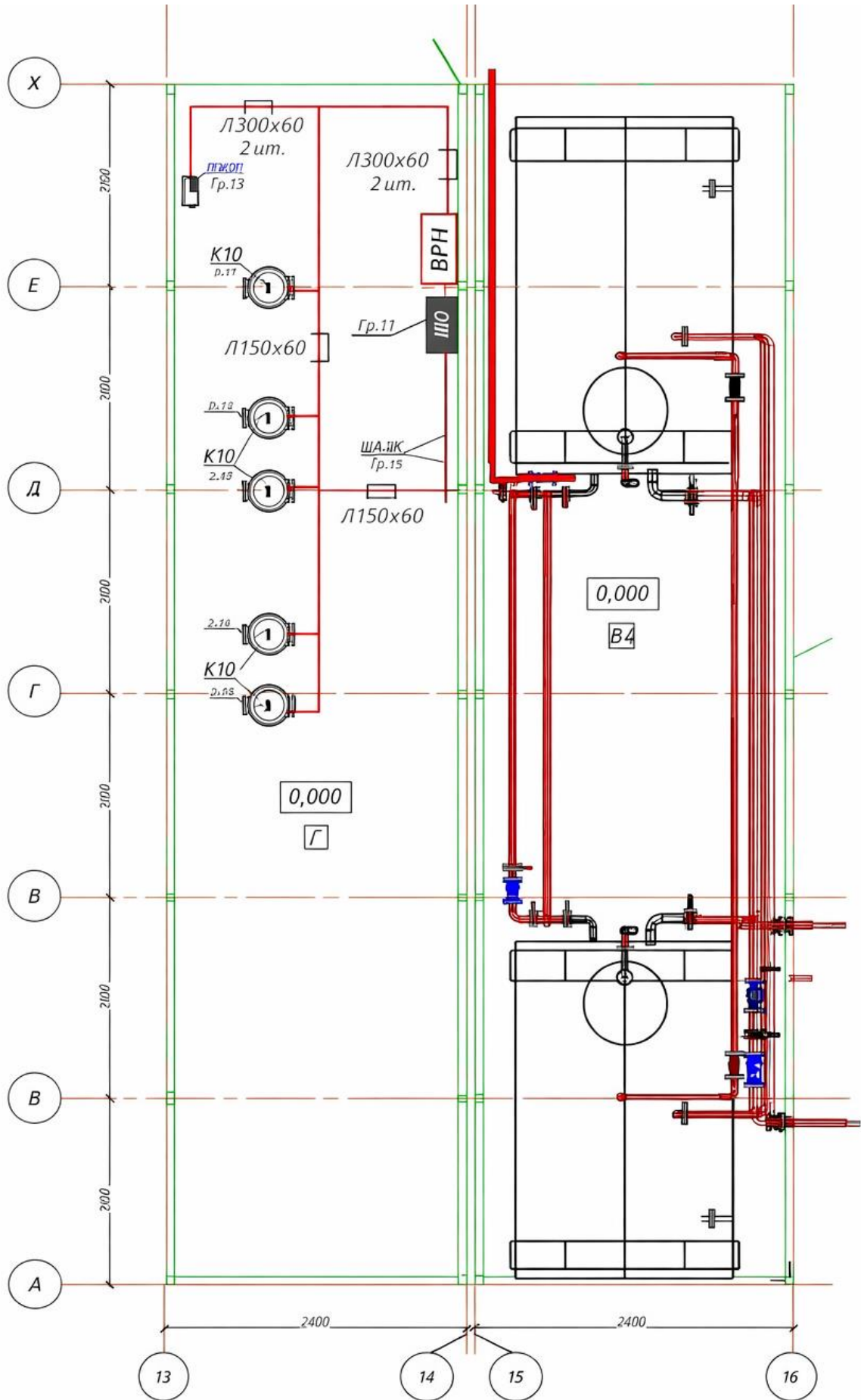


Рисунок 2.8 – План прокладання розподільчої мережі блоку № 5 котельні

### 2.3 Вибір кабельних ліній електропроводки

Силова мережа виконана трипровідною (однофазна, 220 В) та п'ятипровідний (трифазна, 380 В), кабелями *КГВВГнз* та *ВВГнз*. Для прокладання кабелів використовувати перфоровані металеві лотки. Лотки прокласти на позначці +2500, кріпити за місцем до металевих конструкцій. Усі спуски до електроприладів виконати у металевому лотку, від лотка до споживачів кабелі прокласти у гофрованій трубі.

Приєднання провідників зрівнювання потенціалів до трубопроводів комунікацій повинні виконуватись організаціями, що проводять монтаж або встановлення цих систем під наглядом представників електромонтажної організації. Заземлюючі провідники на 8 місцях їх приєднання позначити жовто-зеленими смугами, виконаними фарбою або двоколірною стрічкою.

Ввід кабелів знизу. Трансформатор струму серії ТТІ без шини.

Кабелі розподільчої мережі прокладати в металевих кабеленесучих лотках розміром 300×60 опуски. Виконати у лотках меншого перерізу розміром 200×60 мм. Лотки кріпити по фасаду будівлі.

Щити встановити на висоті 1.8 м (верх щита).

Висоту прокладки лотків прийняти рівним +2,500 м.

Вводи в модулі виконати за допомогою металевих гільз із наступною герметизацією.

Групові мережі робочого освітлення виконати кабелем марки *КГВВнз*, що прокладається на металевому кабеленесучому лотку з розділеною основою. Висота підвісу лотків +2,500 м. Лотки кріпити до металоконструкцій будівлі способом полиця-стійка та за допомогою шпильок М8 з горизонтальним тримачем VН.

Підведення до світильників і вимикачів виконати відкрито по стінах і стелі в гнучких гофрованих трубах ПВХ.

Мережі аварійного освітлення виконати кабелем марки *КГВВнз – FRLS*, що прокладається окремо від кабелів робочого освітлення відсіку лотка.

Аварійне освітлення виконано вибухозахищеними світильниками типу ДСП19УЕХ ІР66.

Світильники аварійного освітлення оснастити блоками аварійного освітлення.

Світильники кріпити до кабельних лотків і конструкцій будівлі.

Як ремонтне освітлення використовувати переносний світильник УП-1Р.

Висота установки шаф 1.8 м (верх шаф).

Виконати сталеву смугою жовто-зеленого кольору перетином  $25 \times 4$  мм на висоті 0,4 м від рівня підлоги.

Як магістралі заземлення так само використовуються всі металоконструкції, на яких встановлюється електрообладнання. Зазначені металоконструкції з'єднуються між собою способом зварювання.

Усі шафні конструкції повинні мати надійний електричний контакт із опорними конструкціями магістралі заземлення.

До магістралі заземлення повинні бути підключені: каркас будівлі, всі корпуси обладнання у навісному та підлоговому виконанні, конструкції для прокладання кабелів, прохідні труби кабельних вводів, а також всі трубопроводи, що входять до будівлі газової котельні.

Захист блискавки кожного блоку будівлі котельні передбачається за допомогою блискавкоприймачів з круглої сталі  $d = 16$  мм, що встановлюється на металоконструкції котельної, що підтримує димові труби, на висоту 2 м від зрізу димової труби. По всій висоті металоконструкції монтується струмовідведення з круглої сталі  $d = 8$  мм, що з'єднує блискавкоприймач із заземлювачем. Як контур повторного заземлення та заземлювача системи блискавкозахисту використовуються загальний контур заземлення, що складається з чотирьох вертикальних електродів довжиною 3 метри з'єднаних горизонтальними заземлювачами з круглої сталі  $d = 16$  мм на глибині 0,5 м від поверхні землі. Величина контуру заземлення будь-якої пори року має бути не більше 10 Ом.

## 2.4 Вибір кабельно-провідникової продукції та захисних автоматів

Для вибору проводів та кабелів необхідно провести розрахунки на першому рівні системи електропостачання котельні. Оскільки всі електроприймачі, як вказувалося, працюють у тривалому режимі, то

$$P_{p1} = P_{ном},$$

Основні електричні параметри електроприймачів:

$$Q_{p1} = P_{p1} \cdot \operatorname{tg} \varphi = P_{p1} \cdot \operatorname{tg}(\arccos(\cos \varphi)),$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2},$$

$$I_p = \frac{S_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}},$$

$$I_{II} = K_{II} \cdot I_p$$

Розрахунки потужностей та струмів на першому рівні системи електропостачання котельні зведемо до таблиці 2.8. Зазначимо, що ЕП № 1–17 належать до блоків № 1-3 котельні, ЕП № 18–40 – до блоку № 4 котельні, а ЕП № 41–45 – до блоку № 5 котельні.

Таблиця 2.8 – Розрахунки першого рівня.

№	Найменування ЕП	$P_{ном}$ кВт	ПВ, %	$K_e$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_{p1}$ , кВт	$Q_{p1}$ , кВАр	$S_{p1}$ , кВА	$I_p$ , А	$I_{пуск}$ , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Насос рецирк. К-1.2	1.5	100	0.7	0.8	0.75	1.5	1.13	1.88	8.55	42.75
2	Насос рецирк. К-1.2	1.5	100	0.7	0.8	0.75	1.5	1.13	1.88	8.55	42.75
3	Насос піджив. К-5	1.2	100	0.7	0.8	0.75	1.2	0.9	1.5	6.82	34.10
4	Насос піджив. К-5	1.2	100	0.7	0.8	0.75	1.2	0.9	1.5	6.82	34.10
5	Пальник К-1	6	100	0.7	0.95	0.33	6	1.98	6.32	9.6	9.60
6	Пальник К-1	6	100	0.7	0.95	0.33	6	1.98	6.32	9.6	9.60
7	насос ДП	1.35	100	0.7	0.8	0.75	1.35	1.01	1.69	7.68	38.40
8	насос ДП	1.35	100	0.7	0.8	0.75	1.35	1.01	1.69	7.68	38.40
9	АВО	1.8	100	0.6	0.8	0.75	1.8	1.35	2.25	10.23	51.15
10	Котловий насос К-2	10	100	0.7	0.8	0.75	10	7.5	12.5	18.99	94.95

11	Котловий насос К-2	10	100	0.7	0.8	0.75	10	7.5	12.5	18.99	94.95
12	Котловий насос К-2	10	100	0.7	0.8	0.75	10	7.5	12.5	18.99	94.95

продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	Розетка водопідгот.	1	100	0.5	0.9	0.48	1	0.48	1.11	5.05	5.05
14	Розетка водопідгот.	1	100	0.5	0.9	0.48	1	0.48	1.11	5.05	5.05
15	Мережевий насос К-4	10.5	100	0.7	0.8	0.75	10.5	7.88	13.13	19.95	99.75
16	Мережевий насос К-4	10.5	100	0.7	0.8	0.75	10.5	7.88	13.13	19.95	99.75
17	Мережевий насос К-4	10.5	100	0.7	0.8	0.75	10.5	7.88	13.13	19.95	99.75
18	Насос рецирк. К-1.2	1.5	100	0.7	0.8	0.75	1.5	1.13	1.88	8.55	42.75
19	Насос рецирк. К-1.2	1.5	100	0.7	0.8	0.75	1.5	1.13	1.88	8.55	42.75
20	Насос рецирк. К-1.2	1.5	100	0.7	0.8	0.75	1.5	1.13	1.88	8.55	42.75
21	Насос піджив. К-5	1.2	100	0.7	0.8	0.75	1.2	0.9	1.5	6.82	34.10
22	Насос піджив. К-5	1.2	100	0.7	0.8	0.75	1.2	0.9	1.5	6.82	34.10
23	Насос піджив. К-5	1.2	100	0.7	0.8	0.75	1.2	0.9	1.5	6.82	34.10
24	Пальник К-1	6	100	0.7	0.95	0.33	6	1.98	6.32	9.6	9.60
25	Пальник К-1	6	100	0.7	0.95	0.33	6	1.98	6.32	9.6	9.60
26	Пальник К-1	6	100	0.7	0.95	0.33	6	1.98	6.32	9.6	9.60
27	насос ДП	1.35	100	0.7	0.8	0.75	1.35	1.01	1.69	7.68	38.40
28	насос ДП	1.35	100	0.7	0.8	0.75	1.35	1.01	1.69	7.68	38.40
29	АВО	1.8	100	0.6	0.8	0.75	1.8	1.35	2.25	10.23	51.15
30	АВО	1.8	100	0.6	0.8	0.75	1.8	1.35	2.25	10.23	51.15
31	Котловий насос К-2	10	100	0.7	0.8	0.75	10	7.5	12.5	18.99	94.95
32	Котловий насос К-2	10	100	0.7	0.8	0.75	10	7.5	12.5	18.99	94.95
33	Котловий насос К-2	10	100	0.7	0.8	0.75	10	7.5	12.5	18.99	94.95
34	Котловий насос К-2	10	100	0.7	0.8	0.75	10	7.5	12.5	18.99	94.95
35	Розетка водопідгот.	1	100	0.5	0.9	0.48	1	0.48	1.11	5.05	5.05
36	Розетка водопідгот.	1	100	0.5	0.9	0.48	1	0.48	1.11	5.05	5.05
37	Мережевий насос К-4	10.5	100	0.7	0.8	0.75	10.5	7.88	13.13	19.95	99.75
38	Мережевий насос К-4	10.5	100	0.7	0.8	0.75	10.5	7.88	13.13	19.95	99.75
39	Мережевий насос К-4	10.5	100	0.7	0.8	0.75	10.5	7.88	13.13	19.95	99.75
40	Мережевий насос К-4	10.5	100	0.7	0.8	0.75	10.5	7.88	13.13	19.95	99.75
41	Мережевий насос К10	25	100	0.7	0.8	0.75	25	18.75	31.25	47.48	237.4
42	Мережевий насос К10	25	100	0.7	0.8	0.75	25	18.75	31.25	47.48	237.4
43	Мережевий насос К10	25	100	0.7	0.8	0.75	25	18.75	31.25	47.48	237.4
44	Мережевий насос К10	25	100	0.7	0.8	0.75	25	18.75	31.25	47.48	237.4
45	Мережевий насос К10	25	100	0.7	0.8	0.75	25	18.75	31.25	47.48	237.4

Вибір автоматичних вимикачів для захисту окремих електроприймачів виробляємо за номінальною напругою, струмом теплового розчіплювача та струмом всього автомата, а також струмом електромагнітного розчіплювача (струмової відсічки, залежно від величини пускового струму), за формулами :

$$U_a \geq U_{\text{ном.мережі}}$$

$$I_{\text{розч}} \geq k \cdot I_p,$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq k \cdot I_p$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу, для електроприймачів, представлених електродвигунами  $k = 1,25$ , для безрухового навантаження  $k = 1$ . У разі, коли вибирається автомат, який захищає групу ЕП, приєднаних до СП, коефіцієнт запасу береться рівним 1,1.

Результати вибору автоматів захисту вводів СП представлені у таблиці 2.9, а окремих ЕП – в таблиці 2.10.

Таблиця 2.9 – Вибір вимикачів для ВРП

Найменування	Розрахунковий струм приєднання, I, А	Розрахунковий струм, I, А	Номінальний струм АВ, I <sub>ном</sub> , А	Номінальний струм розчіплювача, I <sub>розч</sub> , А	Піковий струм, I <sub>пик</sub> , А	Розрахунковий струм відсічки, 1,2·I <sub>пик</sub> , А	К <sub>0</sub>	I <sub>ном. с.в.</sub> , А	Вимикаюча здатність, I <sub>вим.</sub> , кА	Тип АВ
ВРП-1	112.69	123.96	160	160	563.45	676.14	7	1120	36	ВА-303-3Р-160
ВРП-2	112.69	123.96	160	160	563.45	676.14	7	1120	36	ВА-303-3Р-160
ВРП-3	112.69	123.96	160	160	563.45	676.14	7	1120	36	ВА-303-3Р-160
ВРП-4	148.41	158.8	160	160	742.05	890.46	7	1120	36	ВА-303-3Р-160
ВРП-5	578.98	636.88	800	800	2894.9	3473.88	7	5600	50	ВА-306-3Р-800

Таблиця 2.10 – Вибір вимикачів для ЕП

№ ЕП	$I_p, A$	$1,0-1,25 \cdot I_p, A$	$I_{ном}, A$	$I_{розч}, A$	$I_{пуск}, A$	$1,2 \cdot I_{лік}, A$	$K_0$	$I_{ном. с.в.}, A$	$I_{вим.}, kA$	Тип АВ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8.55	10.69	16	16	42.75	51.3	7	112	10	ВА 47-63-1P-16А
2	8.55	10.69	16	16	42.75	51.3	7	112	10	ВА 47-63-1P-16А
3	6.82	8.53	10	10	34.1	40.92	7	70	10	ВА 47-63-1P-10А
4	6.82	8.53	10	10	34.1	40.92	7	70	10	ВА 47-63-1P-10А
5	9.6	9.6	10	10	9.6	11.52	3	30	10	ВА 47-63-1P-10А
6	9.6	9.6	10	10	9.6	11.52	3	30	10	ВА 47-63-1P-10А
7	7.68	9.6	10	10	38.4	46.08	7	70	10	ВА 47-63-1P-10А
8	7.68	9.6	10	10	38.4	46.08	7	70	10	ВА 47-63-1P-10А
9	10.23	12.79	16	16	51.15	61.38	7	112	10	ВА 47-63-1P-16А
10	18.99	23.74	25	25	94.95	113.94	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
11	18.99	23.74	25	25	94.95	113.94	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
12	18.99	23.74	25	25	94.95	113.94	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
13	5.05	5.05	6	6	5.05	6.06	3	18	10	ВА 47-63-1P-6А
14	5.05	5.05	6	6	5.05	6.06	3	18	10	ВА 47-63-1P-6А
15	19.95	24.94	25	25	99.75	119.7	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
16	19.95	24.94	25	25	99.75	119.7	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
17	19.95	24.94	25	25	99.75	119.7	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
18	8.55	10.69	16	16	42.75	51.3	7	112	10	ВА 47-63-1P-16А
19	8.55	10.69	16	16	42.75	51.3	7	112	10	ВА 47-63-1P-16А
20	8.55	10.69	16	16	42.75	51.3	7	112	10	ВА 47-63-1P-16А
21	6.82	8.53	10	10	34.1	40.92	7	70	10	ВА 47-63-1P-10А
22	6.82	8.53	10	10	34.1	40.92	7	70	10	ВА 47-63-1P-10А
23	6.82	8.53	10	10	34.1	40.92	7	70	10	ВА 47-63-1P-10А
24	9.6	9.6	10	10	9.6	11.52	3	30	10	ВА 47-63-3P-10А
25	9.6	9.6	10	10	9.6	11.52	3	30	10	ВА 47-63-3P-10А
26	9.6	9.6	10	10	9.6	11.52	3	30	10	ВА 47-63-3P-10А
27	7.68	9.6	10	10	38.4	46.08	7	70	10	ВА 47-63-1P-10А
28	7.68	9.6	10	10	38.4	46.08	7	70	10	ВА 47-63-1P-10А
29	10.23	12.79	16	16	51.15	61.38	7	112	10	ВА 47-63-1P-16А
30	10.23	12.79	16	16	51.15	61.38	7	112	10	ВА 47-63-1P-16А

31	18.99	23.74	25	25	94.95	113.94	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
----	-------	-------	----	----	-------	--------	---	-----	----	-----------------

продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
32	18.99	23.74	25	25	94.95	113.94	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
33	18.99	23.74	25	25	94.95	113.94	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
34	18.99	23.74	25	25	94.95	113.94	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
35	5.05	5.05	6	6	5.05	6.06	3	18	10	ВА 47-63-1P-6А
36	5.05	5.05	6	6	5.05	6.06	3	18	10	ВА 47-63-1P-6А
37	19.95	24.94	25	25	99.75	119.7	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
38	19.95	24.94	25	25	99.75	119.7	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
39	19.95	24.94	25	25	99.75	119.7	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
40	19.95	24.94	25	25	99.75	119.7	7	175	10	ВА 47-63-3P-25А
41	47.48	59.35	63	63	237.4	284.88	7	441	15	ВА 47-63-3P-63А
42	47.48	59.35	63	63	237.4	284.88	7	441	15	ВА 47-63-1P-16А
43	47.48	59.35	63	63	237.4	284.88	7	441	15	ВА 47-63-1P-16А
44	47.48	59.35	63	63	237.4	284.88	7	441	15	ВА 47-63-1P-16А
45	47.48	59.35	63	63	237.4	284.88	7	441	15	ВА 47-63-1P-16А

Перетин кабелю вибирається за нагріванням:

$$I_{розч.п} = \frac{I_p}{k_{II}},$$

$$I_{доп.КЛ} \geq I_{розч.П}$$

Тобто струм кабелю, щоб він не перегрівався, повинен бути більшим за розрахунковий струм приєднання (СП або ЕП). Інакше може виникати ефект старіння ізоляції, зносу провідника в цілому за рахунок термічного впливу підвищеного значення фактичного струму, що проходить по ньому.

Також необхідно перевірити відповідність перерізу КЛ обраному автоматичному вимикачу. Для цього має виконуватися умова відповідності допустимого струму КЛ струму теплового розчіплювача автомата:

$$I_{доп.КЛ} \geq I_{розч} \cdot K_{зах}$$

де  $K_{зах}$  – коефіцієнт захисту, приймається рівним 1.

Вибір перерізів КЛ проводиться відразу з урахуванням погодження зі струмами теплових розчіплювачів автоматів представлений у таблицях 2.11-2.12. Якщо перед кабелем стоїть цифра - це означає, що потрібно стільки

кабелів прокласти паралельно одного електроприймача, інакше кабелів більшого перерізу не випускають.

Таблиця 2.11 – Вибір кабельної лінії для живлення ЕП.

№	Найменування ЕП	Марка кабелю	К-сть жил і їх переріз	Довжина кабелю, м	$I_{\text{доп.кл}}, A$
1	2	3	4	6	5
1	Насос рецирк. К-1.2	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	18	19
2	Насос рецирк. К-1.2	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	18	19
3	Насос піджив. К-5	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	8	19
4	Насос піджив. К-5	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	8	19
5	Пальник К-1	<i>КГВВНГ</i>	5×1,5	15	19
6	Пальник К-1	<i>КГВВНГ</i>	5×1,5	18	19
7	насос ДП	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	10	19
8	насос ДП	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	10	19
9	АВО	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	16	19
10	Котловий насос К-2	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	18	26
11	Котловий насос К-2	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	18	26
12	Котловий насос К-2	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	18	26
13	Розетка водопідгот.	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	25	19
14	Розетка водопідгот.	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	25	19
15	Мережевий насос К-4	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	12	26
16	Мережевий насос К-4	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	12	26
17	Мережевий насос К-4	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	12	26
18	Насос рецирк. К-1.2	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	25	19
19	Насос рецирк. К-1.2	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	18	19
20	Насос рецирк. К-1.2	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	18	19
21	Насос піджив. К-5	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	18	19
22	Насос піджив. К-5	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	18	19
23	Насос піджив. К-5	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	18	19
24	Пальник К-1	<i>КГВВНГ</i>	5×1,5	15	19
25	Пальник К-1	<i>КГВВНГ</i>	5×1,5	15	19
26	Пальник К-1	<i>КГВВНГ</i>	5×1,5	21	19
27	насос ДП	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	13	19
28	насос ДП	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	13	19
29	АВО	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	5	19
30	АВО	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	16	19

продовження таблиці 2.11

1	2	3	4	6	5
31	Котловий насос К-2	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	18	26
32	Котловий насос К-2	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	20	26
33	Котловий насос К-2	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	22	26
34	Котловий насос К-2	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	24	26
35	Розетка водопідгот.	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	28	19
36	Розетка водопідгот.	<i>КГВВНГ</i>	3×1,5	28	19
37	Мережевий насос К-4	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	25	26
38	Мережевий насос К-4	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	25	26
39	Мережевий насос К-4	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	25	26
40	Мережевий насос К-4	<i>КГВВНГ</i>	4×2,5	25	26
41	Мережевий насос К10	<i>ВВГНГ</i>	4×10	10	65
42	Мережевий насос К10	<i>ВВГНГ</i>	4×10	10	65
43	Мережевий насос К10	<i>ВВГНГ</i>	4×10	8	65
44	Мережевий насос К10	<i>ВВГНГ</i>	4×10	8	65
45	Мережевий насос К10	<i>ВВГНГ</i>	4×10	10	65

Таблиця 2.12 – Вибір перерізів КЛ для живлення ВРП

ВРП	$I_p,$ <i>A</i>	$I_{довгтр.},$ <i>A</i>	$I_{розч},$ <i>A</i>	$S,$ <i>мм<sup>2</sup></i>	Марка	Довжина кабелю, м
ВРП-1-3	112.69	165	160	50	<i>КГВВГнз 4×50</i>	40; 34; 28
ВРП -4	148.41	165	160	50	<i>КГВВГнз 4×50</i>	22
ВРП -5	578.98	874	800	(2)×240	<i>2ВВГнз 4×240</i>	100

## 2.5 Висновки до розділу 2

У розділі виконано повний розрахунок системи електропостачання блочно-модульної газової котельні з урахуванням її структури, технологічних особливостей та II категорії надійності.

Визначено розрахункові електричні навантаження на всіх рівнях системи (електроприймачі – ВРП блоків – головний ВРП). Загальна встановлена потужність становить 326,8 кВт. Найбільший вплив на параметри системи

мають мережеві насоси K10 потужністю 25 кВт, що враховано при виборі кабельних ліній та захисної апаратури.

Світлотехнічний розрахунок виконано методом коефіцієнта використання світлового потоку. Прийняті світильники виробництва Ватра забезпечують нормативні рівні освітленості, а перевірка втрат напруги підтвердила допустимість обраних перерізів провідників.

Вибір кабельно-провідникової продукції здійснено за умовами:

- допустимого тривалого струму;
- втрат напруги;
- узгодження з номіналами автоматичних вимикачів.

Автоматичні вимикачі підібрані з урахуванням пускових струмів електродвигунів та забезпечують селективність захисту між рівнями системи.

Передбачено комплекс заходів електробезпеки: система TN-C-S, зрівнювання потенціалів, повторне заземлення, блискавкозахист.

Отже, прийняті технічні рішення є обґрунтованими, відповідають вимогам надійності та електробезпеки і забезпечують стабільну роботу котельні в нормальному та аварійному режимах.

### 3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Вибір силових пунктів та інших електричних пристроїв

Як головний ВРП-5 застосовуємо ввідно-розподільчий пристрій ВРП-630А [14] (рис. 3.1, таблиця 3.1), а як ВРП 1-4 ввідно-розподільчий пристрій ВРП-160А [15] (рис. 3.2, таблиця 3.1).

Умова вибору ВРП:

Таблиця 3.1 – Вибір ВРП для блоків № 1-5 котельні.

Найменування	Розрахунковий струм, А	Тип СП	Допустимий струм, А	Кількість приєднань СП	Фактичне кількість приєднань
ВРП 1-3	112.69	ВРП-160А	160	24	18
ВРП 4	148.41	ВРП-160А	160	24	24
ВРП 5	578.98	ВРП-630А	630	18	10

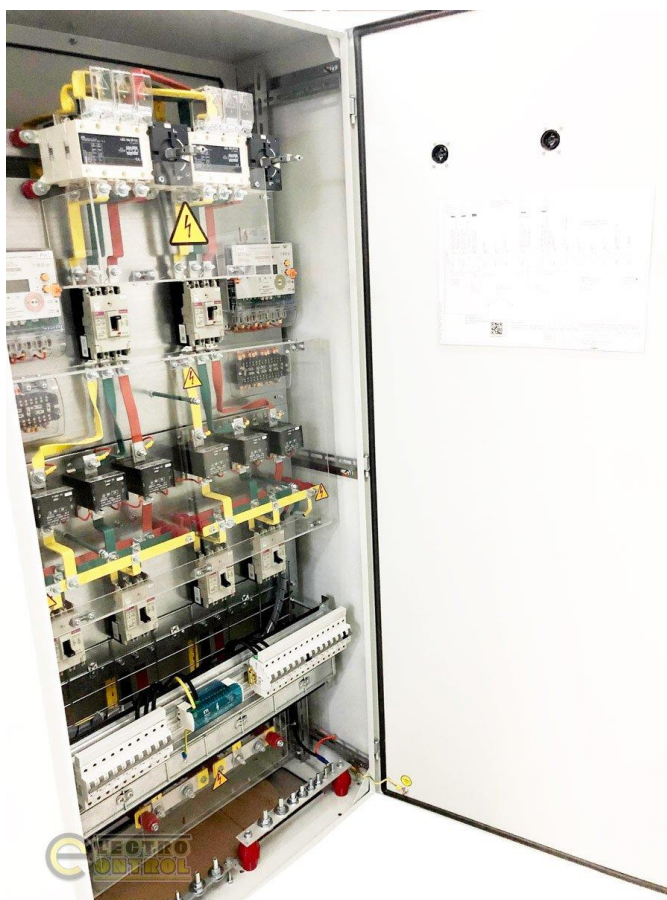


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд ВРП-630А.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд ВРП-160А.

Для керування насосами необхідно вибрати шафи керування насосами котлового контуру та мережевими насосами (ШКН):

ШКН-1 – шафа керування насосами котлового контуру в блоках № 1–3 (по три насоси К-2 на блок);

ШКН-2 – шафа керування мережевими насосами в блоках № 1–3 (по три насоси К-4 на блок);

ШКН-3 – шафа керування насосами котлового контуру в блоці № 4 (4 насоси К-2 на блок);

ШКН-4 – шафа керування мережевими насосами в блоці № 4 (4 насоси К-4 на блок);

ШКН-5 – шафа управління мережевими насосами в блоці № 5 (5 насосів К-10 на блок).

Вибираємо 4 шафи ШКН 1–4 «Техносенс» на струм 63 А з можливістю управління до 4-х насосів, і шафа ШКН «Техносенс» з можливістю управління до 5-ти насосів середньої потужності, на струм 250 А [16]. Загальний вигляд пропонуєних шаф керування показано на рис. 3.3



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд шафи керування насосами.

Щитки освітлення вибираємо, виходячи з кількості приєднань та робочого струму (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Вибір щитка освітлення

Позначення	$I_p,$ $A$	Тип щитка	$I_{доп},$ $A$	Кількість ліній щитка
ЩО блоків №1–5	0,79 – 1,42	<i>ЩРв – 9з – 1 У3 IP65</i>	20	9

### 3.2 Розрахунок струмів короткого замикання. Перевірка обладнання

Складемо схему заміщення (рисунок 3.4).

Для кабелю КЛ-1 марки *ВВГнг*  $4 \times 240$  завдовжки  $L_{КЛ} = 100$  м:

$$R_{Л1} = R_{нум.КЛ} \cdot L_{КЛ}, \text{ мОм}$$

$$R_{Л1} = 0,077 \cdot 100 = 7,7 \text{ мОм}$$

$$X_{Л1} = X_{нум.КЛ} \cdot L_{КЛ}, \text{ мОм}$$

$$X_{Л1} = 0,0587 \cdot 100 = 5,87 \text{ мОм.}$$

Як опір системи виступатимуть опори трансформатора типу ТМЗ-250/10 (джерело живлення, КТП).

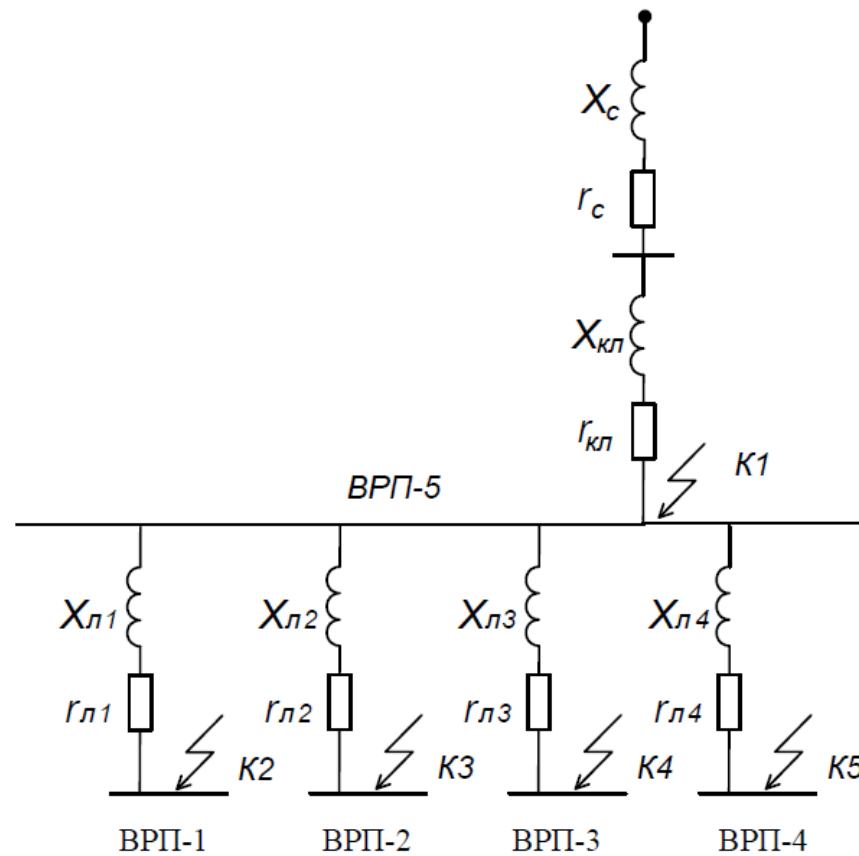


Рисунок 3.4 – Схема заміщення струму трифазного КЗ.

Визначаємо опори трансформатора [17]:

$$r_{np} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.ТР}} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном.ТР}} \cdot 10^6;$$

$$x_{ТР} = \sqrt{\left(\frac{U_{к}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.ТР}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном.ТР}} \cdot 10^6.$$

$$r_{np} = \frac{3,7}{250} \cdot \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^6 = 9,5 \text{ мОм};$$

$$x_{ТР} = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{3,7}{250}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^6 = 27,2 \text{ мОм}.$$

$$R_C = r_{ТР} = 9,5 \text{ мОм};$$

$$X_C = x_{ТР} = 27,2 \text{ мОм};$$

Розрахуємо результуючий опір і струм КЗ у точці К1:3

$$X_{\Sigma} = X_C + X_{л1}$$

$$X_{\Sigma} = 27,2 + 5,87 = 33,07 \text{ мОм}$$

$$R_{\Sigma} = R_C + R_{Л1}$$

$$R_{\Sigma} = 9,5 + 7,7 = 17,2 \text{ мОм}$$

Струм трифазного КЗ у точці К1:

У розрахунку враховуємо також додатковий опір [17]. Аналогічні розрахунки проводимо інших точок КЗ, результати розрахунків зведемо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Трифазний струм КЗ у відповідних точках

Точка КЗ	$R_{\Sigma}$ мОм	$X_{\Sigma}$ мОм	$R_{num.КЛ}$ мОм/м	$X_{num.КЛ}$ мОм/м	$L_{КЛ}$ , м	$R_{Л}$ , мОм	$X_{Л}$ , мОм	$R_{доб}$ , мОм	$R_{\Sigma}$ , мОм	$X_{\Sigma}$ , мОм	$I_{к.з}$ , кА
К2	17.2	33.07	0.37	0.0625	40	14.800	2.500	20.000	52.000	35.570	3.666
К3	17.2	33.07	0.37	0.0625	34	12.580	2.125	20.000	49.780	35.195	3.788
К4	17.2	33.07	0.37	0.0625	28	10.360	1.750	20.000	47.560	34.820	3.918
К5	17.2	33.07	0.0587	0.077	22	1.291	1.694	20.000	38.491	34.764	4.453

Струми однофазного короткого замикання:

$$I_{К1}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{сер.Н}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}}$$

де  $R_{1\Sigma}$ ,  $X_{1\Sigma}$  – результуючий активний та індуктивний опір прямої послідовності;

$R_{0\Sigma}$ ,  $X_{0\Sigma}$  – результуючий активний та індуктивний опір нульової послідовності.

Опір дуги у точці КЗ  $r_0$  приймається рівним 30 мОм.

Значення опорів нульової послідовності:

$$R_{0Л} = R_{фазн} + 3R_{нул}$$

$$X_{0Л} = X_{фазн} + 3X_{нул}$$

Опір нульової послідовності трансформатора [17]:

$$R_{0Т} = 96,5 \text{ мОм};$$

$$X_{0T} = 2234,9 \text{ мОм}$$

Струм КЗ у точці К1:

$$X_{\Sigma 0C} = X_{0T} + 3X_{Л1},$$

$$X_{\Sigma 0C} = 234,9 + 3 \cdot 5,87 = 252,51 \text{ мОм}.$$

$$R_{\Sigma 0C} = R_{0T} + 3R_{Л1},$$

$$X_{\Sigma 0C} = 234,9 + 3 \cdot 5,87 = 252,51.$$

$$R_{\Sigma 0C} = 96,5 + 3 \cdot 7,77 = 119,6 \text{ мОм}$$

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{(2 \cdot 17,2 + 119,6)^2 + (2 \cdot 33,07 + 252,51)^2}} = 2,862 \text{ кА}.$$

За аналогією з таблицею 3.3 складемо таблицю 3.4 для розрахунку струмів однофазного КЗ.

Таблиця 3.4 - Однофазний струм КЗ у характерних точках

Точка КЗ	$R_{\Sigma}$ мОм	$X_{\Sigma}$ мОм	$R_{num.КЛ}$ мОм/м	$X_{num.КЛ}$ мОм/м	$L_{КЛ}$ , м	$R_{Л}$ , мОм	$X_{Л}$ , мОм	$R_{доб}$ , мОм	$R_{\Sigma}$ , мОм	$X_{\Sigma}$ , мОм	$I_{к.з.}$ , кА
К2	119.6	252.51	1.11	0.1875	40	44.400	7.500	30.000	194.000	260.010	0.712
К3	119.6	252.51	1.11	0.1875	34	37.740	6.375	30.000	187.340	258.885	0.723
К4	119.6	252.51	1.11	0.1875	28	31.080	5.250	30.000	180.680	257.760	0.734
К5	119.6	252.51	0.1761	0.231	22	3.874	5.082	30.000	153.474	257.592	0.770

Перевіримо вимикачі, що захищають кабельні лінії напругою 0,4 кВ.

Перевірку проводитимемо за струмом КЗ (таблиця 3.5):

$$I_{к.з.} \leq I_{max.вим.}$$

де  $I_{max.вим.}$  – максимальна вимикаюча здатність вимикача

Вибрані автомати відповідають умові перевірки на здатність вимикання.

Проведемо перевірку чутливості автоматичних вимикачів на лініях до однофазних КЗ за умовою чутливості, що показано в таблиці 3.6 [17]:

$$\frac{I_{КЗ}^{(1)}}{I_{розч.ном}} \geq 3.$$

Таблиця 3.5 – Перевірка автоматів на вимикаючу здатність

Щит	Точка к.з.	$I_{к.з.}, кА$	Тип вимикача	$I_{вим.}, кА$	$I_{к.з.} \leq I_{мах.вим.}$
ВРП-5	К1	6.196	<i>ВА – 306 – 3P – 800</i>	50	вик.
ВРП-1	К2	3.666	<i>ВА – 303 – 3P – 160</i>	36	вик.
ВРП-2	К3	3.788	<i>ВА – 303 – 3P – 160</i>	36	вик.
ВРП-3	К4	3.918	<i>ВА – 303 – 3P – 160</i>	36	вик.
ВРП-4	К5	4.453	<i>ВА – 303 – 3P – 160</i>	36	вик.

Таблиця 3.6 – Перевірка чутливості автоматів до однофазних КЗ

Місце встановлення АВ	Номер точки КЗ	Тип вимикача	$I_{ном.}, А$	$I_{к.з.}, кА$	$I_{к.з.} \leq I_{розч.ном.}$
ВРП-5	К1	<i>ВА – 306 – 3P – 800</i>	800	2.862	3.58
ВРП -1	К2	<i>ВА – 303 – 3P – 160</i>	160	0.712	4.45
ВРП -2	К3	<i>ВА – 303 – 3P – 160</i>	160	0.723	4.52
ВРП -3	К4	<i>ВА – 303 – 3P – 160</i>	160	0.734	4.59
ВРП -4	К5	<i>ВА – 303 – 3P – 160</i>	160	0.770	4.81

Усі автомати з комбінованими розчіплювачами пройшли перевірку на чутливість.

### 3.2 Висновки до розділу 3

У ході проектування було обґрунтовано вибір ввідно-розподільчих пристроїв ВРП-630А та ВРП-160А, виходячи з умов відповідності їх допустимого струму розрахунковим навантаженням об'єкта, що для головного вводу становить 578.98А. Для автоматизації роботи котельного контуру та мережевих систем впроваджено п'ять шаф керування насосами «Техносенс» з номінальними струмами 63А та 250А, які дозволяють керувати групами від 3 до 5 насосних агрегатів залежно від потреб конкретного блоку котельні. Вибір щитків освітлення здійснено з урахуванням кількості приєднань, що забезпечує

надійне функціонування 20 ліній живлення. Розрахунковий аналіз режимів короткого замикання в точках К1–К5 підтвердив високу надійність обраної захисної апаратури. Перевірка автоматичних вимикачів за вимикаючою здатністю показала значний запас міцності щодо максимальних струмів трифазного КЗ, які не перевищують 6.196 кА. Крім того, розраховані значення однофазних струмів замикання на землю підтвердили належну чутливість комбінованих розчіплювачів, що гарантує безпечну експлуатацію електроустановок та своєчасне вимкнення пошкоджених ділянок мережі.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Дія електричного струму на організм людини, види електротравм

Число електротравм складає 0,5...1 % від загальної кількості травм на виробництві, але серед всіх травм із смертельним наслідком електротравми складають 20...40 %. Причому, в електроустановках з напругою менше 1000 В число нещасних випадків в 3 рази більше, ніж в електроустановках вище 1000 В. Із загальної кількості смертельних електротравм 60...85 % – це електротравми в електроустановках до 1000 В, а саме 127...380 В, які широко розповсюджені в техніці і побуті.

Дія електричного струму на організм людини має декілька особливостей:

- несподіваність ураження, яка пов'язана із відсутністю у людини органів чуття (рецепторів), за допомогою яких можна виявити напругу на відстані;
- можливість дистанційної дії, що проявляється в ураженні людини через електричну дугу, або крокову напругу;
- рефлексорна дія через центральну нервову систему, яка призводить до порушення роботи серця і легенів.

Електричний струм, проходячи через організм людини спричиняє термічну, електролітичну та біологічну дію.

*Термічна дія струму* полягає в нагріванні тканини, випаровуванні вологи із неї, що викликає опіки, обуглювання тканин та їх розриви парою. Тяжкість термічної дії струму залежить від величини струму, опору його проходженню та часу проходження.

*Електролітична дія струму* проявляється в електролізі крові та плазми, що призводить до зміни їхніх фізико-хімічних та біохімічних властивостей.

*Біологічна дія струму* проявляється у подразненні і збудженні тканин організму. Збудження тканин внаслідок прямої (контактною) дії струму може проявлятися у вигляді мимовільного, непередбачуваного скорочення м'язів. Непряма дія струму (рефлексорна) відбувається через центральну нервову

систему, до якої надходять імпульси від збуджених під дією електричного струму рецепторів. Центральна нервова система опрацьовує інформацію і надсилає відповідні імпульси до систем організму щодо нормалізації процесів життєдіяльності у відповідних тканинах та органах. Якщо кількість імпульсів, що надходить від збуджених рецепторів занадто велика настає перевантаження інформацією центральної нервової системи внаслідок чого вона може видавати недоцільну команду, що може призвести до серйозних порушень діяльності серця та легенів, навіть якщо ці органи і не знаходяться на шляху проходження струму.

Ураження електричним струмом поділяються на місцеві – *електричні травми* та загальні – *електричні удари*.

*Електричні травми* – це місцеві ураження, серед яких розрізняють: електричні опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, електрофтальмія, механічні пошкодження.

*Електричний опік* в залежності від умов виникнення може бути контактним і дуговим. Контактні струмові опіки мають місце в електроустановках напругою до 1000 В, вони виникають в місцях контакту людини із струмоведучими неізольованими елементами електроустановок. В місцях контакту виділяється значна кількість тепла за рахунок великої густини струму та підвищеного опору, який створює шкіра людини. Тяжкість ураження за таких умов залежить від величини струму, часу його дії та опору людини. Дугові опіки мають місце в установках, напругою більше 1000 В і, як правило, більш тяжкі (III або IV ступеня). В електроустановках напругою 6...10 кВ дугові опіки є результатом випадкових коротких замикань при виконанні робіт в електроустановках. Електрична дуга виникає між елементами електроустановки, тому струм через тіло людини в даному випадку не проходить і небезпека обумовлюється тепловою дією струму. При значеннях напруги більше 10 кВ електрична дуга виникає між струмоведучими елементами і тілом людини, таким чином, теплова дія дуги поєднується з проходженням струму через тіло людини.

*Електричні знаки* – це різко окреслені плями сірого або блідо-жовтого кольору на поверхні тіла людини в місці контакту з струмоведучими елементами. Зазвичай знаки мають круглу, овальну форму або форму струмоведучого елемента, до якого доторкнулась людина, розмірами до 10 мм з поглибленням у центрі, а іноді – форму мікроблискавки. Особливого болювого відчуття електричні знаки не спричиняють і з часом безслідно зникають.

*Металізація шкіри* – проникнення у верхні шари шкіри дрібних часток металу, який розплавився під дією електричної дуги. На ураженій ділянці тіла при цьому відчувається біль від опіку за рахунок тепла, занесеного в шкіру металом, і напруження шкіри від присутності в ній часток металу. В більшості випадків одночасно із металізацією шкіри мають місце дугові опіки.

*Електрофтальмія* – запалення поверхневих слизових оболонок очей в результаті дії ультрафіолетових променів, які утворюються електричною дугою. Електрофтальмія розвивається через 2 – 6 годин після опромінення і проявляється у формі почервоніння і запалення шкіри та слизових оболонок повік, слъозоточінні, гнійних виділеннях, світлоболях і світлобоязні. Тривалість захворювання 3...5 днів.

*Механічні ушкодження* спричиняються непередбачуваним судомним скороченням м'язів у результаті подразнювальної дії струму. В результаті таких судомних скорочень м'язів можливі розриви сухожиль, шкіри, кровоносних судин, нервових клітин, вивихи суглобів, переломи кісток.

*Загальні електричні травми або електричні удари* – це порушення діяльності життєво важливих органів або всього організму людини як наслідок збудження живих клітин організму електричним струмом, яке супроводжується судомним скороченням м'язів. При цьому зовнішні місцеві ушкодження можуть бути відсутні.

В залежності від наслідків *розрізняють 4 групи електричних ударів:*

I – судомні скорочення м'язів без втрати свідомості;

II – судомні скорочення м'язів із втратою свідомості, але без порушень дихання і кровообігу;

III – втрата свідомості з порушенням серцевої діяльності або дихання;

IV – клінічна смерть, тобто відсутність кровообігу і дихання.

*Клінічна смерть* – це перехідний стан від життя до смерті, який настає після зупинки серця. В стані клінічної смерті кровообіг та дихання відсутні, в організм людини кисень не постачається, але життєдіяльність клітин і організму в цілому ще деякий час підтримується за рахунок кисню, наявного в організмі на момент ураження. Період клінічної смерті визначається проміжком часу від зупинки серця до початку відмирання клітин головного мозку, як найбільш чутливих до кисневого голодування. В залежності від запасу кисню в організмі на момент зупинки кровообігу період клінічної смерті може бути від декількох до 10...12 хвилин. Якщо в стані клінічної смерті потерпілому своєчасно надати допомогу (штучне дихання, закритий масаж серця), то дихання і кровообіг можуть відновитися, або продовжиться період клінічної смерті до прибуття медичної допомоги.

*Біологічна смерть* – явище незворотне, в результаті чого розпадаються білкові клітини.

Причиною смерті внаслідок ураження електричним струмом може бути:

- опіки більше 2/3 поверхні шкіри або внутрішніх органів;
- порушення функції серця;
- порушення функції дихання;
- електричний шок.

Порушенням функції серця може бути його зупинка чи фібриляція – невпорядковані скорочення серця (окремих його волокон – фібрил). Фібриляція може перейти в нормальну роботу серця при застосуванні медпрепаратів або дефібриляторів, в іншому випадку серце гине через гіпоксію – недостатнє забезпечення живої тканини киснем.

Порушення функції дихання може починатись при струмі величиною 20 – 25 мА (50 Гц), а при більшій величині струму (декілька сотень мА) настає раптовий параліч дихання.

*Електричний шок* – особлива нервово-рефлекторна реакція організму у відповідь на сильне подразнення струмом, супроводжується небезпечним розладом обміну речовин, кровообігу тощо. Зовнішні прояви – біль, збудження, крик, страх. Може бути зупинка серця через декілька годин, днів – так звана “запізніла смерть”.

## **4.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок**

Засоби гасіння підбирають в залежності від технологічних умов об’єкта. Засобами гасіння пожеж є: вода і водяна пара, піна, інертні гази – азот і вуглекислота, пісок (земля) і шматки щільної тканини – повсть і азбест.

Щоб ліквідувати горіння треба: а) припинити виділення тілом, що горить, горючих газів і парів, ізолювавши їх середовищем, яке не підтримує горіння; б) охолодити це тіло нижче температури його спалаху або займання; в) видалити горючі тіла (речовини).

Під час роботи генераторів, електродвигунів, трансформаторів, випрямлячів, розподільних пристроїв тощо буває надмірне нагрівання ізоляції обмоток та інших елементів, що може призвести до пожежі. Іскріння та електричні дуги, що виникають під час аварій і вимикання струму, можуть стати причиною спалахування накопиченого пилу й горючих газів. Тому залежно від пожежної безпеки виробництва застосовується електроустаткування різних конструкцій, які перешкоджають виникненню пожежі.

Гасіння пожеж на електроустановках має свої особливості та порядок. Для цього потрібно:

- 1) відімкнути обладнання від мережі електропостачання;
- 2) виявити джерело загоряння;
- 3) при потребі викликати відповідні рятувальні служби (01);
- 4) евакуювати персонал у безпечне місце;
- 5) локалізувати та ліквідувати, по можливості, загоряння;

б) обмежити доступ персоналу до місця загоряння.

Гасіння слід проводити засобами, що не є провідниками. Найкраще використовувати такі речовини для гасіння на електроустановках: інертні гази – вуглекислота та азот, при гасінні якими відбувається зниження процентного вмісту кисню в повітрі, внаслідок чого уже при 12-15% вуглекислого газу в ньому горіння припиняється; гасіння піском або землею для ізолювання місць горіння та струмоведучих частин. Тобто виключене гасіння пожеж на електроустановках речовинами, які мають хоча б мінімальну провідність (вода, водяна пара).

Кожен цех повинен забезпечуватися первинними засобами пожежогасіння враховуючи специфіку виробництва та обладнання, що використовується, та небезпеку, яку вони можуть нести. Інженер з техніки безпеки повинен слідкувати за виконанням вимог і правил пожежної безпеки та наявністю усіх первинних засобів пожежогасіння.

Кожному способу припинення горіння відповідає конкретний вид вогнегасних засобів, які можна поділити на:

- охолоджуючі (вода, водні розчини, снігоподібна вуглекислота та інші);
- розбавляючі (вуглекислий газ, водяна пара, інертні гази та інші);
- ізолюючі (хімічна та повітряно-механічна піна, вогнегасні порошки, пісок та інші);
- засоби хімічного гальмування горіння (брометил, хладон, склад 3,5 та інші).

До первинних засобів гасіння пожежі відносяться: вогнегасники - переносні (не більше 20 кг) вогнегасники (типу ВВП-10; ВВ-2; ВП-2; ВАХ-5) та пересувні (не більше 450 кг), інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском (об'ємом не менше 0,5 м<sup>3</sup>), бочки з водою, пожежні відра (об'ємом не менше 0,08 м<sup>3</sup>), совкові лопати та пожежний інструмент (гаки, ломи, багор, сокири тощо, пожежний щит – фарбується у білий колір з червоною кайомкою).

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено комплексний проєкт електропостачання та електроосвітлення блочно-модульної газової котельні з урахуванням вимог чинної нормативної бази та категорії надійності електропостачання.

Проведений розрахунок електричних навантажень дозволив визначити структуру та параметри системи електропостачання. Встановлено, що загальна потужність об'єкта становить 326,8 кВт, а найбільше навантаження формують мережеві насоси потужністю 25 кВт.

Вибір ввідно-розподільчих пристроїв, кабельно-провідникової продукції та захисної апаратури здійснено з урахуванням допустимих струмів, втрат напруги, пускових режимів та вимог селективності. Перевірка на дію струмів короткого замикання підтвердила відповідність обраного обладнання умовам надійної експлуатації.

Світлотехнічний розрахунок забезпечив досягнення нормативних рівнів освітленості виробничих приміщень котельні. Обрано світильники з відповідним ступенем захисту та вибухобезпечним виконанням, що відповідає специфіці газового середовища.

Запропоновані технічні рішення забезпечують необхідний рівень електробезпеки, пожежної безпеки та експлуатаційної надійності об'єкта. Передбачені системи заземлення, зрівнювання потенціалів і блискавкозахисту відповідають вимогам ПУЕ.

Розроблений проєкт має практичну цінність та може бути використаний при проєктуванні, модернізації або реконструкції аналогічних об'єктів теплопостачання.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про енергетичну ефективність» від 21.10.2021 № 1818-IX // Відомості Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/1818-20> (дата звернення: 27.01.2026). \*(для загальних вимог до енергоефективності).
2. Про затвердження Правил улаштування електроустановок : Наказ Міненерговугілля України від 21.07.2017 № 476 // База даних «Законодавство України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0476732-17> (дата звернення: 27.01.2026).
3. Державні будівельні норми України. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. ДБН В.2.5-23:2010. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010.
4. Державні будівельні норми України. Природне і штучне освітлення. ДБН В.2.5-28:2006 (зі змінами). Київ : Мінрегіонбуд України.
5. Державні будівельні норми України. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках. ДБН В.2.5-27:2006. Київ : ДП «НДІБК».
6. Державні будівельні норми України. Котельні. ДБН В.2.5-77:2014. Київ : Мінрегіонбуд України.
7. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2018. [Чинні з 2019-03-01] / Мін-регіон України. К. : Укрархбудінформ, 2018. 137 с. (Державні будівельні норми України).
8. <https://vatra.ua/ukr/industrial-lighting/dpp07v-VATRA>
9. <https://vatra.ua/ukr/ex-lighting/dsp19uex-VATRA>
10. Назаренко Л. А. Світлотехнічні розрахунки: навч. посібник / Л. А. Назаренко, Т. В. Можаровська, В. С. Чернець ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 142 с.
11. Системи електропостачання: розрахункова робота [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. С. Ярмолюк, В. А. Попов, В. В. Ткаченко, Г. С. Белоха. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,31 Мбайт) – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 78 с. – Назва з екрана.

12. Лук'яненко Ю. В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні : Навч. посіб. / Ю. В. Лук'яненко, Ж. І. Остапчук, В. В. Кулик; Вінниц. держ. техн. ун-т. - Вінниця, 2002. - 111 с. 77 23

13. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.

14. Ввідно-розподільчий пристрій ВРП-630А Install Group (Україна). ECshop. URL: [https://ecshop.com.ua/ua/p139598-vvodno-raspreditelnoe\\_ustroystvo\\_vru-630a?srsId=AfmBOopIXJODyhLVRaXRN0kgaECtibl6Gr3CQEA4ZSq33qSVaqXQJw6](https://ecshop.com.ua/ua/p139598-vvodno-raspreditelnoe_ustroystvo_vru-630a?srsId=AfmBOopIXJODyhLVRaXRN0kgaECtibl6Gr3CQEA4ZSq33qSVaqXQJw6) (дата звернення: 16.04.2026).

15. Ввідно-розподільчий пристрій ВРП-160А Install Group (Україна). ECshop. URL: [https://ecshop.com.ua/ua/p139595-vvodno-raspreditelnoe\\_ustroystvo\\_vru-160a](https://ecshop.com.ua/ua/p139595-vvodno-raspreditelnoe_ustroystvo_vru-160a) (дата звернення: 16.04.2026).

16. Шафи керування та промислова автоматизація під ключ. Шафи керування Техносенс. URL: <https://technosens.org.ua/> (дата звернення: 17.04.2026).

17. Н.В. Букович, Г.М. Лисяк Розрахунок струмів коротких замикань: навчальний посібник – Львів: Ви-во Львівської політехніки, 2018. – 236 с.

18. Бабюк, С. М., Пліс, В.Я. (2020). Шляхи підвищення енергоефективності систем електропостачання. Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 82-83.

19. Долішній Т. І., Бабюк С. М. Шляхи підвищення надійності розподільчих електричних мереж // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, Тернопіль, 11-12 грудня 2024 року. 2024. С. 263–264.

20. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.

21. ДСТУ EN 60947-6-1:2015 Пристрої комплектні розподільчі низьковольтні. Частина 6-1. Багатофункційне обладнання. Перемикальне комутаційне обладнання (EN 60947-6-1:2005, IDT). Зі зміною № 1 (EN 60947-6-1:2005/A1:2014, IDT). БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=74384](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=74384) (дата звернення: 14.03.2025).

22. Algorithms for automatic of metrological characteristics of transducers / Serhiy Babiuk, Ivan Sysak, Oleh Buniak, Yaroslav Osadtsa // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2022. — Vol 107. — No 3. — P. 67–75.

23. Vakulenko, O., Sysak, I., Babiuk, S., & Bunko, V. (2021, December). Features of the enameled wires insulation diagnosing by voltage. In Proceedings of the International Conference „Advanced applied energy and information technologies 2021”, 2021 (pp. 27-32). TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk “» LLC.

24. Bohdan Orobchuk, Ivan Sysak, Oleh Buniak, Serhii Babiuk, Vadym Koval (2023) Development of the reactive power compensation laboratory bench and its integration into the training simulator of dispatch control system. The 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2023 (ІТТАР 2023).

25. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.

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