

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Система електропостачання закладу громадського харчування

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТзс-41
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

	<hr/>	Лобач А.А. (прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/> (підпис)	Костик Л.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/> (підпис)	Мовчан Л.Т. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/> (підпис)	Коваль В.П. (прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/> (підпис)	<hr/> (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)

«__» _____ 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 Лобач Альона Анатоліївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система електропостачання закладу громадського харчування

Керівник роботи Костик Любов Миколаївна, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «04» травня 2026 року № 4/9-213

2. Термін подання студентом завершеної роботи червень 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Відомості про електричні навантаження

План приміщень

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

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

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

1. Презентація

2.

3.

4.

5.

6.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Гурик О.Я., к.т.н., доцент кафедри МТ		
Нормоконтроль	Мовчан Л.Т., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ		
2	Аналітичний розділ		
3	Проектно-конструкторський розділ		
4	Розрахунковий розділ		
5	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці		
6	Загальні висновки		
7	Оформлення пояснювальної записки		
8	Оформлення графічної частини		

Студент _____
(підпис)

Лобач А.А. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Костик Л.М. _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

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

Стор. 66; рис. 9; табл. 8; креслень -; джерел 25; додатків 0.

Робота бакалавра виконана згідно завдання на тему: «Система електропостачання закладу громадського харчування».

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та обґрунтування ефективної, надійної та економічно доцільної системи електропостачання закладу громадського харчування, яка забезпечує безперервне електроживлення технологічного обладнання, відповідає чинним нормативним вимогам, враховує особливості електричних навантажень об'єкта та передбачає застосування сучасних технічних рішень, зокрема засобів захисту, автоматизації та резервного живлення.

Обґрунтовано вибір схеми електропостачання. Встановлено, що для об'єкта, який відноситься до III категорії надійності, доцільним є застосування радіальної схеми живлення від трансформаторної підстанції з використанням одного ввідного кабелю. Виконано розрахунок освітлювального навантаження із застосуванням методу коефіцієнта використання світлового потоку. Проведено розрахунок електричних навантажень із використанням коефіцієнтів попиту. У результаті проведених розрахунків встановлено, що існуючий силовий трансформатор типу ТМЗ-250/10 потужністю 250 кВА забезпечує надійне живлення об'єкта навіть після збільшення навантаження. Проведено вибір перерізів кабельних ліній для живлення та розподілу електроенергії. У ході розрахунку струмів короткого замикання визначено їх значення для різних точок системи.

Ключові слова: заклад громадського харчування, навантаження, система електропостачання, споживачі.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Аналіз вихідних даних на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра.....	8
1.1.1 Коротка характеристика ресторану.....	8
1.2 Вимоги до систем та схем електропостачання підприємств громадського харчування.....	14
1.3 III-тя категорія по надійності електропостачання.....	16
1.4. Радіальна розподільча мережа.....	18
1.5. Постановка задач.....	19
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Вибір та обґрунтування схеми електропостачання ресторану.....	21
2.2 Розрахунок освітлювального навантаження ресторану.....	23
2.3 Визначення розрахункових електричних навантажень.....	29
2.4 Висновки до Розділу 2.....	33
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	35
3.1 Розрахунок і вибір силового трансформатора мережі ресторану..	35
3.2 Вибір перерізу кабелів системи електропостачання ресторану....	36
3.3 Розрахунок струмів короткого замикання у системі електропостачання ресторану.....	40
3.4 Розрахунок та вибір апаратів захисту системи електропостачання ресторану.....	49
3.5 Висновки до Розділу 3.....	52
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	54
4.1 Вплив фізичних факторів (температура, вологість, шум, освітлення, електромагнітні поля) на працівників закладу громадського харчування.....	54

4.2 Основні причини ураження електричним струмом та заходи захисту від електротравм у закладах громадського харчування.....	56
4.3 Вимоги до евакуації персоналу та відвідувачів у разі надзвичайних ситуацій у закладах громадського харчування.....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах розвитку енергетичної інфраструктури та зростання вимог до якості і безперебійності електропостачання особливої актуальності набуває проєктування ефективних систем електропостачання закладів громадського харчування. Такі об'єкти характеризуються значною питомою електричною потужністю, нерівномірністю графіків навантаження, наявністю великої кількості енергомісткого обладнання (теплового, холодильного, вентиляційного), а також високими вимогами до надійності електропостачання та безпеки експлуатації.

В умовах можливих перебоїв у електропостачанні, зокрема під час аварійних відключень або блекаутів, забезпечення стабільної роботи закладів громадського харчування стає критично важливим як з економічної, так і з соціальної точки зору. Перерви в електропостачанні можуть призводити до псування продукції, зупинки технологічних процесів, фінансових втрат та зниження рівня обслуговування споживачів.

Крім того, актуальність теми підсилюється необхідністю впровадження енергоефективних технологій, сучасних систем автоматизації та резервних джерел живлення, що дозволяють оптимізувати споживання електроенергії, зменшити експлуатаційні витрати та підвищити надійність роботи електроустановок. Таким чином, розробка раціональної системи електропостачання закладу громадського харчування є важливим інженерним завданням, що відповідає сучасним вимогам енергозбереження та безпеки.

Тому, розробка системи електропостачання закладу громадського харчування є актуальною задачею.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та обґрунтування ефективної, надійної та економічно доцільної системи електропостачання закладу громадського харчування, яка забезпечує безперебійне електроживлення технологічного обладнання, відповідає чинним нормативним вимогам, враховує

особливості електричних навантажень об'єкта та передбачає застосування сучасних технічних рішень, зокрема засобів захисту, автоматизації та резервного живлення.

Завдання:

1. Обґрунтувати вибір схеми електропостачання ресторану з урахуванням категорії надійності електропостачання та визначити оптимальну структуру розподілу електроенергії із застосуванням сучасних засобів захисту та системи заземлення.

2. Виконати розрахунок освітлювального навантаження приміщень об'єкта із застосуванням методу коефіцієнта використання світлового потоку та визначити необхідну кількість і тип світильників з урахуванням нормативних вимог, а також передбачити систему аварійного освітлення.

3. Провести розрахунок електричних навантажень ресторану із використанням коефіцієнтів попиту, визначити активні, реактивні та повні потужності, а також розрахункові струми для окремих електроприймачів і об'єкта в цілому.

4. Оцінити відповідність існуючого силового трансформатора розрахунковим навантаженням та визначити доцільність його подальшої експлуатації без заміни.

5. Виконати вибір перерізів кабельних ліній з урахуванням допустимих струмових навантажень, умов прокладання, довжини ліній та вимог нормативних документів.

6. Провести розрахунок струмів короткого замикання для різних точок електричної мережі з метою оцінки термічної та електродинамічної стійкості її елементів.

7. Здійснити вибір захисної апаратури (автоматичних вимикачів) на основі розрахованих струмів навантаження та короткого замикання з забезпеченням необхідної чутливості, селективності та надійності захисту.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз вихідних даних на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

1.1.1 Коротка характеристика ресторану

Ресторан відноситься до об'єктів ресторанного бізнесу мережі швидкого харчування.

Відомо, що основні цілі та завдання ресторану швидкого харчування можуть змінюватись в залежності від його бізнес-моделі, місцезнаходження та конкурентного середовища.

Загалом, основні цілі та завдання ресторану швидкого харчування можуть бути сформульовані наступним чином:

- надання швидкого та якісного харчування для своїх клієнтів. Ресторан швидкого харчування повинен забезпечувати швидку подачу замовлень та якісну продукцію, щоб задовольнити потреби своїх клієнтів;

- мінімізація витрат та максимізація прибутку. Ресторан швидкого харчування має прагнути до зниження витрат на продукцію та обслуговування клієнтів, а також до максимізації прибутку;

- залучення нових клієнтів та утримання старих. Ресторан швидкого харчування має розробити ефективну маркетингову стратегію, щоб залучити нових клієнтів та утримувати старих;

- розвиток бренду. Ресторан швидкого харчування має розвивати свій бренд та створювати унікальний імідж, щоб виділитися на тлі конкурентів;

- забезпечення безпеки та якості продукції. Ресторан швидкого харчування повинен дотримуватись усіх стандартів якості та безпеки при приготуванні та зберіганні продукції, щоб захистити здоров'я своїх клієнтів;

- оптимізація виробничих процесів. Ресторан швидкого харчування має оптимізувати виробничі процеси, щоб покращити якість обслуговування, знизити витрати на продукцію та покращити прибутковість.

Таким чином, загалом, основна мета ресторанів швидкого харчування – забезпечення швидкого та якісного харчування для своїх клієнтів та максимізація прибутку. Для досягнення цієї мети ресторани повинні вирішувати безліч завдань, пов'язаних із керуванням виробничими процесами, маркетингом, управлінням персоналом та забезпеченням якості продукції.

Ресторан швидкого харчування пропонує різноманітне меню, що включає популярні страви, такі як бургери, картопля фрі, морозиво і напої. Для дітей є спеціальне дитяче меню, а також особливе меню зі сніданками. Клієнти можуть вибирати як окремі страви, так і набори, що включають бургер, нагетси або креветки, картопля та напій. Бургери можуть бути приготовлені з яловичою, курячою чи рибною котлетою.

Розглянутий у кваліфікаційній роботі бакалавра ресторан швидкого харчування знаходиться в одноповерховому приміщенні, в якому розташоване основне виробниче обладнання, а також приміщення для обслуговування клієнтів та допоміжні приміщення, а саме: зал обслуговування клієнтів (гостьовий зал), касовий зал, гарячий цех, холодний цех, мийна столової посуду, м'ясний цех, овочевий цех, загрузочна, санітарний вузол, зал для VIP-клієнтів, два холи, барна стійка, видача готових страв.

Площа приміщень першого поверху, які будуть використані для створення ресторану, що проектується, дорівнює 330 квадратним метрам. Розміри приміщень становлять 16,5 метрів завдовжки та 20 метрів завширшки.

У зв'язку з виробничою необхідністю, а також з метою забезпечення зручності працівників ресторану планується прибудувати ділянку на другому поверсі, яка займатиме частково другий поверх. У цю нову будівлю входитимуть такі приміщення: роздягальня, офіс, склад, духова, санітарний вузол.

Загальна площа нових приміщень другого поверху ресторану швидкого харчування складає 42 м² (сумарна довжина становить 6 м, ширина – 7 м).

Таким чином, сумарна площа ресторану з урахуванням введення в експлуатацію нових приміщень становитиме 372 м².

В результаті вирішення цього питання будуть забезпечені та значно покращені зручності для працівників, а також адміністративного персоналу ресторану.

Саме цей аспект зумовлює реконструкцію об'єкта, оскільки електрообладнання та електричні мережі нових приміщень проєктованого другого поверху ресторану необхідно підключити до існуючої мережі даного ресторану, отже, необхідно внести зміни до існуючої схеми електричних з'єднань об'єкта проєктування.

Далі у роботі проводиться опис об'єкта проєктування, а також розрахунки та вибір технічних рішень з урахуванням нових приміщень другого поверху ресторану.

Згідно з умовами довкілля, приміщення, які будуть використані для створення ресторану, що проєктується, можуть бути розділені на дві категорії.

На першому поверсі розташовані сухі опалювальні приміщення з нормальним середовищем, такі як зал обслуговування клієнтів, касовий зал, зал для VIP-клієнтів, холи, барна стійка та видача готових страв. На другому поверсі розташовані роздягальня, офіс та склад. Крім того, приміщення на першому поверсі відносяться до опалюваних приміщень з підвищеною вологістю, обумовленої необхідною технологією та характером робіт на об'єкті. Ці приміщення включають гарячий цех, холодний цех, котломийну, мийну столової посуду, м'ясний цех, овочевий цех, завантажувальну і санітарний вузол. На другому поверсі розташовані душова та санітарний вузол.

План розташування вказаних приміщень ресторану з урахуванням нових об'єктів представлений на рис. 1.1.

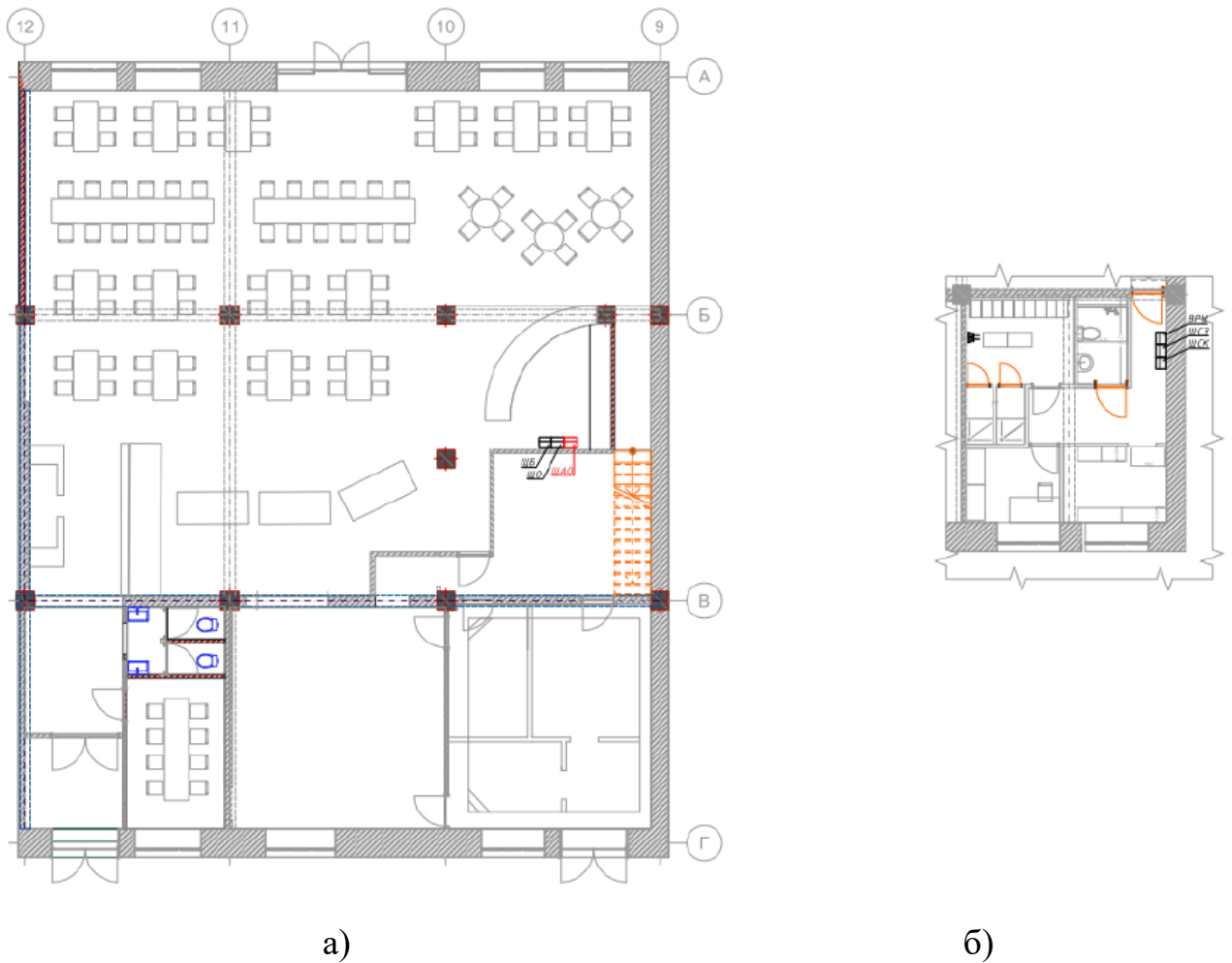


Рисунок 1.1 – План розташування приміщень ресторану швидкого харчування:

а) план першого поверху; б) план ділянки другого поверху

Під час проектування системи електропостачання ресторану враховуються технічні умови, завдання на проектування.

Основні групи споживачів електричної енергії в проектованому ресторані включають основне технологічне обладнання, яке використовується у виробничих приміщеннях, технологічне обладнання, необхідне для власних потреб (вентиляція, пожежна сигналізація, водопостачання, тепlopостачання тощо), а також освітлювальні прилади для систем робочого та аварійного освітлення ресторану.

Характеристика споживачів ресторану швидкого харчування наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика споживачів електроенергії (основного електрообладнання) ресторану швидкого харчування з урахуванням нових об'єктів другого поверху.

Номер обладнання, за планом	Найменування споживача електроенергії (основного електроустаткування)	$P_{\text{ест.}}$, кВт	$K - \text{сть}$, шт.	P_{Σ} , кВт
1.	Система автоматичної пожежної сигналізації	1.0	1,0	1.0
2.	Відеоспостереження	0.5	1,0	0.5
3.	Локальна мережа	0.5	1,0	0.5
4.	Теплові завіси	4.0	3,0	12.0
5.	Нагрівачі	30.0	2,0	60.0
6.	Вентиляційні системи	7.5	1,0	7.5
7.	Кондиціонери	4.72	2,0	9.44
8.	Барне обладнання	11.5	1,0	11.5
9.	Розеткові мережі гостьової зали	6.5	1,0	6.5
10.	Бойлер	3.0	1,0	3.0
11.	Сушка для рушників	2.0	1,0	2.0
12.	Касове обладнання	2.0	6,0	12.0
13.	Холодильна камера	1.5	2,0	3.0
14.	Посудомийка	10.75	1,0	10.75
15.	Плита	12.5	2,0	25.0
16.	Гриль	4.5	1,0	4.5
17.	Пароконвектомат	12.5	1,0	12.5
18.	Шафа розстійна	2.53	1,0	2.53
19.	Розетки у зоні видачі страв	2.0	2,0	4.0
20.	Розетки другого поверху	2.0	5,0	10.0
21.	Обладнання кухні	2.0	7,0	14.0
22.	Робоче освітлення	2.92	1,0	2.92
23.	Аварійне освітлення	0.35	1,0	0.35
Всього по ресторану		-	-	215.5

План розташування споживачів електроенергії (основного електрообладнання) ресторану швидкого харчування, характеристика яких наведена в таблиці 1.1, з урахуванням електрообладнання нових приміщень другого поверху, наведено на рисунку 1.2.

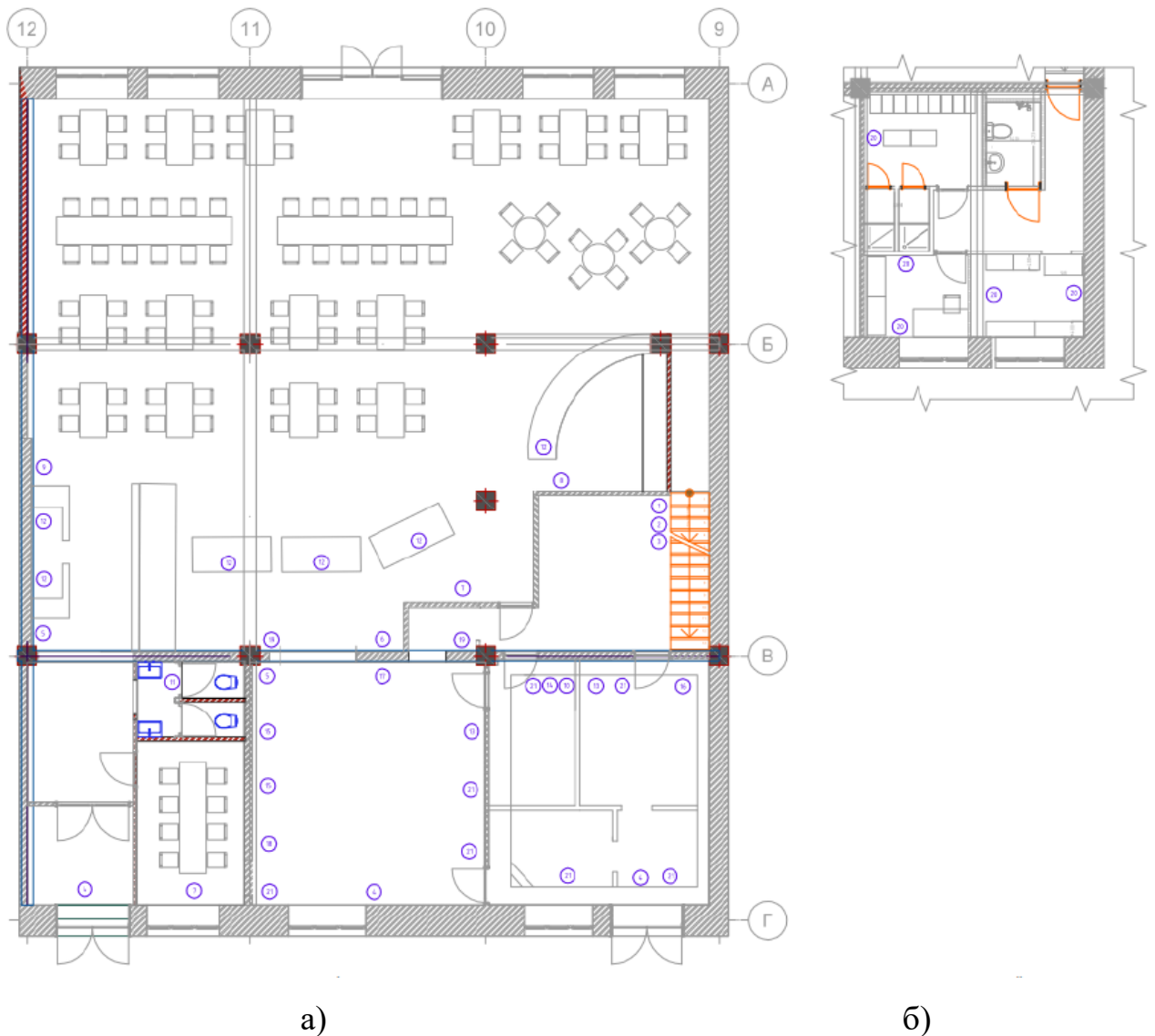


Рисунок 1.2 – План розташування споживачів електроенергії (основного електрообладнання) ресторану швидкого харчування:

а) план першого поверху; б) план ділянки другого поверху.

На підставі технічних характеристик обладнання та приміщень ресторану, з урахуванням введення в експлуатацію додаткового обладнання другого поверху об'єкту, вирішуються поставлені завдання.

1.2 Вимоги до систем та схем електропостачання підприємств громадського харчування

Далі в роботі для досягнення поставленої мети потрібно привести основні вимоги до систем електропостачання підприємств громадського харчування, до яких відноситься ресторан швидкого харчування.

Основними вимогами до систем електропостачання підприємств комунального харчування є [1]:

- безпека: система має бути безпечною для персоналу та відвідувачів ресторану. Це включає правильне заземлення, використання апаратури захисту від короткого замикання, а також дотримання всіх норм і вимог, встановлених відповідними нормативно-правовими документами;

- надійність: система електропостачання повинна забезпечувати безперебійну і надійну роботу обладнання, щоб уникнути простоїв та збоїв у роботі ресторану;

- ефективність: система має бути ефективною та економічною, щоб знизити витрати на електроенергію та обслуговування обладнання;

- гнучкість: система повинна бути гнучкою і адаптивною, щоб задовольняти потреби ресторану, що змінюються, і забезпечувати можливість розширення в майбутньому;

- відповідність нормам і стандартам: система повинна відповідати всім нормам та стандартам, встановленим відповідними органами державного контролю та нагляду;

- простота експлуатації: система має бути простою в експлуатації та обслуговуванні, щоб мінімізувати витрати на обслуговування та ремонт;

- зручність використання: система має бути зручною у використанні для персоналу ресторану, щоб забезпечити швидке та ефективне обслуговування клієнтів.

Схеми для електропостачання підприємств громадського харчування можуть бути різними, залежно від специфіки ресторану та вимог до системи електропостачання.

Деякі з найбільш поширених схем електропостачання підприємств громадського харчування включають такі типи, перераховані нижче [2, 3]:

- однофазна схема: у цій схемі використовується одна фаза змінного струму. Вона може бути використана для маленьких ресторанів, які не мають великої кількості електроприладів і споживають невелику кількість електроенергії;

- трифазна схема: у цій схемі використовуються три фази змінного струму. Вона найбільше підходить для середніх і великих ресторанів, які використовують багато електроприладів і споживають велику кількість електроенергії;

- змішана схема: у цій схемі використовуються як однофазні, так і трифазні кола. Ця схема може бути застосована в ресторанах, де деякі обладнання працюють на однофазному струмі, інші на трифазному струмі;

- автономна схема: у цій схемі використовується генератор, який забезпечує електроенергією ресторан при відключенні центрального електропостачання. Така схема може бути застосована в ресторанах, що знаходяться у віддалених місцях або на теренах з нестабільною електромережею. Це є досить непоганий варіант для України у періоди блекаутів.

Вибір конкретної схеми залежить від потреб ресторану та вимог, встановлених нормативно-правовими документами.

Схеми електропостачання підприємств громадського харчування повинні відповідати певним вимогам та стандартам, щоб забезпечити безпеку та надійність роботи обладнання та персоналу.

Основні вимоги до схем електропостачання підприємств комунального харчування полягають у наступному [1-3]:

- надійність джерел електропостачання: підприємства громадського харчування повинні мати надійні джерела електропостачання, які забезпечують стабільне та якісне живлення всьому устаткуванню та системам;

- резервне електропостачання: у випадку, якщо об'єкт відноситься до I або II категорії надійності, потрібна наявність автоматичного резервного джерела живлення, такого як дизель-генератор або батареї, які можуть забезпечити безперервність роботи у разі аварійного відключення основного електропостачання;

- захист від перевантажень та коротких замикань: схеми електропостачання повинні бути оснащені захисними пристроями, такими як запобіжники, автоматичні вимикачі та диференціальні реле, які запобігають пошкодженню обладнання та небезпечним ситуаціям для персоналу;

- розділення ліній живлення: лінії електропостачання повинні бути розділені на різні групи залежно від типу обладнання та навантаження. Це дозволить зменшити вплив перевантажень та перешкод на роботу обладнання;

- заземлення та врівноважування потенціалів: усі металеві конструкції та обладнання повинні бути правильно заземлені та врівноважені для запобігання ураженню електричним струмом.

Усі наведені вимоги є обов'язковими до виконання при проектуванні та реконструкції систем електропостачання підприємств громадського харчування.

1.3 III-тя категорія по надійності електропостачання

III категорія надійності електропостачання охоплює споживачів, для яких допускаються перерви в подачі електричної енергії на час, необхідний для ліквідації аварійної ситуації або виконання ремонтно-відновлювальних робіт. Тривалість такої перерви, як правило, може становити до 24 годин і визначається технічними можливостями енергопостачальної організації та складністю пошкодження мережі. Відключення електроенергії для цієї категорії споживачів не призводить до загрози життю чи здоров'ю людей, не викликає значних економічних збитків і не спричиняє критичних порушень виробничих або технологічних процесів [1-4].

Електропостачання споживачів III категорії зазвичай здійснюється від одного незалежного джерела живлення без обов'язкового резервування. Схеми електропостачання є відносно простими, що дозволяє зменшити капітальні витрати на будівництво та експлуатацію електричних мереж. У разі виникнення аварії відновлення живлення виконується оперативним або ремонтним персоналом, часто з використанням ручних перемикань або після усунення несправностей у мережі.

До споживачів III категорії належать житлові будинки (особливо ті, що не обладнані ліфтами або системами протипожежного захисту, які потребують безперервного живлення), індивідуальні господарства, невеликі адміністративні та офісні приміщення, торгові точки, склади, а також допоміжні та підсобні об'єкти. Для таких споживачів перерва в електропостачанні є небажаною, але допустимою з технічної та економічної точок зору.

Таким чином, III категорія надійності характеризується мінімальними вимогами до безперервності електропостачання, відсутністю обов'язкового резервного живлення та можливістю тривалих перерв у подачі електроенергії, що робить її найбільш поширеною серед побутових та малопотужних споживачів.

На рисунку 1.3 показано схему підключення споживачів III-тньої категорії по надійності електропостачання [6].

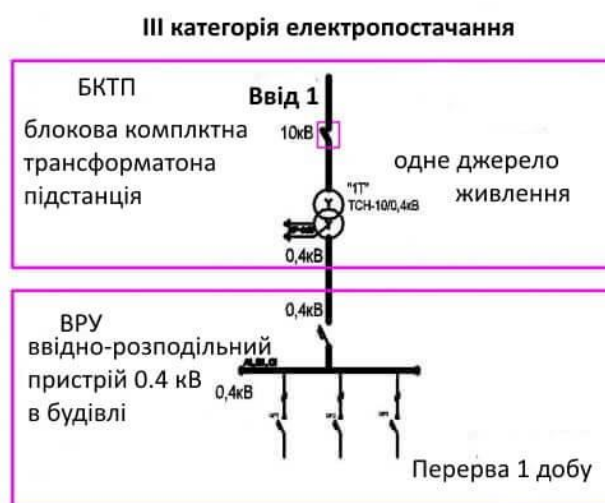


Рисунок 1.3 - Схема підключення споживачів III-тньої категорії по надійності електропостачання

1.4. Радіальна розподільча мережа

Радіальна розподільча мережа — це схема електропостачання, при якій електрична енергія подається до споживачів від джерела живлення по окремих лініях, що не мають замкнених контурів і розгалужуються за принципом «від центру до периферії».

У такій мережі кожен споживач або група споживачів отримує живлення по одній лінії від підстанції, причому живлення здійснюється в одному напрямку — від джерела до навантаження. У разі пошкодження будь-якої ділянки лінії всі споживачі, що знаходяться за місцем аварії, повністю знеструмлюються до моменту усунення несправності [4].

Основною перевагою радіальної мережі є її простота, наочність та відносно низька вартість побудови й експлуатації. Такі мережі легко проектувати, обслуговувати та захищати, оскільки струми короткого замикання мають чітко визначений напрямок, що спрощує налаштування релейного захисту.

Водночас радіальні мережі мають суттєвий недолік — низьку надійність електропостачання, оскільки відсутнє резервування. Будь-яке пошкодження лінії або обладнання призводить до перерви в електропостачанні значної кількості споживачів. Саме тому такі мережі найчастіше застосовуються для споживачів III категорії надійності або там, де допустимі перерви в електропостачанні.

Радіальні розподільчі мережі широко використовуються в сільських електромережах, для живлення житлових районів, невеликих підприємств, складів та інших об'єктів із невисокими вимогами до безперебійності електропостачання. Таким чином, вони є економічно доцільним рішенням у випадках, коли пріоритетом є простота і дешевизна, а не висока надійність.

На рисунку 1.4 показана однолінійна схема радіальної розподільчої мережі [4].

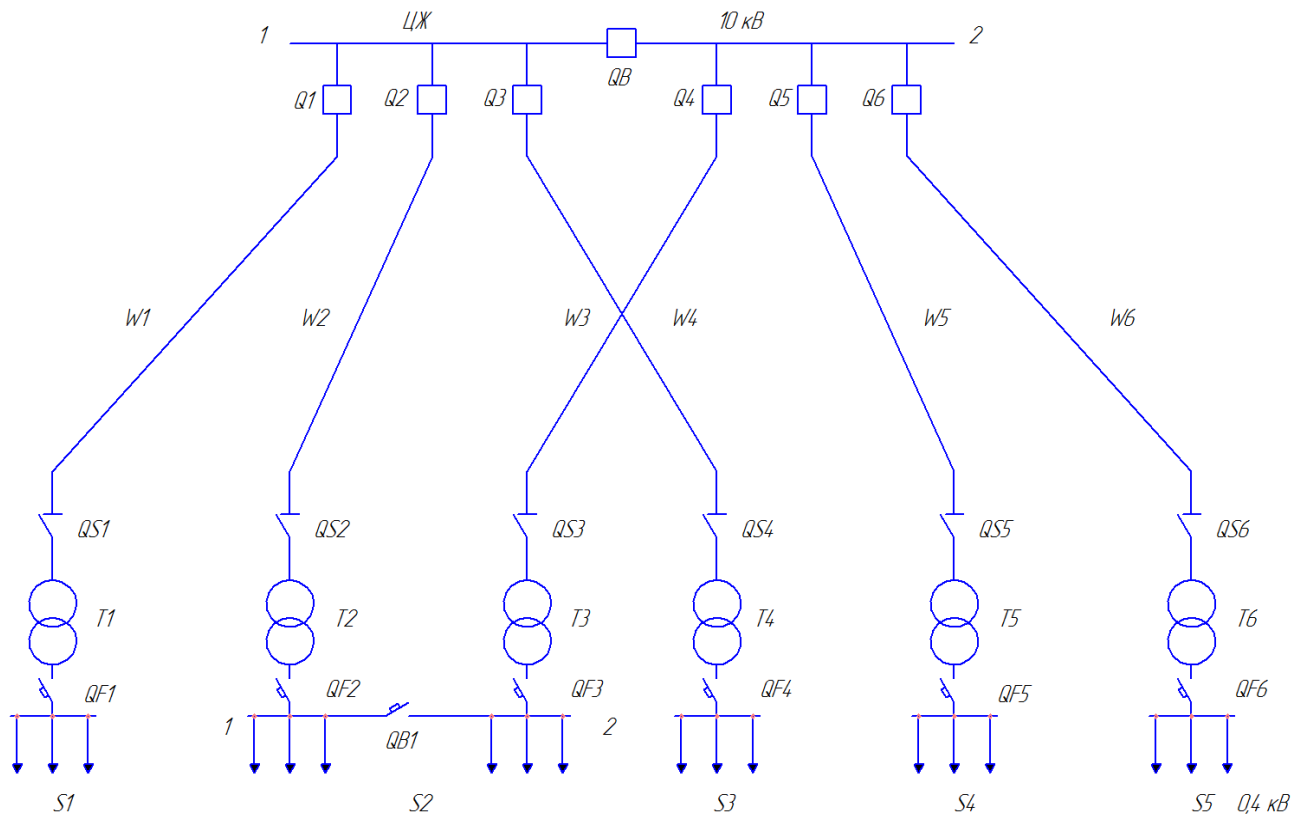


Рисунок 1.4 - Однолінійна схема радіальної розподільчої мережі.

1.5. Постановка завдань

1. Обґрунтувати вибір схеми електропостачання ресторану з урахуванням категорії надійності електропостачання та визначити оптимальну структуру розподілу електроенергії із застосуванням сучасних засобів захисту та системи заземлення.

2. Виконати розрахунок освітлювального навантаження приміщень об'єкта із застосуванням методу коефіцієнта використання світлового потоку та визначити необхідну кількість і тип світильників з урахуванням нормативних вимог, а також передбачити систему аварійного освітлення.

3. Провести розрахунок електричних навантажень ресторану із використанням коефіцієнтів попиту, визначити активні, реактивні та повні потужності, а також розрахункові струми для окремих електроприймачів і об'єкта в цілому.

4. Оцінити відповідність існуючого силового трансформатора розрахунковим навантаженням та визначити доцільність його подальшої експлуатації без заміни.

5. Виконати вибір перерізів кабельних ліній з урахуванням допустимих струмових навантажень, умов прокладання, довжини ліній та вимог нормативних документів.

6. Провести розрахунок струмів короткого замикання для різних точок електричної мережі з метою оцінки термічної та електродинамічної стійкості її елементів.

7. Здійснити вибір захисної апаратури (автоматичних вимикачів) на основі розрахованих струмів навантаження та короткого замикання з забезпеченням необхідної чутливості, селективності та надійності захисту.

2 РОЗРАХУНОК РОЗДІЛ

2.1 Вибір та обґрунтування схеми електропостачання ресторану

Система електропостачання ресторану, що розглядається в кваліфікаційній роботі бакалавра, відноситься до III категорії по надійності електропостачання.

Відповідно до електропостачання ресторану, яке регулюється договором з мережею 220/380 В головного розподільного щита (ГРЩ), використовується один силовий кабель марки ВВГнг-LS з вибраним і перевіреном у подальшій роботі перерізом, так як ресторан відноситься до об'єктів середньої потужності III категорії надійності відповідно до вимог [1].

На об'єкті є ввідний розподільний пристрій (ВРП), який отримує живлення на напрузі 0,38/0,22 кВ від трансформаторної підстанції енергосистеми за радіальною схемою.

Кабель марки ВВГнг-LS використовується для живлення розподільної мережі від ВРП.

У системі електропостачання ресторану швидкого харчування, що реконструюється, розташовані наступні розподільні щити відповідно до вимог технологічного процесу ресторану, які отримують живлення від ВРП за радіальною схемою і розташовані біля його стін із зовнішнього боку:

- ЩБК (технологічне обладнання);
- ЩСЗ (розеткові мережі);
- ЩВК (вентиляція);
- ЩБ (щит бару).

Від цих щитів отримують живлення однофазні споживачі мережі ресторану швидкого харчування.

Для захисту електричної силової мережі від ненормальних режимів, таких як струми КЗ та перевантаження, використовуються автоматичні вимикачі.

Вони включають автомат вводу ВРП (трифазний), трифазні автомати вводу розподільчих щитів (ЩСК, ЩСЗ, ЩВК, ЩБ) і однофазні автомати для захисту однофазних споживачів.

Всі вимикачі були обрані та представлені на принциповій схемі, що містить таблицю з марками та номінальними струмами.

Щоб захистити персонал від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції обладнання та мереж, використовується захисне заземлення відповідно, включаючи рекомендовану систему заземлення TN-CS.

Принцип роботи силової мережі полягає у передачі напруги від ВРП до розподільних щитів (ЩБК, ЩБ, ЩВК, ЩСЗ) і потім до відповідних споживачів.

Для захисту та комутації всіх ланок кола використовуються автоматичні вимикачі, які встановлені у відповідних щитах та ВРП. У ВРП встановлено ввідний вимикач (QF1), який захищає всю систему електропостачання від зовнішніх струмів КЗ, а також вступні вимикачі до щитів ЩСК, ЩБ, ЩВК, ЩСЗ (QF-QF5), необхідні для захисту та комутації даних щитів.

Для захисту та комутації однофазних споживачів ресторану встановлені лінійні однофазні вимикачі (QF6-QF26) у щитах ЩБК, ЩБ, ЩВК, ЩСЗ.

Марки всіх вимикачів та номінальні струми представлені в таблицях після їх вибору та перевірки у роботі далі.

Встановлено, що освітлення у системі електропостачання ресторану виконано з урахуванням сучасних вимог та норм. У ресторані передбачається два види освітлення: робоче (ЩРВ) та аварійне (ЩАТ). Кожен щиток освітлення має окреме живлення за радіальною схемою від ВРП ресторану та додаткового джерела безперебійного живлення (ДБЖ), оскільки, щитки повинні мати різні джерела живлення.

Для живлення ЩАО прийнято однофазний ДБЖ марки 9130i6000T-XL. Світлодіодні світильники ступеня захисту IP20 встановлюються у приміщеннях, а вуличне освітлення має ступінь захисту IP54.

Для захисту освітлювальної мережі від ненормальних режимів, таких як струми КЗ та перевантаження, використовуються автоматичні вимикачі: трифазні

автомати вводу розподільчих щитів (ЩРО та ЩАО) та однофазні автомати для захисту розподільчих ліній освітлення.

Освітлювальна мережа працює за принципом послідовної передачі напруги від ВРП до щитка робочого освітлення (ЩРО) та далі до відповідних ліній освітлення приміщень ресторану.

Щиток аварійного освітлення (ЩАО) отримує живлення від ДБЖ та у нормальному режимі вимкнений.

За відсутності напруги в мережі робочого освітлення автоматично включається автомат аварійного освітлення (QF3 на схемі), і лампи мережі аварійного освітлення отримують живлення від ДБЖ.

Така схема забезпечує безперебійне живлення освітлення ресторану та забезпечує необхідну безпеку людей відповідно до вимог [11] та ПТБ.

З урахуванням того, що в кваліфікаційній роботі бакалавра в результаті реконструкції ресторану вводяться в експлуатацію нові приміщення другого поверху об'єкта, то для них потрібно передбачити штучне освітлення. Для освітлення нових приміщень застосовуються сучасні світлодіодні світильники та джерела світла.

2.2 Розрахунок освітлювального навантаження ресторану

Далі в кваліфікаційній роботі бакалавра проводиться розрахунок освітлювального навантаження та вибір джерел світла для приміщень ресторану швидкого харчування.

З урахуванням того, що в кваліфікаційній роботі бакалавра в результаті реконструкції ресторану вводяться в експлуатацію нові приміщення другого поверху об'єкта, то для них потрібно передбачити штучне освітлення. Для освітлення нових приміщень застосовуються сучасні світлодіодні світильники та джерела світла.

Для розрахунку освітлення приміщень ресторану можна використовувати різні методи, включаючи [7]:

- метод розрахунку за нормами освітленості. Цей метод полягає у визначенні необхідної освітленості для кожного приміщення ресторану відповідно до нормативних документів. Потім визначається кількість світильників та їх потужність, необхідні для досягнення необхідної освітленості;

- метод розрахунку за коефіцієнтом використання світлового потоку. Цей метод ґрунтується на визначенні коефіцієнта використання світлового потоку приміщення, який залежить від форми та розмірів приміщення, світлових властивостей його поверхонь та розташування джерел світла. Потім визначається необхідний світловий потік, який має бути отриманий від світильників, і вибираються світильники з відповідною потужністю та світловим потоком;

- метод розрахунку сумарної потужності світильників. Цей метод полягає у визначенні сумарної потужності світильників, необхідні для забезпечення необхідної освітленості у приміщенні. Потім вибираються світильники із відповідною потужністю.

Вибираючи метод розрахунку необхідно враховувати особливості приміщення, вимоги нормативних документів, а також переваги замовника.

В роботі приймається метод розрахунку за коефіцієнтом використання світлового потоку.

Розрахунок освітлення проводиться з прикладу приміщення м'ясного цеху ресторану.

Приймається для цього об'єкта ресторану: світильник марки PHILIPS MASSIVE Hearst White («стельового підвісного типу монтажу з встановленням однієї світлодіодної лампи») [8].

Оптимальна відстань між світильниками [7]:

$$\lambda_c \cdot H_p \leq L \leq \lambda_e \cdot H_p$$

де H_p - розрахункова висота підвісу світильника, м;

λ_c, λ_e - найвигідніші відстані між світильниками, м.

«Розрахункова висота підвісу вибраного типу світильника»:

$$H_p = H_0 - h_{cs} - h_{роб}$$

де H_0 - висота приміщення, м;

$h_{св}$ - висота звисання світильника, м;

$h_{роб}$ – висота освітлюваної робочої поверхні (від підлоги), м.

Кількість світильників (по довжині приміщення), шт.:

$$N_A = \frac{A - 2l_A}{L} + 1$$

Кількість світильників (по ширині приміщення), шт.:

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L} + 1$$

Загальна кількість світильників, шт.:

$$N_{\Sigma} = N_A \cdot N_B.$$

Дійсна відстань між світильниками та рядами:

$$L_A = \frac{A}{N_A - a};$$

$$L_B = \frac{B}{N_B - a}.$$

Розрахунок розміщення світильників на прикладі м'ясного цеху ресторану:

$$H_p = 4,6 - 0,6 - 1,5 = 2,5 \text{ м}$$

$$0,5 \cdot 2,5 = 1,75 \leq L = 2$$

$$N_A = \frac{4,5 - 2 \cdot 0,5}{2} + 1 \approx 3 \text{ шт}$$

$$N_B = \frac{4 - 2 \cdot 0,5}{2} + 1 \approx 3 \text{ шт}$$

$$N_{\Sigma} = 3 \cdot 3 = 9$$

$$L_A = \frac{4,5}{3} = 1,5 \text{ м};$$

$$L_B = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ м}.$$

Розрахунок освітлення проводиться методом коефіцієнта використання світлового потоку [7]:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N \cdot \eta_e},$$

де E_n - задана мінімальна освітленість, лк;

K_3 - коефіцієнт запасу;

S - освітлювана площа, м²;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення;

N - загальна кількість світильників, шт.;

η_e - коефіцієнт використання світлового потоку, у.о.

Індекс приміщення [7]:

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

Відхилення світлового потоку» [7]:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{дж}} - \Phi}{\Phi} \cdot 100\%.$$

Індекс приміщення:

$$i = \frac{4,5 \cdot 4}{2,5 \cdot (4,5 + 4)} = 0,85$$

Світловий потік лампи світильника:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 18 \cdot 1,15 \cdot 1,1}{9 \cdot 0,75} = 1012 \text{ лм}.$$

"Вибирається світлодіодна LED лампа типу:

Philips Ecohome LED Bulb 11W E27 3000K 1PF / 20RCA

зі стандартним світловим потоком $\Phi_{cm} = 1150 \text{ лм}.$

Відхилення розрахункового світлового потоку:

$$\Delta\Phi = \frac{1150 - 1012}{1012} \cdot 100\% = 13,6\%.$$

Ескіз розміщення джерел освітлення м'ясного цеху ресторану швидкого харчування представлений на рисунку 2.1.

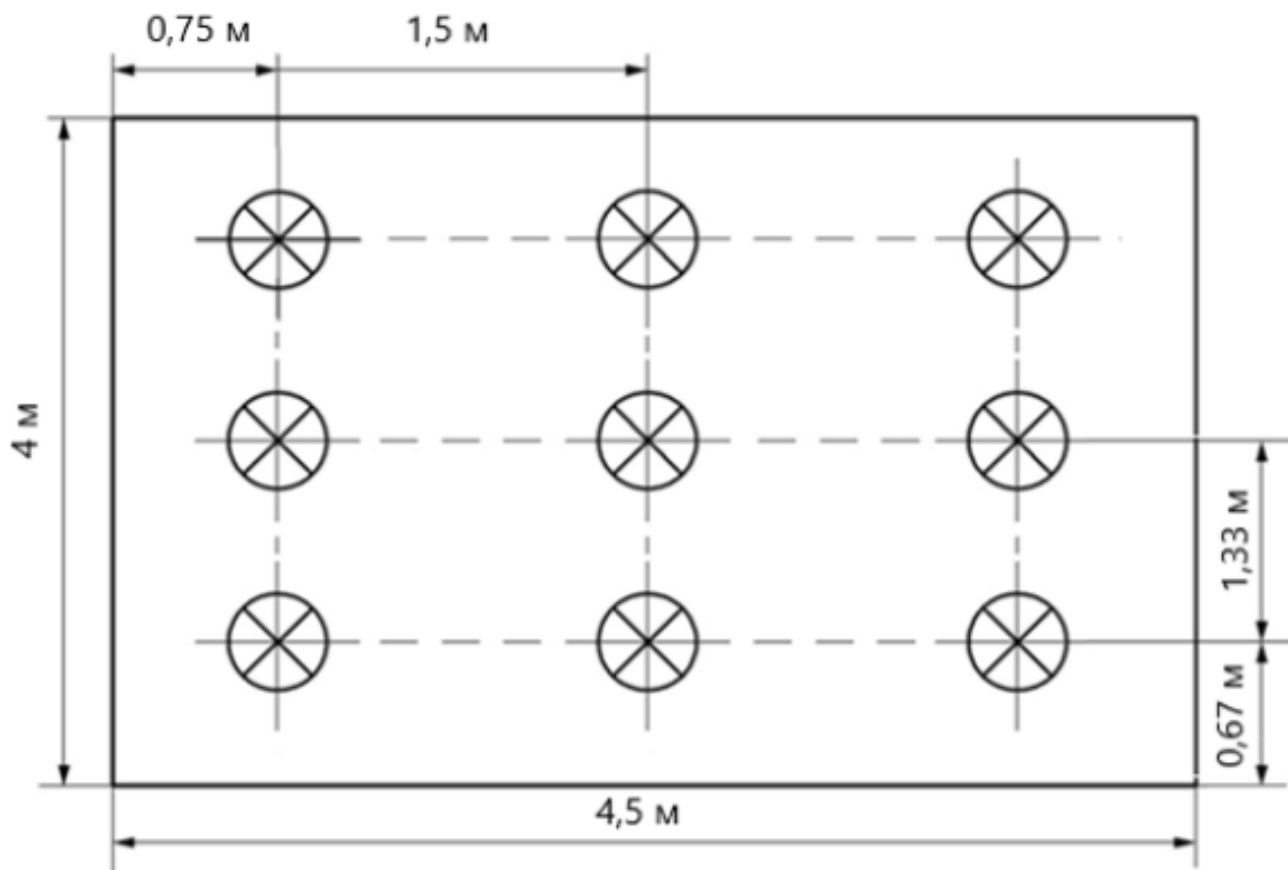


Рисунок 2.1 – Ескіз розміщення джерел освітлення м'ясного цеху

Розрахунок освітлення інших приміщень ресторану швидкого харчування виконано аналогічно. Результати світлотехнічного розрахунку приміщень ресторану швидкого харчування наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати світлотехнічного розрахунку приміщень ресторану

Приміщення	Тип джерела світла	S , m^2	E_n , лк	$N_A \times N_B = N_{\Sigma}$, шт
1 поверх ресторану				
Гостьова зала	<i>Philips Ecohome LED Bulb 11W</i>	240.0	200,0	8×8=64,0
Барна стійка		12.0	300,0	4×2=8,0
Хол		24.0	200,0	5×3=15,0
VIP-зала		27.0	200,0	3×3=9,0
Санвузол		5.0	150,0	2×2=4,0
Гарячий цех		24.0	300,0	5×3=15,0
Холодний цех		24.0	300,0	5×3=15,0
Котломийна		16.0	250,0	4×2=8,0
Мийна		14.0	250,0	3×2=6,0
М'ясний цех		18.0	300,0	3×3=9,0
Овочевий цех		10.5	300,0	3×3=9,0
Завантажувальна		9.0	300,0	4×2=8,0
Зона видачі страв		12.0	300,0	4×3=12,0
Зона касових апаратів		9.0	300,0	4×2=8,0
2 поверх				
Роздягальня	<i>Philips Ecohome LED Bulb 11W</i>	16.0	200,0	3×2=6,0
Душева		12.0	200,0	2×2=4,0
Коридор		18.0	150,0	2×2=4,0
Сан. вузол		5.0	150,0	2×2=4,0
Склад		16.0	200,0	3×3=9,0
Офіс		16.0	200,0	3×3=9,0
Всього по ресторану				226

Додатково приймається 0,5 кВт на зовнішнє освітлення ресторану швидкого харчування (реклама, підсвічування, освітлення будівлі, під'їздів та інші аналогічні споживачі.

Аварійне освітлення приймається 10% від робочого висвітлення. Лампи аварійного освітлення виділяються зі складу робочого освітлення ресторану. Таким чином, у кваліфікаційній роботі проведено перевірочний розрахунок освітлення першого поверху приміщень ресторану швидкого харчування, а також розрахунок із подальшим вибором світильників та джерел освітлення нових приміщень другого поверху об'єкта проектування.

2.3 Визначення розрахункових електричних навантажень

У зв'язку з введенням в експлуатацію нових споживачів мережі ресторану швидкого харчування необхідно провести розрахунок навантажень об'єкта для подальшого вибору провідників та апаратів другого поверху ресторану, а також перевірки відповідного обладнання першого поверху об'єкта. Результати навантажень будуть використані в роботі далі при виборі провідників та апаратів. Розрахункові навантаження ресторану визначається шляхом коефіцієнта попиту [9, 12-14].

Активне навантаження споживачів ресторану [1-3, 10]:

$$P_p = P_{ном} \cdot k_n,$$

де k_n - коефіцієнт попиту [1-3, 10].

Реактивне навантаження споживачів ресторану [1-3]:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

Повне розрахункове навантаження споживачів ресторану [1-3]:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}.$$

Розрахунковий струм споживачів ресторану [1-3]:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}.$$

У кваліфікаційній роботі розглядається детальний розрахунок силових електричних навантажень на прикладі споживача-1 (система автоматичної пожежної сигналізації).

Активне та реактивне навантаження:

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

$$Q_p = 1,0 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ кВАр.}$$

Повне розрахункове навантаження:

$$S_p = \sqrt{1,0^2 + 0,2^2} = 1,02 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{1,02}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1,57 \text{ А.}$$

Аналогічно розраховані навантаження інших споживачів мережі ресторану. При розрахунку сумарного електричного навантаження ресторану швидкого харчування враховується значення освітлювального навантаження, розрахованого раніше, а також силового навантаження, визначеного в цьому підрозділі. Розрахунки проводяться з урахуванням нових споживачів силового навантаження другого поверху. Результати розрахунку силових та освітлювальних електричних навантажень окремих груп споживачів ресторану швидкого харчування, а також сумарного навантаження об'єкта, з урахуванням навантаження нових споживачів другого поверху об'єкта, наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку електричних навантажень споживачів ресторану швидкого харчування

Найменування електроприймача	$P_{ном},$ кВт	K -ть	$P_{\Sigma},$ кВт	K_{ϵ}	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ кВАр	$S_p,$ кВА	$I_p,$ А
Система автоматичної пожежної сигналізації	1,0	1,0	1,0	1,0	0,98	0,20	1,0	0,20	1,02	1,57
Відеоспостереження	0,5	1,0	0,5	1,0	0,98	0,20	0,5	0,10	0,51	0,78
Локальна мережа	0,5	1,0	0,5	1,0	0,98	0,20	0,5	0,10	0,51	0,78
Теплові завіси	4,0	3,0	12,0	0,9	0,85	0,62	10,8	6,69	12,71	19,55
Нагрівачі (П1, П2)	30,0	2,0	60,0	0,8	0,95	0,33	48,0	15,78	50,53	77,74
Вентиляційні системи	7,5	1,0	7,5	0,8	0,75	0,88	6,0	5,29	8,00	12,31
Кондиціонери	4,72	2,0	9,44	0,5	0,75	0,88	4,72	4,15	6,28	9,67
Барне обладнання	11,5	1,0	11,5	0,7	0,93	0,40	7,774	3,07	8,36	12,86
Розеткові мережі гостьової зали	6,5	1,0	6,5	1,0	0,95	0,33	6,5	2,14	6,84	10,52
Бойлер	3,0	1,0	3,0	1,0	0,95	0,33	3,0	0,99	3,16	4,86
Сушка для рушників	2,0	1,0	2,0	0,4	0,95	0,33	0,8	0,26	0,84	1,29
Касове обладнання	2,0	6,0	12,0	0,4	0,95	0,33	4,8	1,58	5,05	7,77
Холодильна камера	1,5	2,0	3,0	0,7	0,75	0,88	2,1	1,85	2,80	4,31
Посудомийка	10,75	1,0	10,75	0,7	0,9	0,48	7,525	3,64	8,36	12,86
Плита	12,5	2,0	25,0	0,7	1,0	0,33	17,5	5,75	18,42	28,34
Гриль	4,5	1,0	4,5	0,7	0,95	0,33	3,15	1,04	3,32	5,11
Пароконвектомат	12,5	1,0	12,5	0,7	0,9	0,48	8,75	4,24	9,72	14,95
Шафа розстійна	2,53	1,0	2,53	0,7	1,0	0,33	1,771	0,58	1,86	2,86
Розетки у зоні видачі страв	2,0	2,0	4,0	0,7	0,95	0,33	2,8	0,92	2,95	4,54
Розетки другого поверху	2,0	5,0	10,0	0,7	0,95	0,33	7,0	2,30	7,37	11,34
Обладнання кухні	2,0	7,0	14,0	0,7	0,95	0,33	9,8	3,22	10,32	15,88
Робоче освітлення	2,92	1,0	2,92	1,0	0,98	0,20	2,92	0,58	2,98	4,58
Аварійне освітлення	0,29	1,0	0,29	1,0	0,98	0,20	0,29	0,06	0,30	0,46
Усього по ресторану швидкого харчування	-	-	215,4	0,71	0,99	0,07	158,0	64,5	170,7	262,2

Далі потрібно розділити електроспоживачі ресторану швидкого харчування за відповідними розподільними щитами та визначити навантаження для кожного щита окремо з урахуванням коефіцієнтів одночасності максимального навантаження.

У таблиці 2.3 наведено результати розрахунку електричних навантажень, що припадають на розподільні щити ресторану швидкого харчування.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку електричних навантажень розподільних щитів ресторану швидкого харчування

Найменування розподільного щита та споживачів, що живляться від нього	$P_{ном},$ кВт	$K-сть$	$P_{уΣ},$ кВт	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ кВАр	$S_p,$ кВА	$I_p,$ А
ЩБК (щит силового технологічного обладнання)							
Касове обладнання	2,0	6,0	12,0	4,8	1,58	5,05	7,77
Холодильна камера	1,5	2,0	3,0	2,1	1,85	2,80	4,31
Посудомийка	10,75	1,0	10,8	7,53	3,64	8,36	12,86
Плита	12,5	2,0	25,0	17,5	5,75	18,42	28,34
Гриль	4,5	1,0	4,5	3,15	1,04	3,32	5,11
Пароконвектомат	12,5	1,0	12,5	8,75	4,24	9,72	14,95
Шафа розтійна	2,53	1,0	2,53	1,771	0,58	1,86	2,86
Обладнання кухні	2,0	7,0	14,0	9,8	3,22	10,32	15,88
Всього по ЩБК	-	-	-	49,9	19,7	53,7	82,5
ЩБ (щит бару)							
Система автоматичної пожежної сигналізації	1,0	1,0	1,0	1,0	0,20	1,02	1,57
Відеоспостереження	0,5	1,0	0,5	0,5	0,10	0,51	0,78
Локальна мережа	0,5	1,0	0,5	0,5	0,10	0,51	0,78
Барне обладнання	11,5	1,0	11,5	7,774	3,07	8,36	12,86
Усього по ЩБ	-	-	-	8,8	3,1	9,34	14,4
ЩВК (щит силової вентиляції та кондиціонування)							
Теплові завіси	4,0	3,0	12,0	10,8	6,69	12,71	19,55
Нагрівачі (П1, П2)	30,0	2,0	60,0	48,0	15,78	50,53	77,74
Вентиляційні системи	7,5	1,0	7,5	6,0	5,29	8,00	12,31
Кондиціонери	4,72	2,0	9,44	4,72	4,15	6,28	9,67
Усього по ЩВК	-	-	-	62,6	28,7	68,9	105,9
ЩСЗ (розеткові мережі)							
Розеткові мережі гостьової зали	6,5	1,0	6,5	6,5	2,14	6,84	10,52
Бойлер	3,0	1,0	3,0	3,0	0,99	3,16	4,86
Сушка для рушників	2,0	1,0	2,0	0,8	0,26	0,84	1,29
Розетки у зоні видачі страв	2,0	2,0	4,0	2,8	0,92	2,95	4,54
Розетки другого поверху	2,0	5,0	10,0	7,0	2,30	7,37	11,34
Усього по ЩСЗ	-	-	-	18,1	5,9	19,1	29,3
Робоче освітлення	2,92	1,0	2,92	2,92	0,58	2,98	4,58
Аварійне освітлення	0,29	1,0	0,29	0,29	0,06	0,30	0,46
Усього по ресторану швидкого харчування	-	-	-	142,6	58,4	154,1	237,1

Результати, отримані при розрахунку електричних навантажень ресторану швидкого харчування, використовуються в кваліфікаційній роботі далі при виборі електричних апаратів для захисту та комутації електричної мережі, а також перерізу електричних мереж (кабелів).

2.4 Висновки до Розділу 2

У другому розділі кваліфікаційної роботи було виконано комплексний розрахунок та обґрунтування системи електропостачання ресторану швидкого харчування з урахуванням його реконструкції та введення в експлуатацію нових приміщень другого поверху.

1. Обґрунтовано вибір схеми електропостачання. Встановлено, що для об'єкта, який відноситься до III категорії надійності, доцільним є застосування радіальної схеми живлення від трансформаторної підстанції з використанням одного ввідного кабелю. Запропонована структура електропостачання з виділенням окремих розподільних щитів (ЩБК, ЩБ, ЩВК, ЩСЗ) забезпечує надійність, зручність експлуатації та можливість локалізації аварійних режимів. Передбачено використання сучасних засобів захисту (автоматичних вимикачів) та системи заземлення TN-CS, що відповідає вимогам безпеки.

2. Виконано розрахунок освітлювального навантаження із застосуванням методу коефіцієнта використання світлового потоку. Визначено необхідну кількість світильників для всіх приміщень ресторану, включаючи нові приміщення другого поверху. В якості джерел світла обрано сучасні світлодіодні лампи, що забезпечують енергоефективність та відповідність нормативним вимогам щодо освітленості. Також передбачено аварійне освітлення, яке становить 10% від робочого та живиться від джерела безперебійного живлення, що підвищує рівень безпеки експлуатації об'єкта.

3. Проведено розрахунок електричних навантажень із використанням коефіцієнтів попиту. Визначено активні, реактивні та повні потужності, а також розрахункові струми як для окремих електроприймачів, так і для ресторану в

цілому. Сумарне розрахункове навантаження об'єкта становить 154,1 кВА, а струм – 237,1 А. Виконано розподіл навантажень за розподільними щитами, що дозволило деталізувати електроспоживання та підготувати вихідні дані для подальшого вибору електрообладнання і кабельних ліній.

Отримані результати свідчать про те, що запропонована система електропостачання забезпечує необхідний рівень надійності, енергоефективності та електробезпеки. Проведені розрахунки є достатньою основою для подальшого вибору захисної апаратури, перерізів провідників та перевірки режимів роботи електричної мережі ресторану.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок і вибір силового трансформатора мережі ресторану

Далі проводиться розрахунок та вибір марки та потужності силового трансформатора на підстанції живлення системи електропостачання ресторану швидкого харчування.

Раніше, до проведення реконструкції схеми електричних з'єднань ресторану, на підстанції живлення був встановлений один силовий трансформатор марки ТМЗ-250/10 (потужність 250 кВА), так як ресторан відноситься до об'єктів середньої потужності III категорії надійності відповідно до вимог [15-22].

Отже, застосування одного джерела живлення як силового трансформатора обґрунтоване на підставі нормативних документів і залишається без змін.

З урахуванням підключення додаткового навантаження до мережі ресторану шляхом введення в експлуатацію споживачів силового та освітлювального навантаження другого поверху даного об'єкта необхідно перевірити потужність силового трансформатора підстанції.

Силовий трансформатор масляного типу на підстанції живлення ресторану швидкого харчування вибирається виходячи із відношення:

$$S_{ном.т} \geq S_{ном.т.р} = \frac{P_p}{N\beta_T}$$

де $S_{ном.т}, S_{ном.т.р}$ – відповідно, номінальна паспортна та розрахункова електрична потужність трансформатора підстанції ресторану швидкого харчування;

N, β_T – відповідно, число та коефіцієнт завантаження трансформатора підстанції ресторану швидкого харчування.

$$S_{ном.т} \geq S_{ном.т.р} = \frac{154,1}{1 \cdot 0,9} = 171,2 \text{ кВА}.$$

Таким чином, з урахуванням вводу в експлуатацію додаткових споживачів силового та освітлювального навантаження ресторану швидкого харчування, сумарне навантаження не перевищить допустимий «поріг потужності» трансформатора марки ТМЗ-250/10 підстанції живлення ресторану.

Для перевірки вибраних трансформаторів, дійсні значення коефіцієнтів завантаження порівнюються з допустимими значеннями.

У нормальному режимі:

$$K_3^n \leq 0,85 \leq \frac{0,5 \cdot S_p}{S_{ном.т}}$$

Умови перевірки виконуються:

$$K_3^n = \frac{171,2}{250} = 0,68 \leq 0,85 .$$

Так як на підстанції живлення ресторану швидкого харчування встановлений один силовий трансформатор, перевірка в післяаварійному режимі роботи (на допустиме навантаження) не проводиться.

Отже, у кваліфікаційні роботі бакалавра можна зробити висновок за те, що з урахуванням вводу в експлуатацію додаткових споживачів силового та освітлювального навантаження ресторану швидкого харчування, сумарне навантаження всього даного об'єкта не перевищить допустимий «поріг потужності» трансформатора марки ТМЗ-250/10 підстанції живлення ресторану.

3.2 Вибір перерізу кабелів системи електропостачання ресторану

При виборі перерізу кабелів системи електропостачання ресторану необхідно враховувати такі фактори [1-2]:

- струм споживання. Необхідно розрахувати максимальний струм споживання кожної лінії електропостачання і вибрати перетин кабелю, здатний витримати даний струм без перегріву;

- довжина кабелю. Довжина кабелю також впливає на вибір його перерізу. Чим більша довжина кабелю, тим більше його опір, що може призвести до втрати напруги в мережі;

- умови експлуатації. Деякі умови експлуатації, такі як висока температура навколишнього середовища, вологість або механічні навантаження, можуть також вплинути на вибір перерізу кабелю;

- нормативні вимоги. Нормативні документи можуть містити вимоги до перерізу кабелю в залежності від потужності електричного навантаження та інших факторів;

- бюджет. Вибір занадто великого перерізу кабелю може бути занадто витратним, тому необхідно вибирати оптимальне переріз, враховуючи вимоги безпеки та нормативні вимоги;

- при виборі перерізу кабелю можна використовувати таблиці, в яких зазначено максимально допустиме струмове навантаження для різних перерізів кабелю за різних умов експлуатації. Також можна використовувати спеціальні програми для розрахунку перерізу кабелю, які враховують усі необхідні фактори.

На цій підставі проводиться вибір кабельних ліній для живлення та розподілення електроенергії в системі електропостачання ресторану.

Вибір кабельних ліній насамперед проводиться підключення нових споживачів другого поверху об'єкта проектування.

Також у роботі перевіряються рішення щодо вибору діючих кабельних ліній ресторану.

Враховуючи специфіку розташування об'єктів ресторану, з урахуванням нормативних вимог та габаритів будівлі ресторану, приймається монтаж кабельних ліній живильної та розподільної мережі в залізобетонних каналах закритого типу в підлозі.

Підведення розподільної мережі до споживачів із кабельних каналів здійснюється приховано у трубах (у стінах).

Такий спосіб прокладання кабелів – сучасний, безпечний та економічний, тому його рекомендується застосовувати на об'єктах цивільної структури.

Під час вибору поправочних коефіцієнтів розраховується значення сумарного коефіцієнту:

$$K_{заг} = K_{1н} \cdot K_2 \cdot K_3$$

Для кабелів повинні виконуватись умови вибору та перевірки.

У нормальному режимі роботи:

$$I'_{дон} \geq I_p^n$$

Значення розрахункового струму:

$$I_p^n = \frac{S_\Sigma}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n},$$

де S_Σ - розрахункова сумарна навантаження лінії, кВА;

$U_{ном}$ - номінальна напруга, кВ;

n - кількість силових кабелів, шт.

Таким чином:

$$I'_{дон} = K_{заг} I_{дон},$$

де $K_{заг}$ - сумарний поправочний коефіцієнт, $K_{заг} = 0,9$;

$I_{дон}$ - тривалий допустимий струм кабелю.

Для кабельних ліній із резервуванням:

$$I'_{дон} \geq I_p^{а6}$$

Розрахунковий струм після аварійного режиму:

$$I_p^{а6} = 1,4 \cdot I_p^n$$

Проводиться розрахунок та вибір кабельної лінії, що живить ГРЩ ресторану від трансформатора ТП-10/0,4 кВ.

У цій лінії, виходячи зі значення розрахункового навантаження та струму максимального режиму, з урахуванням підключення нових споживачів другого поверху ресторану, попередньо приймається один силовий кабель ВВГнг-LS 5×95 [1].

Перевірка даного кабелю за допустимим струмом виконується:

$$259 \cdot 0,95 = 246,1 \text{ A} \geq 237,1 \text{ A}.$$

Таким чином, кабель марки ВВГнг-LS 5×95 остаточно прийнятий в якості кабелю живлення ресторану від трансформатора підстанції живлення.

Вибір решти кабелів – аналогічний і наведений у вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати вибору кабельних ліній ресторану швидкого харчування

Найменування	S_p , кВА	I_p , А	$I'_{доп}$, А	Марка кабелю
ЩБК (щит силового технологічного обладнання)				
Касове обладнання	5.05	7.77	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Холодильна камера	2.80	4.31	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Посудомийка	8.36	12.86	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Плита	18.42	28.34	34.2	ВВГнг-LS 3x4
Гриль	3.32	5.11	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Пароконвектомат	9.72	14.95	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Шафа розтічна	1.86	2.86	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Обладнання кухні	10.32	15.88	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
ЩБК (ввідний кабель)	53.7	82.5	98.8	ВВГнг-LS 5x25
ЩБ (щит бару)				
Система автоматичної пожежної сигналізації	1.02	1.57	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Відеоспостереження	0.51	0.78	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Локальна мережа	0.51	0.78	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Барне обладнання	8.36	12.86	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
ЩБ (ввідний кабель)	9.34	14.4	32.8	ВВГнг-LS 5x4
ЩВК (щит силової вентиляції та кондиціонування)				
Теплові завіси	12.71	19.55	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Нагрівачі (П1, П2)	50.53	77.74	79.8	ВВГнг-LS 3x16
Вентиляційні системи	8.00	12.31	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Кондиціонери	6.28	9.67	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
ЩВК (ввідний кабель)	68.9	105.9	120.7	ВВГнг-LS 5x35
ЩСЗ (розеткові мережі)				
Розеткові мережі гостьової зали	6.84	10.52	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Бойлер	3.16	4.86	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Сушка для рушників	0.84	1.29	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Розетки у зоні видачі страв	2.95	4.54	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
Розетки другого поверху	7.37	11.34	25.7	ВВГнг-LS 3x2,5
ЩСЗ (ввідний кабель)	19.1	29.3	32.8	ВВГнг-LS 5x4
Освітлення				
Робоче освітлення (ввідний кабель)	2.98	4.58	27.6	ВВГнг-LS 5x2,5
Аварійне освітлення (ввідний кабель)	0.30	0.46	27.6	ВВГнг-LS 3x2,5

3.3 Розрахунок струмів короткого замикання у системі електропостачання ресторану.

Розрахунок струмів короткого замикання в системі електропостачання ресторану необхідний для визначення необхідних характеристик захисних пристроїв і вибору відповідних автоматичних вимикачів та інших засобів захисту.

Розрахунок проводиться кожної точки системи електропостачання, де можливе виникнення короткого замикання [1].

Для цього необхідно знати номінальну напругу мережі, потужність трансформатора підстанції живлення, а також опір провідників та інших елементів мережі. З метою розрахунку коефіцієнта короткого замикання можна використовувати таблиці та методики розрахунку, наведені у нормативних документах. Для системи електропостачання ресторану швидкого харчування необхідно провести розрахунок струмів короткого замикання для кожного розподільчого щита та точки електропостачання.

Отримані результати можуть бути використані для вибору відповідних захисних та комутаційних пристроїв, таких як автоматичні вимикачі, а також інших засобів захисту відповідно до вимог нормативних документів.

Для вирішення поставленої задачі з розрахунку струмів короткого замикання в системі електропостачання ресторану швидкого харчування складається розрахункова схема і нумерується на ній всі можливі точки КЗ.

Ця схема наведена на рисунку 3.1

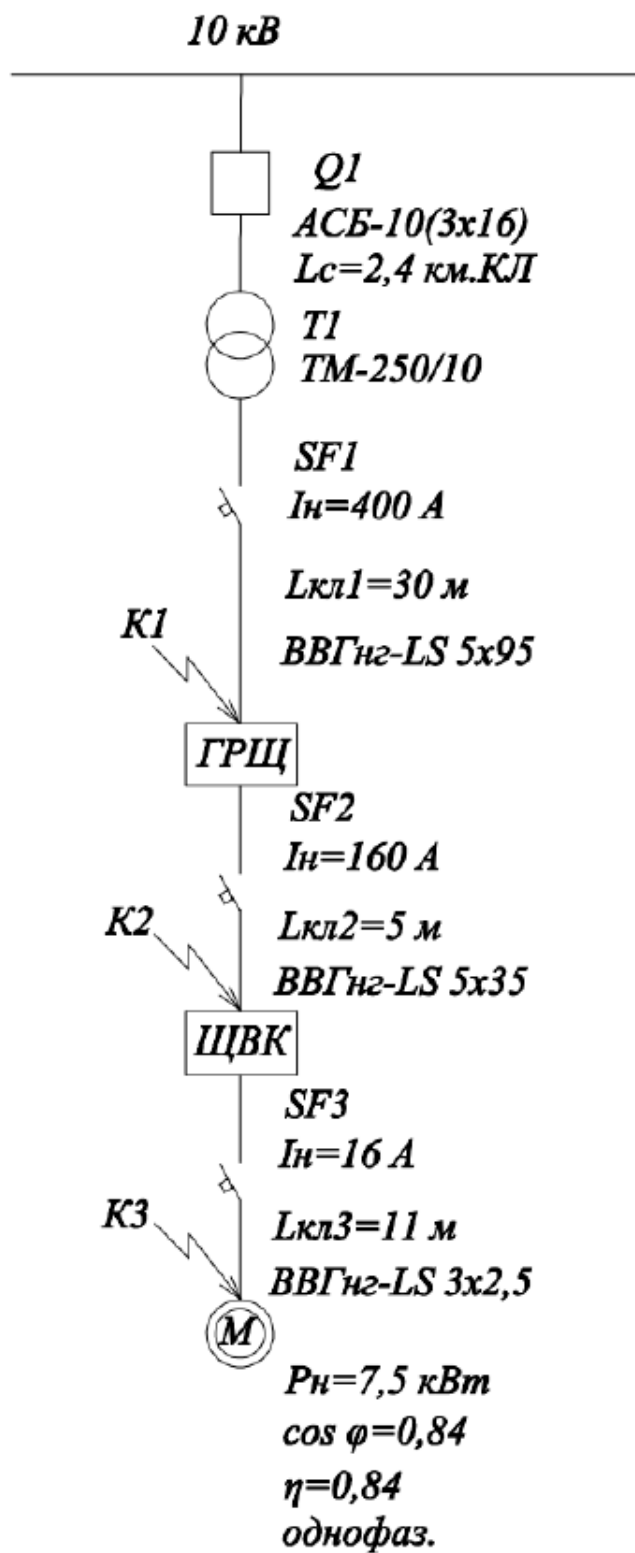


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема струмів КЗ для системи електропостачання ресторану швидкого харчування

Виходячи з розрахункової схеми складається схема заміщення для розрахунку струмів КЗ в системі електропостачання ресторану швидкого харчування (рис. 3.2).

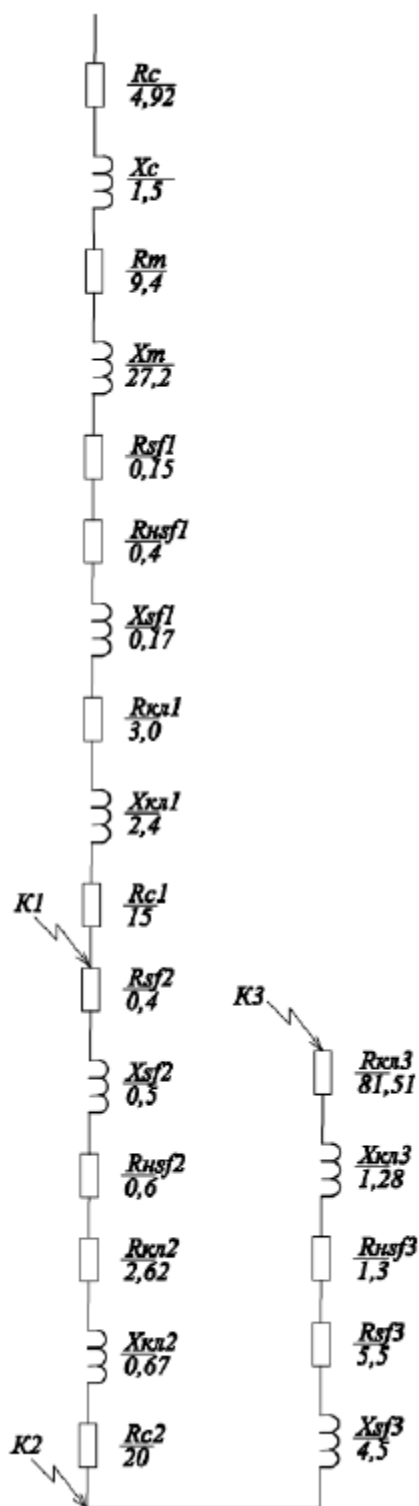


Рисунок 3.2 – Схема заміщення для розрахунку струмів КЗ у системі електропостачання ресторану швидкого харчування

Обчислюються опори елементів і наносяться на схему заміщення.

Системи:

$$I_c = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_c}, A$$

$$I_c = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,4 A.$$

Питомий індуктивний опір КЛ:

$$X'_c = x_0 L_c, Ом;$$

$$R'_c = r_0 L_c, Ом;$$

$$X'_c = 0,4 \cdot 2,4 = 0,96 Ом;$$

$$R'_c = 1,28 \cdot 2,4 = 3,07 Ом.$$

Опори приводять до низької напруги (НН) – 0,4 кВ:

$$R_c = R'_c \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}} \right)^2, мОм;$$

$$X_c = X'_c \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}} \right)^2, мОм;$$

$$R_c = 3,072 \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 4,92 мОм;$$

$$X_c = 0,96 \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 1,5 мОм.$$

Опір КЛ:

$$R_{КЛ1} = r_{01} \cdot L_{КЛ1}, мОм$$

де $R_{КЛ1}$ - активний опір КЛ.

$$X_{КЛ1} = x_{01} \cdot L_{КЛ1}, мОм$$

де $X_{КЛ1}$ - індуктивний опір КЛ.

Отже, для КЛ1-КЛ3:

$$R_{КЛ1} = 0,1 \cdot 30 = 3,0 мОм.$$

$$X_{КЛ1} = 0,08 \cdot 30 = 2,4 мОм.$$

$$R_{КЛ2} = 0,524 \cdot 5 = 2,62 мОм.$$

$$X_{KII2} = 0,133 \cdot 5 = 0,67 \text{ мОм}.$$

$$R_{KII3} = 7,41 \cdot 11 = 81,51 \text{ мОм}.$$

$$X_{KII3} = 0,116 \cdot 11 = 1,28 \text{ мОм}.$$

Спрощується вихідна схема заміщення шляхом розрахунку еквівалентних опорів схеми на ділянках між точками КЗ (рисунок 3.3).

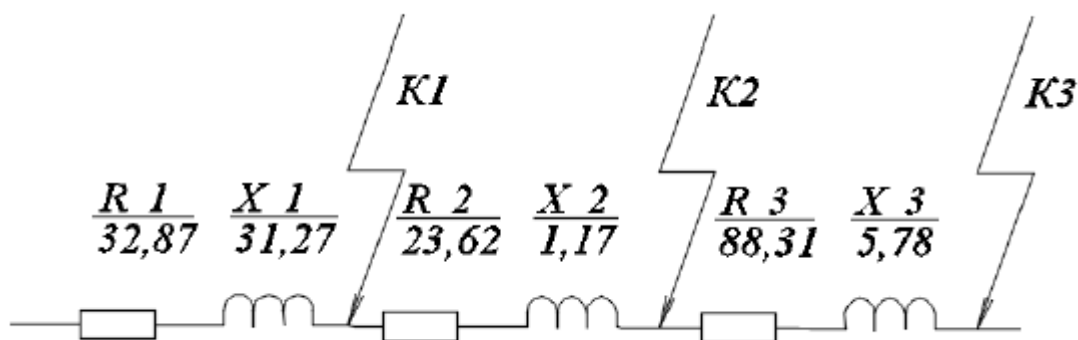


Рисунок 3.3 – Схема заміщення спрощена

Еквівалентні опори спрощеної схеми заміщення (з урахуванням законів Ома та Кірхгофа):

$$R_{e1} = R_c + R_T + R_{SF1} + R_{H_{SF1}} + R_{c1} + R_{KII1}, \text{ мОм}.$$

$$R_{e1} = 4,92 + 9,4 + 0,15 + 0,4 + 15 + 3 = 32,87 \text{ мОм}.$$

$$X_{e1} = X_c + X_T + X_{SF1} + X_{KII1}, \text{ мОм}.$$

$$X_{e1} = 1,5 + 27,2 + 0,17 + 2,4 = 31,27 \text{ мОм}.$$

$$R_{e2} = R_{SF2} + R_{H_{SF2}} + R_{KII2} + R_{c2}, \text{ мОм}$$

$$R_{e2} = 0,4 + 0,6 + 2,62 + 20 = 23,62 \text{ мОм}$$

$$X_{e2} = X_{SF2} + X_{KII2}, \text{ мОм}$$

$$X_{e2} = 0,5 + 0,67 = 1,17 \text{ мОм}$$

$$R_{e3} = R_{SF3} + R_{H_{SF3}} + R_{KII3}, \text{ мОм}$$

$$R_{e3} = 5,5 + 1,3 + 81,51 = 88,31 \text{ мОм}$$

$$X_{e3} = X_{SF3} + X_{KL3}, \text{ мОм}$$

$$X_{e3} = 4,5 + 1,28 = 5,78 \text{ мОм}.$$

Опір до точок КЗ:

$$R_{K1} = R_{e1}, \text{ мОм}.$$

$$R_{K1} = 32,87 \text{ мОм}.$$

$$X_{K1} = X_{e1}, \text{ мОм}.$$

$$X_{K1} = 31,27 \text{ мОм}.$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} \text{ мОм}.$$

$$Z_{K1} = \sqrt{32,87^2 + 31,27^2} = 45,37 \text{ мОм}.$$

$$R_{K2} = R_{e1} + R_{e2}, \text{ мОм}.$$

$$R_{K2} = 32,87 + 23,62 = 56,48 \text{ мОм}.$$

$$X_{K2} = X_{e1} + X_{e2}, \text{ мОм}.$$

$$X_{K2} = 31,27 + 1,17 = 32,44 \text{ мОм}.$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} \text{ мОм}.$$

$$Z_{K2} = \sqrt{56,48^2 + 32,44^2} = 65,13 \text{ мОм}.$$

$$R_{K3} = R_{K2} + R_{e3}, \text{ мОм}.$$

$$R_{K3} = 56,48 + 88,31 = 144,79 \text{ мОм}.$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{e3}, \text{ мОм}.$$

$$X_{K3} = 32,44 + 5,78 = 38,22 \text{ мОм}.$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} \text{ мОм}.$$

$$Z_{K3} = \sqrt{144,79^2 + 38,22^2} = 149,75 \text{ мОм}.$$

Відношення активних та індуктивних опорів схеми:

$$\frac{R_{K1}}{X_{K1}} = \frac{32,87}{31,27} = 1,05 \text{ мОм}.$$

$$\frac{R_{K2}}{X_{K2}} = \frac{56,48}{32,44} = 1,74 \text{ мОм}.$$

$$\frac{R_{K3}}{X_{K3}} = \frac{144,79}{38,22} = 3,79 \text{ мОм}.$$

Ударні коефіцієнти:

$$K_{y1} = F\left(\frac{R_K}{X_K}\right).$$

$$K_{y1} = F(1,05) = 1,0$$

$$K_{y2} = F(1,74) = 1,0$$

$$K_{y3} = F(3,79) = 1,0$$

Значення струмів трифазного КЗ:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot Z_K}, \text{кА}.$$

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 45,37} \cdot 10^3 = 5,09 \text{ кА}.$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 65,13} \cdot 10^3 = 3,37 \text{ кА}.$$

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 149,75} \cdot 10^3 = 0,85 \text{ кА}.$$

Значення ударних струмів трифазного КЗ:

$$i_{yK} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_K^{(3)}, \text{кА}$$

де K_y - ударний коефіцієнт струму КЗ.

$$i_{yK1} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 5,09 = 7,18 \text{ кА}.$$

$$i_{yK2} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 3,37 = 4,75 \text{ кА}.$$

$$i_{yK3} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,85 = 1,2 \text{ кА}.$$

Значення струмів двофазного КЗ:

$$I_K^{(2)} = 0,87 \cdot I_{K1}^{(3)}, \text{кА}.$$

$$I_{K1}^{(2)} = 0,87 \cdot 5,09 = 4,43 \text{ кА}.$$

$$I_{K2}^{(2)} = 0,87 \cdot 3,37 = 2,93 \text{ кА}.$$

$$I_{K3}^{(2)} = 0,87 \cdot 0,85 = 0,74 \text{ кА}.$$

Складається схема заміщення для розрахунку однофазних струмів КЗ у системі електропостачання ресторану (рисунок 3.4) та визначаються опори схеми.

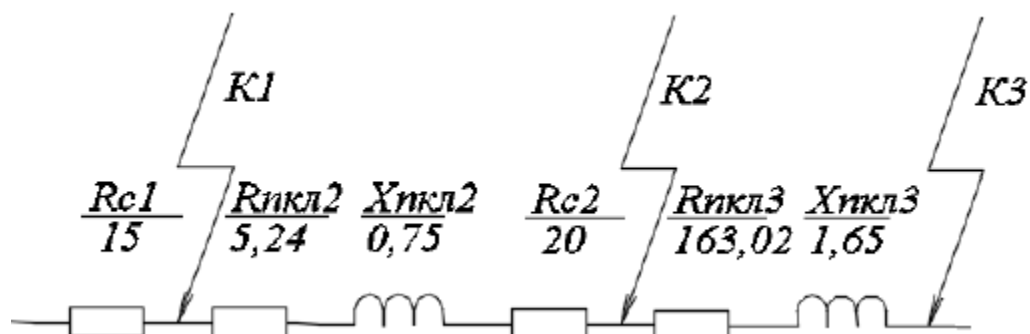


Рисунок 3.4 – Схема заміщення для розрахунку однофазних струмів КЗ у системі електропостачання ресторану

$$X_{nКЛ2} = x_{0n} \cdot L_{КЛ2}, \text{ мОм} .$$

$$X_{nКЛ2} = 0,15 \cdot 5 = 0,75 \text{ мОм} .$$

$$R_{nКЛ3} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{КЛ3}, \text{ мОм} .$$

$$R_{nКЛ3} = 2 \cdot 7,41 \cdot 11 = 163,02 \text{ мОм} .$$

$$X_{nКЛ3} = x_{0n} \cdot L_{КЛ3}, \text{ мОм} .$$

$$X_{nКЛ3} = 0,15 \cdot 11 = 1,62 \text{ мОм} .$$

«Опору петлі «фаза-нуль» до розрахункових точок» [19]:

$$Z_{n1} = 15 \text{ мОм}$$

$$R_{n2} = R_{c1} + R_{nКЛ2} + R_{c2}, \text{ мОм} .$$

$$R_{n2} = 15 + 5,24 + 20 = 35,24 \text{ мОм} .$$

$$X_{n2} = X_{nКЛ2}, \text{ мОм} .$$

$$X_{n2} = 0,75 \text{ мОм} .$$

$$Z_{n2} = \sqrt{R_{n2}^2 + X_{n2}^2}, \text{ мОм} .$$

$$Z_{n2} = \sqrt{35,24^2 + 0,75^2} = 35,25 \text{ мОм} .$$

$$R_{n3} = R_{n2} + R_{nКЛ3}, \text{ мОм} .$$

$$R_{n3} = 35,24 + 163,02 = 198,26 \text{ мОм}.$$

$$X_{n3} = X_{n2} + X_{nКЛ3}, \text{ мОм}.$$

$$X_{n3} = 0,75 + 1,65 = 2,4 \text{ мОм}.$$

$$Z_{n3} = \sqrt{R_{n3}^2 + X_{n3}^2}, \text{ мОм}.$$

$$Z_{n3} = \sqrt{198,26^2 + 2,4^2} = 198,27 \text{ мОм}.$$

Струм однофазного КЗ в розрахункових точках:

$$I_{Ki}^{(1)} = \frac{U_{КФ}}{Z_{ni} + \frac{Z_r}{3}}, \text{ кА}.$$

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{220}{15 + \frac{312}{3}} = 1,85 \text{ кА}.$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{220}{35,25 + \frac{312}{3}} = 1,57 \text{ кА}.$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{220}{198,27 + \frac{312}{3}} = 0,73 \text{ кА}.$$

Отримані струми КЗ заносяться до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку струмів КЗ у системі електропостачання ресторану.

Точка КЗ	$U_c,$ кВ	$I_{\kappa}^{(3)},$ кА	$i_y,$ кА	$I_{\kappa}^{(2)},$ кА	$I_{\kappa}^{(1)},$ кА
К1	0.38/0.22	5.09	7.18	4.43	1.85
К2	0.38/0.22	3.37	4.75	2.93	1.57
К3	0.38/0.22	0.85	1.20	0.74	0.73

3.4 Розрахунок та вибір апаратів захисту системи електропостачання ресторану

Далі необхідно провести вибір та перевірку апаратів для захисту та комутації мережі живлення та розподільної мережі нових споживачів другого поверху системи електропостачання ресторану.

Також у роботі підлягають перевірці встановлені апарати мережі живлення та розподільної мережі інших споживачів ресторану.

Як захисна і комутаційна апаратура в системі електропостачання ресторану використовуються автоматичні вимикачі з комбінованим розчеплювачем сучасного типу. Вони – надійні, довговічні та економічні. Далі наводиться порівняльна таблиця з деякими сучасними автоматичними вимикачами захисту мережі 0,38/0,22 кВ (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Порівняльна характеристика деяких сучасних автоматичних вимикачів захисту мережі 0,38/0,22 кВ

Марка автоматичного вимикача	Номінальний струм, А	Тип вимикача	Кількість полюсів	Максимальний струм короткого замикання, кА
ABB T _{max} XT	6 – 1600,0	Повітряно-ізолюваний корпус	3; 4	до 25,0
Schneider Electric Acti 9	0,5 – 63,0	Модульний	1; 2; 3; 4	до 25,0
Siemens 5SL	0,5 – 125,0	Модульний	1; 2; 3; 4	до 25,0
Legrand DX3	0,5 – 125,0	Модульний	1; 2; 3; 4	до 36,0
Hager MBN	0,5 – 63,0	Модульний	1; 2; 3; 4	до 25,0
ВА	6 – 1600,0	Повітряно-ізолюваний корпус	1; 2; 3; 4	до 20,0

Таким чином, у роботі для захисту та комутації мережі живлення та розподільної мережі нових споживачів системи електропостачання ресторану, рекомендується прийняти вимикачі вітчизняного виробництва марки ВА. Вибір обумовлений такими критеріями:

- значення номінального струму не перевищує встановлені межі розрахункових струмів обладнання;
- кількість полюсів для захисту однофазних мереж (два полюси) та трифазних мереж (три полюси) випускається в даній модифікації;
- максимальний струм відключення КЗ автомата не перевищує розрахункових значень струму КЗ у системі електропостачання ресторану;
- ремонтпридатність автоматів ВА (вітчизняних) значно вища за зарубіжні аналоги.

Таким чином, вибір марки автомата для застосування в мережі живлення та розподільної системи електропостачання ресторану в роботі обґрунтований.

Результати вибору автоматів системи електропостачання ресторану подано у роботі у формі таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати вибору автоматів системи електропостачання ресторану

Найменування об'єкта	S_p , кВА	I_p , А	Марка автомата	$I_{ном.а.}$, А	$I_{у.т.р.}$, А	$I_{у.е.р.}$, А
ГРЩ	154.1	237.1	ВА52-37	400	320	960
ЩБК (щит силового технологічного обладнання)						
Касове обладнання	5.05	7.77	ВА47-29-2С10-УХЛЗ	10,0	10,0	30,0
Холодильна камера	2.80	4.31	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6.3	6.3	18.9
Посудомийка	8.36	12.86	ВА47-29-2С16-УХЛЗ	16,0	16,0	48,0
Плита	18.42	28.34	ВА47-29-2С32-УХЛЗ	32,0	32,0	96,0
Гриль	3.32	5.11	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6.3	6.3	18.9
Пароконвектомат	9.72	14.95	ВА47-29-2С25-УХЛЗ	25,0	25,0	25,0
Шафа розтічна	1.86	2.86	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6.3	6.3	18.9
Обладнання кухні	10.32	15.88	ВА47-29-2С25-УХЛЗ	25,0	25,0	25,0
ЩБК (ввідний автомат)	53.7	82.5	ВА 52-31	100,0	100,0	300,0
ЩБ (щит бару)						
Система автоматичної пожежної сигналізації	1.02	1.57	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6.3	6.3	18.9
Відеоспостереження	0.51	0.78	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6.3	6.3	18.9
Локальна мережа	0.51	0.78	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6.3	6.3	18.9
Барне обладнання	8.36	12.86	ВА47-29-2С16-УХЛЗ	16,0	16,0	48,0
ЩБ (ввідний автомат)	9.34	14.4	ВА 52-31	100,0	25,0	75,0
ЩВК (щит силової вентиляції та кондиціонування)						
Теплові завіси	12.71	19.55	ВА47-29-2С25-УХЛЗ	25,0	25,0	25,0
Нагрівачі (П1, П2)	50.53	77.74	ВА47-100 2Р 100 А	100,0	100,0	300,0
Вентиляційні системи	8.00	12.31	ВА47-29-2С16-УХЛЗ	16,0	16,0	48,0
Кондиціонери	6.28	9.67	ВА47-29-2С16-УХЛЗ	16,0	16,0	48,0
ЩВК (ввідний автомат)	68.9	105.9	ВА 52-33	160,0	125,0	480,0
ЩСЗ (розеткові мережі)						
Розеткові мережі гостьової зали	6.84	10.52	ВА47-29-2С16-УХЛЗ	16,0	16,0	48,0
Бойлер	3.16	4.86	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6.3	6.3	18.9
Сушка для рушників	0.84	1.29	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6.3	6.3	18.9
Розетки у зоні видачі страв	2.95	4.54	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6.3	6.3	18.9
Розетки другого поверху	7.37	11.34	ВА47-29-2С16-УХЛЗ	16,0	16,0	48,0
ЩСЗ (ввідний автомат)	19.1	29.3	ВА 52-31	100,0	40,0	120,0
ЩРО (щит робочого освітлення)						
Робоче освітлення (ввідний автомат)	2.98	4.58	ВА47-29-3С6-УХЛЗ	6.3	6.3	18.9
ЩРО (щит аварійного освітлення)						
Аварійне освітлення (ввідний автомат)	0.30	0.46	ВА47-29-2С6-УХЛЗ	6.3	6.3	18.9

3.5. Висновки до Розділу 3.

У даному розділі було виконано комплекс розрахунків системи електропостачання ресторану швидкого харчування з урахуванням підключення додаткових споживачів другого поверху.

1. У результаті проведених розрахунків встановлено, що існуючий силовий трансформатор типу ТМЗ-250/10 потужністю 250 кВА забезпечує надійне живлення об'єкта навіть після збільшення навантаження. Коефіцієнт завантаження трансформатора не перевищує допустимих значень у нормальному режимі роботи, що підтверджує правильність його вибору та відсутність необхідності заміни.

2. Проведено вибір перерізів кабельних ліній для живлення та розподілу електроенергії. Обрані кабелі відповідають умовам допустимого струмового навантаження, враховують довжину ліній, умови прокладання та вимоги нормативних документів. Прийнята система прокладання кабелів у залізобетонних каналах та трубах забезпечує безпечну та надійну експлуатацію електромережі.

3. У ході розрахунку струмів короткого замикання визначено їх значення для різних точок системи. Отримані результати дозволили оцінити електродинамічну та термічну стійкість елементів мережі, а також стали основою для правильного вибору захисної апаратури.

4. На основі розрахованих струмів навантаження та короткого замикання виконано вибір автоматичних вимикачів. Обрані апарати забезпечують необхідну чутливість і селективність захисту, відповідають умовам надійності та здатні відключати аварійні струми в межах розрахованих значень. Використання автоматичних вимикачів серії ВА є технічно та економічно обґрунтованим рішенням.

Таким чином, розроблена система електропостачання ресторану забезпечує надійну, безпечну та ефективну роботу всіх електроспоживачів, відповідає чинним нормативним вимогам і може бути рекомендована до практичної реалізації.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вплив фізичних факторів (температура, вологість, шум, освітлення, електромагнітні поля) на працівників закладу громадського харчування

Умови праці в закладах громадського харчування формуються під впливом комплексу фізичних факторів виробничого середовища, які безпосередньо впливають на стан здоров'я працівників, їх працездатність, рівень втоми та безпеку виконання професійних обов'язків. До основних фізичних факторів належать мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря), шум, освітлення та електромагнітні поля. Їх дія може бути як короткочасною, так і тривалою, а перевищення допустимих норм призводить до негативних наслідків для організму людини.

Одним із найсуттєвіших факторів є температура повітря, яка в умовах кухонь часто є підвищеною через роботу теплового обладнання: плит, духових шаф, фритюрниць. У таких умовах температура може значно перевищувати оптимальні значення, що викликає перегрів організму. Це супроводжується посиленням потовиділенням, порушенням водно-сольового балансу, підвищенням навантаження на серцево-судинну систему та зниженням концентрації уваги. Як наслідок, зростає ризик помилок у роботі та виробничого травматизму. Тривалий вплив високих температур може призводити до теплового виснаження або теплового удару. Водночас працівники холодильних камер піддаються впливу знижених температур, що може спричиняти переохолодження, зниження імунітету та розвиток хронічних захворювань.

Вологість повітря є важливим компонентом мікроклімату, що визначає інтенсивність теплообміну між організмом людини та навколишнім середовищем. У виробничих приміщеннях кухонь вологість зазвичай підвищена через випаровування води під час приготування їжі, миття посуду та санітарної обробки. Поєднання високої температури та високої вологості значно погіршує

умови праці, оскільки ускладнюється випаровування поту з поверхні тіла, що призводить до перегріву організму. Низька вологість, яка може спостерігатися в окремих приміщеннях або в холодний період року, викликає пересихання слизових оболонок, подразнення органів дихання, зниження захисних функцій організму.

Значний вплив на працівників має шум, джерелами якого є вентиляційні установки, холодильне обладнання, посудомийні машини, подрібнювачі, міксери та інші механізми. Постійний або імпульсний шум підвищеного рівня негативно впливає на нервову систему, викликає дратівливість, головний біль, швидко втому, знижує працездатність і точність виконання операцій. При тривалому впливі можливе поступове зниження слуху та розвиток професійних захворювань. Крім того, шум ускладнює сприйняття звукових сигналів і команд, що може призвести до аварійних ситуацій.

Важливим фактором є освітлення робочих місць, яке повинно забезпечувати достатню видимість, точність і безпечність виконання технологічних операцій. У закладах громадського харчування застосовується як природне, так і штучне освітлення. Недостатній рівень освітленості викликає напруження зорового апарату, погіршує зір, знижує швидкість і якість роботи, підвищує ризик травмування при роботі з гострими інструментами або рухомими механізмами. Надмірно яскраве світло або наявність відблисків може спричинити засліплення, дискомфорт і втому очей. Тому важливим є забезпечення рівномірного, достатнього та правильно організованого освітлення робочих зон.

Окрему групу становлять електромагнітні поля, які створюються електрообладнанням, силовими кабелями, трансформаторами та побутовими електроприладами. У більшості випадків рівні електромагнітного випромінювання в закладах громадського харчування не перевищують встановлених норм, однак їх тривалий вплив може мати кумулятивний ефект. Це може проявлятися у вигляді підвищеної втомлюваності, головного болю, порушень сну, функціональних змін нервової та серцево-судинної систем.

Особливої уваги потребують працівники, які постійно перебувають поблизу джерел електромагнітного випромінювання.

Таким чином, фізичні фактори виробничого середовища мають комплексний вплив на організм працівників закладів громадського харчування. Для забезпечення безпечних і комфортних умов праці необхідно дотримуватися встановлених нормативів мікроклімату, рівнів шуму та освітлення, впроваджувати сучасні системи вентиляції та кондиціонування повітря, застосовувати малошумне обладнання, раціонально організувати освітлення, а також контролювати рівні електромагнітних полів. Комплексний підхід до управління цими факторами сприяє підвищенню продуктивності праці, збереженню здоров'я персоналу та зниженню рівня виробничого травматизму.

4.2 Основні причини ураження електричним струмом та заходи захисту від електротравм у закладах громадського харчування

Електробезпека є однією з ключових складових охорони праці в закладах громадського харчування, оскільки експлуатація великої кількості електричного обладнання в умовах підвищеної вологості та температури значно підвищує ризик ураження електричним струмом. Електротравми можуть мати тяжкі наслідки — від локальних опіків до порушення роботи серцево-судинної та нервової систем, а в окремих випадках — до летальних наслідків.

До основних причин ураження електричним струмом належать передусім прямий контакт з струмовідними частинами, що перебувають під напругою. Це може відбуватися через пошкодження ізоляції, відсутність або несправність захисних кожухів, а також через порушення правил експлуатації електрообладнання. Не менш небезпечним є дотик до металевих неструмовідних частин обладнання, які опинилися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції або пробоя на корпус.

Важливим фактором є підвищена вологість приміщень, характерна для кухонь, мийних відділень та холодильних камер. Волога знижує опір шкіри

людини та ізоляційних матеріалів, що значно підвищує ризик ураження струмом навіть при відносно невеликих напругах. Додаткову небезпеку створює робота з електроприладами мокрими руками або на вологій підлозі.

Ще однією причиною є несправність електрообладнання або електромережі, зокрема зношення проводки, пошкодження кабелів, відсутність заземлення або занулення. Часто електротравми виникають через використання саморобних або несправних електроприладів, а також унаслідок перевантаження електричних мереж.

Суттєву роль відіграє і людський фактор — недотримання інструкцій з охорони праці, відсутність відповідної кваліфікації у персоналу, нехтування правилами безпеки, виконання робіт без знеструмлення обладнання, а також відсутність або неправильне використання засобів індивідуального захисту.

Заходи захисту від електротравм.

Для запобігання ураженню електричним струмом у закладах громадського харчування необхідно впроваджувати комплекс організаційних і технічних заходів.

До основних технічних заходів належать:

- Надійна ізоляція струмовідних частин, що виключає можливість випадкового дотику.
- Захисне заземлення або занулення металевих корпусів електрообладнання, що запобігає появі небезпечної напруги на них.
- Використання пристроїв захисного відключення (ПЗВ), які автоматично вимикають живлення у разі витoku струму.
- Застосування низької напруги у приміщеннях з підвищеною небезпекою.
- Використання подвійної або посиленої ізоляції електроприладів.
- Регулярна перевірка та технічне обслуговування електромереж і обладнання.

До організаційних заходів належать:

- Проведення інструктажів і навчання персоналу з питань

електробезпеки.

- Допуск до роботи лише кваліфікованого персоналу.
- Розробка та дотримання інструкцій з безпечної експлуатації електрообладнання.
- Своєчасне виявлення та усунення несправностей.
- Заборона роботи з електрообладнанням у несправному стані.

До засобів індивідуального захисту відносять:

- діелектричні рукавички,
- гумове взуття,
- ізолюючі підставки або килимки,
- інструменти з ізольованими ручками.

Особливу увагу слід приділяти забезпеченню сухості робочих місць, організації ефективної вентиляції та недопущенню потрапляння води на електрообладнання.

Таким чином, ураження електричним струмом у закладах громадського харчування найчастіше пов'язане з технічними несправностями та порушенням правил безпеки. Комплексне застосування технічних, організаційних заходів і засобів захисту дозволяє значно знизити ризик електротравм та забезпечити безпечні умови праці персоналу.

4.3 Вимоги до евакуації персоналу та відвідувачів у разі надзвичайних ситуацій у закладах громадського харчування

Евакуація людей у разі надзвичайних ситуацій (пожежі, вибуху, задимлення, аварії електрообладнання тощо) є одним із ключових заходів забезпечення безпеки в закладах громадського харчування. Основною метою евакуації є швидке та безпечне виведення персоналу і відвідувачів із небезпечної зони з мінімальним ризиком для їх життя та здоров'я. Ефективність евакуації залежить від правильного планування, технічного забезпечення та підготовки персоналу.

Однією з основних вимог є наявність та розробка плану евакуації, який повинен бути виконаний відповідно до чинних норм і стандартів. План евакуації розміщується на видимих місцях (у залах для відвідувачів, коридорах, біля виходів) і містить схему приміщень, маршрути руху до евакуаційних виходів, позначення місць розташування первинних засобів пожежогасіння, електрощитів та телефонів екстреного зв'язку.

Важливою вимогою є наявність достатньої кількості евакуаційних виходів. Виходи повинні бути вільними, незахаращеними, легко доступними та відкриватися у напрямку виходу людей із приміщення. Двері евакуаційних виходів не повинні бути зачинені на ключ під час перебування людей у приміщенні. Ширина проходів і дверей повинна відповідати нормативним вимогам і забезпечувати безперешкодний рух людей.

Особливу роль відіграє система оповіщення про небезпеку. У закладі повинні бути встановлені засоби звукового та, за необхідності, світлового оповіщення, які своєчасно інформують людей про необхідність евакуації. Повідомлення мають бути чіткими, зрозумілими та не викликати паніки.

Важливим елементом є позначення шляхів евакуації. Усі евакуаційні маршрути повинні бути обладнані відповідними знаками безпеки, що вказують напрямок руху до виходу. У разі відключення електроенергії має бути передбачене аварійне освітлення, яке забезпечує видимість шляхів евакуації.

До організаційних вимог належить підготовка персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях. Працівники повинні проходити інструктажі та навчання, знати свої обов'язки під час евакуації, вміти користуватися первинними засобами пожежогасіння та діяти злагоджено для забезпечення швидкого виходу відвідувачів. Особлива увага приділяється відповідальним особам, які організують евакуацію та контролюють повне звільнення приміщень.

Необхідно також враховувати особливості контингенту відвідувачів, зокрема наявність дітей, осіб похилого віку або людей з обмеженими можливостями. Для таких категорій повинні бути передбачені додаткові заходи

допомоги під час евакуації.

Під час евакуації забороняється користуватися ліфтами (за їх наявності), повертатися до небезпечної зони за особистими речами або створювати тисняву. Рух має здійснюватися організовано, без паніки, відповідно до визначених маршрутів.

Таким чином, дотримання вимог до евакуації персоналу та відвідувачів є важливою складовою системи безпеки закладу громадського харчування. Правильна організація евакуаційних заходів, технічне оснащення та підготовка персоналу дозволяють мінімізувати наслідки надзвичайних ситуацій і зберегти життя та здоров'я людей.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано вибір схеми електропостачання. Встановлено, що для об'єкта, який відноситься до III категорії надійності, доцільним є застосування радіальної схеми живлення від трансформаторної підстанції з використанням одного ввідного кабелю. Запропонована структура електропостачання з виділенням окремих розподільних щитів (ЩБК, ЩБ, ЩВК, ЩСЗ) забезпечує надійність, зручність експлуатації та можливість локалізації аварійних режимів. Передбачено використання сучасних засобів захисту (автоматичних вимикачів) та системи заземлення TN-CS, що відповідає вимогам безпеки.

2. Виконано розрахунок освітлювального навантаження із застосуванням методу коефіцієнта використання світлового потоку. Визначено необхідну кількість світильників для всіх приміщень ресторану, включаючи нові приміщення другого поверху. В якості джерел світла обрано сучасні світлодіодні лампи, що забезпечують енергоефективність та відповідність нормативним вимогам щодо освітленості. Також передбачено аварійне освітлення, яке становить 10% від робочого та живиться від джерела безперебійного живлення, що підвищує рівень безпеки експлуатації об'єкта.

3. Проведено розрахунок електричних навантажень із використанням коефіцієнтів попиту. Визначено активні, реактивні та повні потужності, а також розрахункові струми як для окремих електроприймачів, так і для ресторану в цілому. Сумарне розрахункове навантаження об'єкта становить 154,1 кВА, а струм – 237,1 А. Виконано розподіл навантажень за розподільними щитами, що дозволило деталізувати електроспоживання та підготувати вихідні дані для подальшого вибору електрообладнання і кабельних ліній.

4. У результаті проведених розрахунків встановлено, що існуючий силовий трансформатор типу ТМЗ-250/10 потужністю 250 кВА забезпечує надійне живлення об'єкта навіть після збільшення навантаження. Коефіцієнт завантаження трансформатора не перевищує допустимих значень у

нормальному режимі роботи, що підтверджує правильність його вибору та відсутність необхідності заміни.

5. Проведено вибір перерізів кабельних ліній для живлення та розподілу електроенергії. Обрані кабелі відповідають умовам допустимого струмового навантаження, враховують довжину ліній, умови прокладання та вимоги нормативних документів. Прийнята система прокладання кабелів у залізобетонних каналах та трубах забезпечує безпечну та надійну експлуатацію електромережі.

6. У ході розрахунку струмів короткого замикання визначено їх значення для різних точок системи. Отримані результати дозволили оцінити електродинамічну та термічну стійкість елементів мережі, а також стали основою для правильного вибору захисної апаратури.

7. На основі розрахованих струмів навантаження та короткого замикання виконано вибір автоматичних вимикачів. Обрані апарати забезпечують необхідну чутливість і селективність захисту, відповідають умовам надійності та здатні відключати аварійні струми в межах розрахованих значень. Використання автоматичних вимикачів серії ВА є технічно та економічно обґрунтованим рішенням.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сисак І.М. Електропостачання промислових і муніципальних об'єктів [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1748): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.
2. Малиновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. - Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 436 с. ISBN 978-966-553-833-2
3. Бурбело, М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с. ISBN 978-966-641-450-5
4. Сисак І.М. Електричні системи та мережі [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1747): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.
5. Романюк Ю.Ф. Електричні системи та мережі: Навч. посіб. – К.: Знання, 2007. – 292 с. – (Вища освіта ХХІ століття).
6. <https://samelectryk.in.ua/електропостачання/електричні-сітки/891-які-бувають-категорії-надійності-електропостачання-по-пуе.html>
7. Осадца Я.М. Світлотехнічні установки та системи [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 900): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.
8. 2. Алюмінієвий підвісний світильник-тарілка Philips 915004228701 Massive Hearst 408493110 1x60Вт 230В White в інтернет магазині || AxiomPlus. *Axiomplus*. URL: https://axiomplus.com.ua/ua/svetilniki/product-112138/?srsltid=AfmBOoonBjm9xfYbu2K8adQai0K8Z1hf9dDVr_pyYvXjhyAmDP0vCTIz (дата звернення: 26.04.2026).

9. Розрахунок електричного навантажень / Іван Михайлович Сисак, О. Й. Іваніга, С. В. Любка, Ю. І. Джуган // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 242. — (Електротехніка та енергозбереження).

10. Конспект лекцій з дисципліни “Основи електропостачання ” (скорочений курс лекцій, частина 1) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освіти денної та заочної форми навчання спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Павло Микола ВУСАТИЙ, ПОТАПСЬКИЙ, Ігор ГАРАСИМЧУК (За загальною редакцією Павла ПОТАПСЬКОГО). – Кам'янець – Подільський: ЗВО «ПДУ», 2023. – 127с.

11. Правила улаштування електроустановок. / Міненерго вугілля України,. - К., 2017.

12. Стасів А., Судомир В., Сисак І., Орбчук Б. Розробка програмного модуля для розрахунку центру електричних навантажень енергетичного об'єкту // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. – 2025. – № 361(6). – Грудень.

13. Стасів А.З., Судомир В.П., Миколишин В.В., Сисак І.М., Буняк О.А. Комплекс програмних модулів для проєктування електропостачання промислових та муніципальних об'єктів // IX International Scientific and Practical Conference «EDUCATION AND SCIENCE OF TODAY: INTERSECTORAL ISSUES AND DEVELOPMENT OF SCIENCES», Cambridge, 28 November 2025. – Cambridge : «P.C. Publishing House» «UKRLOGOS Group», 2025. – С. 150–157. – ISBN 978-1-8380558-4-4. – DOI 10.36074/logos-28.11.2025.028

14. Макарчук, Г. О., Чміль, І. В., Стасів, А. З., & Сисак, І. М. (2025). Розрахунок центру електричних навантажень у сучасних умовах. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій “, присвячена 180-річчю з дня народження Івана Пулюя та 65-річчю з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя*, 44-45.

15. Стефанюк, А. Л., Гуменюк, А. А., Стасів, А. З., & Сисак, І. М. (2024). Підвищення технічної надійності підстанції. *Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“*, 267-268.

16. "Електричні машини": навчальний посібник / укладачі: Буняк О.А., Сисак І.М., Бабюк С.М., Оробчук Б.Я., Осадца Я.М, Коваль В.П., – Тернопіль : видавництво ФОП Паляниця В.А., 2023. – 324 с. Текст: укр. - ISBN 978-617-7875-57-3

17. Купчик, В. О., Сердюк, Т. Т., Головачук, Г. І., Волосинецький, Р. Б., Мовчан, Л. Т., & Сисак, І. М. (2022). Підвищення надійності та пропускну здатності трансформаторних підстанцій. *Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“*, 80-81.

18. Бацюра, Є. В., Шинькар, Р. І., Ухін, А. Р., Костецький, П. Б., Осадчук, С. В., & Сисак, І. М. (2021). Забезпечення надійності системи електропостачання промислових об'єктів. *Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“*, 9-10.

19. Романишен, О. В., Клименко, Д. Р., & Сисак, І. М. (2020). Підвищення надійності системи електропостачання. *Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“*, 2, 128-128.

20. Ткач, М. В., Сисак, І. М., Миколишин, В. В., & Сердюк, Т. Т. (2017). Підвищення надійності системи електропостачання промислових підприємств. *Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“*, 3, 125-125.

21. Бабанін, Н. В., Сисак, І. М., Гапонюк, А. В., & Максимчук, О. М. (2017). Вибір трансформаторів підстанцій за навантажувальною здатністю. *Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної*

конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “, 3, 89-89.

22. Сисак, І. М., & Скакун, О. І. (2016). Дослідження та вибір заходів підвищення надійності системи електропостачання трансформаторної підстанції 35/10 кВ. *Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “*, 192-192.

23. Белякова І.В. Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 176): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.

24. Гурик О.Я. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 4656): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2017. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.

25. 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.