

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Центр перепідготовки та післядипломної освіти

(повна назва факультету)

електричної інженерії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Забезпечення надійної роботи системи електропостачання
торгівельного комплексу**

Виконав: студент (ка) 2 курсу, групи БЕд-2

спеціальності 141–

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Жук С.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Буняк О.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Вакуленко О.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Тарасенко М.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет _____ центр перепідготовки та післядипломної освіти _____
 (повна назва факультету)
 Кафедра _____ електричної інженерії _____
 (повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри ЕІ

 (підпис) Тарасенко М. Г.
 (прізвище та ініціали)
 “ 27 ” _____ серпня _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

- на здобуття освітнього ступеня _____ магістр _____
 (назва освітнього ступеня)
 за спеціальністю _____ 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____
 (шифр і назва спеціальності)
 студенту _____ Жук Світлані Вікторівні _____
 (прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи _____ Забезпечення надійної роботи системи електропостачання торгівельного комплексу _____
 Керівник роботи _____ Буняк Олег Андронікович, к.т.н., доцент _____,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 Затверджені наказом ректора від “26” серпня 2021 р. № 4/7-693 _____
2. Термін подання студентом завершеної роботи _____ 15 грудня 2021 року _____
3. Вихідні дані до роботи _____ Однолінійна схема електропостачання торгівельного центру. Паспортні дані електроенергетичного обладнання. Дані обліку електричної енергії підприємства. _____
4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
 _____ Вступ. 1. Аналітичний розділ. 2. Розрахунково-дослідницький розділ. 3. Проектно-конструкторський розділ. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки. Перелік посилань. _____
- _____
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
 _____ Однолінійна схема електропостачання торгівельного комплексу. Однолінійна схема електропостачання ТП 10/0,4 кВ. План розміщення силового та освітлювального обладнання торгівельного комплексу. Схема для розрахунку струмів КЗ. Схема захисту кабельної лінії. Схема аварійного освітлення торгівельного комплексу. _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	к.т.н., доцент Гурик О.Я.		

7. Дата видачі завдання 27 серпня 2021 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел та патентний пошук	01.09.21 - 31.09.21	
2	Аналітичний розділ	15.10.21 - 01.10.21	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	01.10.21 - 15.11.21	
4	Проектно-конструкторський розділ	15.10.21 - 15.11.21	
5	Заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	01.10.21 - 15.10.21	
6	Формування пояснювальної записки та плакатів по кваліфікаційній роботі	15.11.21 - 15.12.21	
7	Попередній захист кваліфікаційної роботи	15.12.21 - 20.12.21	

Студент

(підпис)

Жук С. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Буняк О. А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Центр перепідготовки та післядипломної освіти. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕд-2. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021.

У кваліфікаційній роботі запропоновані заходи забезпечення надійності системи електропостачання торговельного центру.

Оцінка надійності проводилась не за абсолютними показниками надійності, а з позиції адекватності генерації електроенергетичної системи.

На основі аналізу режимів роботи електричного обладнання проведені розрахунки навантажень силового та освітлювального обладнання підприємства.

Здійснено розрахунки та вибір трансформаторів та запропоновані схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання.

Проведений вибір комутаційного/захисного обладнання та схеми захисту кабельної лінії на основі розрахунків струмів короткого замикання.

Ключові слова: освітлювальне навантаження, силове навантаження, забезпечення надійності.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Особливості забезпечення надійності в сучасних умовах електропостачання	7
1.2 Характеристика системи електропостачання торговельного комплексу ...	15
1.3 Висновки по першому розділі	16
2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Розрахунок силового та освітлювального навантаження	17
2.2 Розрахунок загального навантаження на шинах НН ТП	35
2.3 Вибір числа та потужності трансформаторів	36
2.4 Визначення електричного навантаження з врахуванням втрат в трансформаторах	38
2.5 Вибір схеми електропостачання торговельного комплексу	39
2.6 Висновки по другому розділі	46
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	47
3.1 Розрахунок струмів короткого замикання	47
3.2 Вибір комутаційно-захисного обладнання	54
3.3 Висновки по третьому розділі	65
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	66
4.1 Умови праці на електроустановках торговельного комплексу та при перевірці засобів системи обліку електроенергії	66
4.2 Принципи та способи захисту працівників торговельного комплексу при виникненні надзвичайних ситуацій	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	74

ВСТУП

Актуальність теми. Надійність - один з найважливіших критеріїв, який необхідно враховувати на етапі експлуатації енергосистеми. Метою оцінки надійності є визначення відповідних показників та критеріїв надійної роботи електричного обладнання на основі даних про відключення компонентів та конфігурації мережі. Особливо це важливо, коли проводиться аналіз оцінки надійності однофазних споживачів, які працюють в загальній системі трифазної мережі. В цьому випадку необхідно проводити оцінку надійності роботи на різних рівнях електроспоживання з врахуванням можливості розширення вхідних потужностей. Такий підхід вимагає розробки комплексних методів оцінки надійності та моделювання. [1].

Мета і завдання дослідження. Метою дипломної роботи є розробка комплексних заходів забезпечення надійності торгівельного комплексу.

Відповідно до вказаної мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз засобів забезпечення надійності торгівельного комплексу з врахуванням діючої системи електропостачання та електроспоживання;
- провести розрахунки силового та освітлювального навантаження торгівельного комплексу;
- обґрунтувати вибір числа та потужності розподільних пристроїв та трансформаторів;
- провести вибір схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання торгівельного комплексу;
- провести вибір захисного обладнання на основі розрахунків струмів короткого замикання для забезпечення комплексної надійності торгівельного комплексу.

Об'єкт дослідження – процеси електроспоживання та електропостачання підприємств.

Предмет дослідження – забезпечення надійності електропостачання на електроспоживання однофазних електроприймачів.

Наукова новизна отриманих результатів.

– отримало подальший розвиток застосування комплексних методів забезпеченні надійності роботи електроспоживачів, що працюють від однофазної мережі.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані схемні реалізації системи електропостачання та електроспоживання торгівельного комплексу дозволить підвищити надійність роботи електричного обладнання в умовах експлуатації.

Апробація.

Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на X Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“ (24-25 листопада 2021 року), Тернопіль, Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Особливості забезпечення надійності в сучасних умовах електропостачання

Надійність є одним із найважливіших критеріїв, який необхідно враховувати на всіх етапах планування та експлуатації енергосистеми. Критерій надійності необхідний для встановлення цільових рівнів надійності, послідовного аналізу та порівняння майбутніх рівнів надійності з можливими альтернативними планами розширення. Ця потреба привела до розробки комплексної оцінки надійності та, відповідно, методів моделювання. Як міра оцінки надійності енергетичної системи при плануванні, розширенні виробництва широко використовуються три фундаментальні індекси [1, 2].

Перший індекс надійності – це втрата очікуваного навантаження, що визначає очікувану середню кількість днів у році, протягом яких система перебуває у відключенні, тобто навантаження перевищує наявну генеруючу потужність.

Другий індекс – очікуваний попит, який не буде забезпечено, й представляється як розмір навантаження, яке було втрачено внаслідок серйозних відключень.

Третій індекс – очікувана недопоставлена енергія, яка визначається як очікуваний розмір енергії, що не постачається генеруючими блоками, які перебувають у системі протягом розглянутого періоду через дефіцит потужності або неочікувані серйозні відключення електроенергії.

Реалізація цих індексів зараз зростає, оскільки вони є значущими насамперед в економічному відношенні.

Порівняно з оцінкою надійності генерації, існують також індекси надійності, які стосуються оцінки надійності електричної мережі (передачі та розподіл).

Існує два основних поняття, які зазвичай розглядаються в надійності мережі, а саме: порушення якості та порушення безперервності [3, 4].

Перший критерій розглядає порушення меж напруги та номінальної або пропускної спроможності лінії, а другий критерій передбачає нескінченну ємність ліній.

Мережі передачі та розподілу можна проаналізувати аналогічно тому, що використовується при оцінці надійності генерації, тобто ймовірності не забезпечення безперервності електропостачання. Це дозволить спростити частоту та тривалість оцінки мережі. За умови, що відповідні індекси надійності компонентів відомі, обчислити очікувану частоту відмов відносно просто за середньою тривалістю відключень [3].

Аналіз експлуатації електричного обладнання показав [3], що будь-яка машина не є настільки надійною щоби постійно бути в робочому стані. Це означає, що її необхідно вимкнути для технічного обслуговування або вона може бути вимкнена через якісь інші проблеми, що впливають на її роботу. Таким чином, статус вимкнення включає заплановані та вимушені відключення. Планові відключення – це навмисне виведення з експлуатації для технічного обслуговування або заміни. Вимушені відключення визначаються як такі, коли електричне обладнання не працює через несправність. Останній є найбільш серйозним і важливим фактором планування та експлуатації електричного обладнання.

Описане вище є важливим, коли на рівні з трифазними споживачами в системі працює велика кількість однофазного навантаження. Яскравим прикладом такої системи електроспоживання є торговельні комплекси.

Тому, проблема підвищення надійності роботи систем електропостачання торговельних комплексів вимагає розробки нових підходів, особливо, коли необхідно мати в запасі резервну потужність, а в структурі електропостачання функціонують різні типи перетворювачів електроенергії, що вносять в систему неочікувану не лінійність і, відповідно, створюють різні нестационарні стани [4].

Проведений аналіз [1-5] останніх досліджень щодо засобів забезпечення надійності з врахуванням причин, які призводять до відмови обладнання можна представити в загальному випадку таблицею на рисунку 1.1.

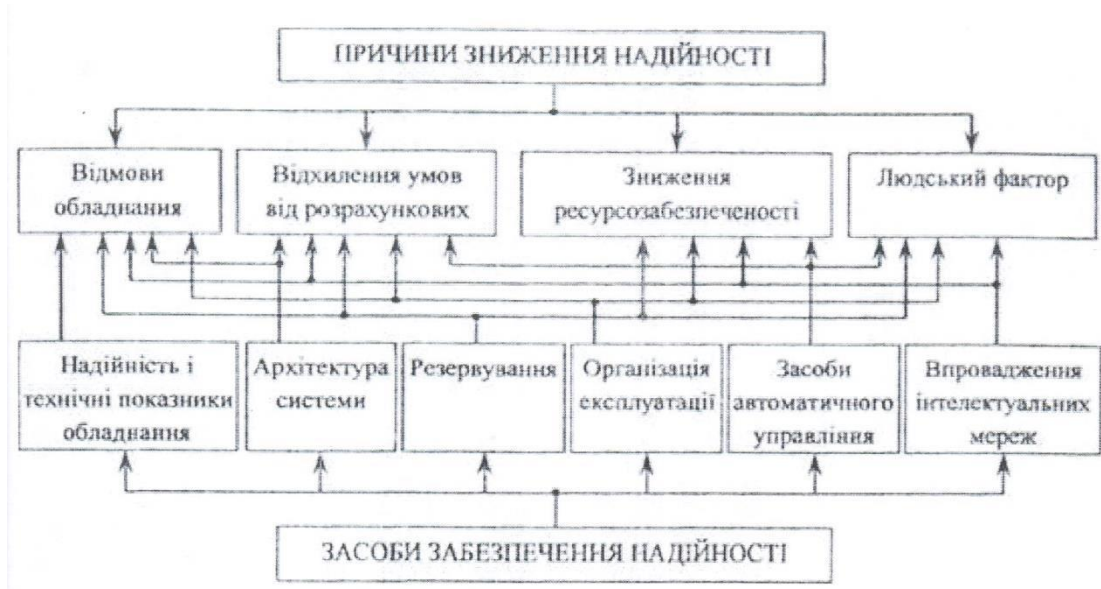


Рисунок 1.1 – Причини зниження надійності електропостачання підприємства та засоби її забезпечення [5].

Як показує практика, в процесі експлуатації, надійність забезпечується за рахунок підтримування в робочому стані мережі ланок 10 кВ та 0,4 кВ при постійному контролі на основі проведення моніторингу та діагностики обладнання. В більшості випадків [1, 2, 4] застосовуються технічні заходи: використання ланок резервування; автоматизація електричних мереж (*АПВ*, *АВР*); засоби телемеханізації; збільшення кількості кабельних ліній на ланках 10кВ.

Натомість, при використанні технічних засобів забезпечення надійності суттєву роль відіграє забезпечення показників якості. Особливо це важливо при використанні крім трифазних електроприймачів велику кількість однофазних як елементів освітлювального та силового навантаження. Це призводить до рекуперації енергії не тільки між окремими споживачами а й окремими фазами, що визвано невірноваженістю трифазної мережі (балансу енергії) та несиметрії [6]. Крім цього в трифазних мережах на різних ланках розподілу електричної

енергії присутні вищі гармоніки напруги зворотної та нульової послідовності. Від роботи електричного обладнання, особливо при використанні однофазних елементів системи, виникає відхилення напруги та частоти [6-9].

Відповідно, для забезпечення надійності системи електропостачання торгівельного комплексу, необхідно технічні та організаційно-технічні (зниження втрат) заходи підвищення надійності розглядати комплексно, з врахуванням показників якості електроенергії. Тобто, при виборі обладнання (ліній електропередачі в системі розподілення, комутаційно-захисного устаткування), для забезпечення надійності необхідно поетапно враховувати наступне [7]:

- використанням обладнання для усунення спотворень в електричній мережі;
- використовувати схем внутрішнього електропостачання, які дозволять забезпечити показники якості електроенергії.

Сучасні системи електропостачання та електроспоживання функціонують з використання «розумної мережі» [1, 2, 3]. Але при застосуванні систем автоматизації процесів та пристроїв координації точкового застосування, такі як: реле, елементи керування повторним включенням, регулятори напруги, елементи керування конденсаторами, індикатори несправних ланцюгів, лічильники та комунікаційні пристрої, необхідно використовувати розширені функції в цих пристроях, такі як самодіагностика, вимірювання вищих гармонік, що максимізує надійність і якість електроенергії, одночасно підвищуючи безпеку та знижуючи експлуатаційні витрати. Ці можливості також, як було означено вище, пов'язані з системами зв'язку, які використовуються для моніторингу та контролю енергетичної системи для підвищення ефективності шляхом збору цінної інформації.

Використання загальносистемного підходу дозволяє впроваджувати більш досконалі, ефективні та економічно ефективні схеми автоматизації. Нові інтелектуальні електронні пристрої (ІЕП) разом із існуючими, які вже

використовуються сьогодні, мають розширені функції автоматизації, які при оптимізації максимізують надійність системи та якість електроенергії.

Як було вказано вище, при оцінці надійності використовують індекси надійності для відстеження передачі електроенергії споживачам [1]. Традиційні вимірювання надійності включають параметри; кількість відключень, тривалість відключень; частота відключень. Індекси надійності, які найчастіше використовують, включають індекс середньої тривалості переривання в системі (SAIDI), індекс середньої частоти переривань системи (SAIFI) та індекс середньої тривалості переривань споживача (CAIDI). Відключення і перерви — це два терміни, які можуть бути визначені по-різному для кожної окремої ланки мереж підприємства, але обидва суттєво знижують надійність та збільшують витрати.

Однак, в сучасних умовах функціонування підприємств, все більший вплив на зростання втрат вносить погіршення показників якості електроенергії. Додавання в систему нових джерел, зміна характеристик навантаження та той факт, що багато систем працюють ближче до меж стабільності, призводять до поганої якості електроенергії, наприклад, провалів напруги, появи вищих гармонік або перехідних процесів. Ці проблеми можуть призвести до відключення дорогого обладнання або відмови в промислових навантаженнях.

Слід відмітити декілька підходів до підвищення надійності та якості електроенергії, які можна розділити на дві категорії: до збурення та після збурення. Щоб підвищити безпеку, якість електроенергії та надійність, загальні методи перед порушенням включають покращення захисту, контроль напруги за допомогою корекції коефіцієнта потужності й оптимізації напруги, а також аналізу й обслуговування системи. Дії після збурення – це методи визначення несправності та аналіз подій. Хоча ці методи окремо допомагають зменшити частоту та тривалість системних порушень [1, 2].

Надійність перед збуренням. З використанням схемних реалізацій внутрішніх ланок електроспоживання можливо пом'якшити або усунути порушення в системі та максимізувати надійність системи, підвищити

ефективність та зменшити витрати. Також, схеми локалізації несправності реалізовані для зменшення системних збоїв і кількості обладнання, які постраждали від постійних відключень. Застосування повторного включення та/або однофазного відключення ще більше зменшує експлуатаційні втрати. Як правило ці функції покладені на релейний захист і узгоджені пристрої з часовими затримками.

Також, можуть застосовувати схеми керування Вольт/ВАр, які покращують якість електроенергії та зменшують втрати в електричній мережі. Коефіцієнт потужності є дуже важливим параметром для оцінювання втрат. Для збільшення коефіцієнта потужності часто використовуються комутовані та фіксовані батареї конденсаторів для контролю напруги та зменшенні втрат у системі розподілення електроенергії. Найбільшими перешкодами у застосуванні комутованих конденсаторів є витрати на прилади для вимірювання дійсного коефіцієнта потужності. Без точного вимірювання важко оптимізувати та максимально знизити технічні втрати. Також важливо уникати проблем із перенапругою та перекомпенсацією, що додає в систему надмірні кВАр. Використання стабілізаторів напруги, які використовуються на підстанціях та лініях низької напруги компенсують втрати напруги для підтримки вимог за напругою при зміні навантаження. Хоча конденсатори та стабілізатори напруги забезпечують покращання стабільності напруги, оптимізація напруги та VAR-елементи на розподільному фідері покращується завдяки координації цих пристроїв.

Вищі гармоніки спотворення в системі розподілення електроенергії негативно впливають на якість та надійність електроенергії. Аналіз характеристик навантаження під час пікового попиту на систему [9] дає можливість для належного зниження напруги, забезпечуючи економію як для підприємства, так і для споживача.

Іншою важливою складовою для підвищення надійності та якості електроенергії та, відповідно, зниження втрат є технічне обслуговування та тестування. Перегорання запобіжників на батареях конденсаторів, пошкоджені

провідники та вихід з ладу вимикача – має значний негативний вплив на надійність та якість електроенергії.

Надійність після збурення. Зменшення часу на виявлення та усунення несправності має найбільший позитивний вплив на показники надійності. Ефективно знайти несправності в системі розподілення електричної енергії досить складно й дорого. Використовуються: методи визначення місць на основі рівнів струму несправності; моделі системи та програмні пакети для оцінки розташування несправності. Значно покращують ці методи використання індикаторів несправних ланцюгів. Тому, програмні рішення для автоматизації цих завдань є потужними інструментами для аналізу після порушення.

Узгодження сучасних захисних реле та органів управління підвищує надійність системи. Прикладами ефективної координації є: автоматична реконфігурація мережі; методи розподіленого контролю (працюють шляхом моніторингу напруги на кожному комутаторі та залежать від скоординованих у часі операцій комутатора для переналагодження). Ці схеми можуть спрацювати менше ніж за хвилину, щоб ізолювати пошкоджену ділянку лінії та відновити електропостачання; є економічними в установці, оскільки вони не потребують комунікаційного обладнання, рішення щодо контролю приймаються лише на основі локальних вимірювань, які не враховують стан більшої розподільної мережі.

1.2 Характеристика системи електропостачання торговельного комплексу

Торгівельний комплекс знаходиться в м. Хмельницькому. Поряд розташовані житлові будинки та інші адміністративні й громадські будівлі.

Умовно всі електроприймачі торговельного центру розділені на дві великі групи: освітлювальні та силові.

Освітлювальні електроприймачі. У основних приміщеннях в цілях економії електроенергії і отримання високих рівнів освітленості, як правило,

використовують світильники з люмінесцентними лампами у виконанні, що відповідає умовам середовища. У допоміжних приміщеннях, складах і коморах застосовуються лампи розжарювання.

При освітленні застосовується загальне освітлення. Система загального освітлення нерівномірна в усіх точках освітлюваної поверхні, не передбачена освітленість в деяких необхідних зонах.

По функціональному призначенню розрізняють робоче, аварійне та евакуаційне освітлення. Робоче освітлення створює освітленість, яка частково не відповідає нормам для виконання зорової роботи в цих приміщенні. Аварійне освітлення не дає можливість продовжувати роботу, але евакуаційне освітлення дозволяє людям безпечно вийти з приміщень, де зникло робоче освітлення.

Необхідно передбачити систему комбінованого освітлення приміщень торговельного комплексу:

- загальне робоче освітлення на напругу $220V$ з використанням світильників з люмінесцентними лампами та лампами розжарювання залежно від призначення приміщень;
- ремонтне освітлення на напругу $36V$;
- евакуаційне та аварійне освітлення (освітлення безпеки), з використанням світлових показників «Вихід», що живлять від окремої мережі з пристроєм *АВР* в коридорах і сходових клітинах;
- чергове освітлення, в якості якого використовується частина світильників від аварійного освітлення.

Світильники та електроустаткування необхідно вибирати відповідно до функціонального призначення приміщень; їх виконання, спосіб установки, класу ізоляції та міри захисту у відповідності номінальній напрузі та умовам довкілля.

Силові електроприймачі (ЕП). З точки зору забезпечення надійного та безперебійного живлення, приймачі електричної енергії торговельного комплексу до двох категорій.

У торговельному центрі до 2-ої категорії відносяться електродвигуни пожежних насосів, електродвигуни і інші *ЕП* протипожежних пристроїв, систем пожежної та охоронної сигналізації, ліфти.

Освітлення коридорів, сходових клітин, показників аварійного виходу відносимо до 2-гої категорії за надійністю електропостачання.

Напруга електричної мережі $380/220\text{ В}$ при глухому заземленні нейтралі трансформаторів на трансформаторній підстанції є найбільш економічною для житлових і громадських будівель.

В загальному, електропостачання *ЕП* торговельного комплексу відносяться до 2-ої категорії за надійністю електропостачання.

Зовнішнє електропостачання проводиться через ввідно-розподільний пристрій серії *УВР 8504*, який встановлений в приміщенні електрощитової корпусу «А» в цокольному поверсі.

Облік витрати електроенергії освітлювальних і силових навантажень здійснюється лічильниками, встановленими в *УВР 8504*.

Живлення електроспоживачів торговельного комплексу здійснюється через *КТП – 630/10/0,4кВ*. Живлення електроспоживачів $0,4\text{кВ}$ здійснюється кабельною лінією *АСБ – 1 (4 × 240 мм)* довжиною 160 м .

Основні показники встановленої електричної потужності електроустаткування торговельного комплексу представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Потужності електроустаткування торговельного комплексу

№ з/п	Найменування споживача	$P_{вст}, \text{кВт}$	K_{ϵ}	$\cos \varphi$
1	Електричне освітлення	103,9	0,7	0,93
2	Санітарно-технологічне устаткування	122,3	0,65	0,75
3	Технологічне устаткування	277,2	0,6	0,98
4	Ліфти	10,0	0,65	0,6
	Разом по торговельному комплексі:	513,4		

1.3 Висновки по першому розділі

На основі особливостей забезпечення надійності в сучасних умовах електропостачання та аналізу діючої системи електропостачання торгівельного комплексу, оцінку надійності проводимо з позиції адекватності генерації електроенергетичної системи, а не за абсолютними показниками надійності системи.

Для вибору заходів забезпечення надійності в різних режимах роботи електричного обладнання необхідно:

- провести розрахунки силового та освітлювального навантаження торгівельного комплексу;
- обґрунтувати вибір числа та потужності трансформаторів розподільних пристроїв;
- провести вибір схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання торгівельного комплексу;
- провести вибір комутаційного/захисного обладнання на основі розрахунків струмів короткого замикання для забезпечення комплексної надійності торгівельного комплексу.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок силового та освітлювального навантаження

Для застосування заходів підвищення надійності торгівельного комплексу розраховуємо освітлювальне та силове обладнання за паспортними даними обладнання та коефіцієнтами використання [10-12].

Розрахунок освітленості приміщень [10].

В торгівельному комплексі необхідне робоче та аварійне освітлення. Аварійне освітлення передбачаємо у всіх приміщеннях окрім допоміжних та складських приміщень.

Норми освітленості приймаємо згідно вимог *ДБН В.2.5–28–2006*: “Природне і штучне освітлення”.

Розрахунок освітленість виконуємо з використанням методу коефіцієнту використання [10].

Розрахунок проводимо наступним чином:

Плануємо оптимальне розташування світильників у приміщенні.

Проводимо розрахунок відстані між світильниками [10] за формулою:

$$L_c = \lambda_c \cdot h, \quad (2.1)$$

де λ_c – коефіцієнт врахування розташування світильників (приймаємо $\lambda_c = 1,4 \div 2$ при симетричному розташуванні світильників, $\lambda_c = 1,7 \div 2,5$ при шахматному розміщенні);

h – розрахункова висота приміщення, m .

$$h = H - h_c - h_p, \quad (2.2)$$

де H – висота приміщення, m ;

h_c – висота підвісу світильника, m ;

h_p – висота робочої поверхні, m .

Врахувавши відстань від світильника до стіни ($1/3L_c \div L_c$) визначаємо індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)}, \quad (2.3)$$

де A, B – геометричні розміри приміщення, m ;

Згідно [10] знаходимо коефіцієнт використання γ .

Обчислюємо значення світлового потоку за формулою:

$$\Phi = \frac{E_{\min} \cdot Z \cdot A \cdot K_{зан}}{N \cdot \gamma} \quad (2.4)$$

де E_{\min} – значення мінімальної освітленості, $лк$;

$Z = 1,1 \div 1,5$ – коефіцієнт врахування розмірів та форми приміщення;

A – площа приміщення, m^2 ;

$K_{зан}$ – коефіцієнт запасу (приймаємо $1,4 \div 1,8$ для ламп денного світла; $1,3$ – для ламп розжарення);

За отриманими значеннями потоку вибираємо тип та потужність ламп та, відповідно, тип світильника.

Враховуючи значення світлового потоку однієї лампи, вибираємо кількість ламп. При цьому відхилення значення світлового потоку від номінального, не повинно перевищувати $-10\% \div +20\%$ значення знайденого за формулою (2.4).

Встановлену потужність освітлювальних установок визначаємо за формулою:

$$P_{вст} = P_l \cdot n \cdot N, \quad (2.5)$$

де P_l – потужність однієї лампи у світильнику, $Вт$;

n – кількість ламп у світильнику, $шт.$;

N – кількість світильників у приміщенні, $шт.$

Розраховуємо активне освітлювальне навантаження:

$$P_{p.o} = P_{вст} \cdot K_n \cdot K_{np.a}, \quad (2.6)$$

де K_n – коефіцієнт попиту, $K_n = 0,9$ (для адміністративно побутових приміщень);

$K_{np.a}$ – коефіцієнт врахування втрат в пусковому обладнанні ($K_{np.a} = 1,2$ – для люмінесцентних ламп із включенням за допомогою стартерів; $K_{np.a} = 1,3$ – $1,35$ – для інших люмінесцентних ламп).

Провівши розрахунки за запропонованою методикою з врахуванням дійсних розмірів приміщень, живлення світильників аварійного освітлення виконуємо не від магістральних щитів (ЩОМ) робочого освітлення, а від групового щита аварійного освітлення (ЩОА).

Для прикладу, проводимо розрахунок освітленості у відділенні промислових товарів:

Номінальна освітленість даного приміщення $E_n = 200 \text{ лк}$.

Для освітлення (згідно $ВСН59-88$) використовуємо лампи $ЛБ$ у світильниках $ЛСП$. Світильники у приміщенні розміщуємо рядами $\lambda_c = 1,5$.

Проведемо розрахунок згідно (2.1 – 2.6).

Розміри приміщення: $2,8 \times 9 \times 2,8 \text{ м}$.

Розрахункова висота (2.2): $h = 2,8 - 0 - 0,8 = 2 \text{ м}$.

Відстань між світильниками (2.1): $L_c = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ м}$.

Вибираємо кількість світильників у приміщенні: 3 світильники у 2 ряди, всього 6 шт.

Обчислюємо індекс приміщення (2.3): $i = \frac{4,8 \cdot 9}{2(4,8 + 9)} = 1,565$.

Для отриманого індексу приміщення коефіцієнт використання становить: $\gamma = 0,813$, тоді, значення світлового потоку буде:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 43,2 \cdot 1,8}{6 \cdot 0,813} = 4782 \text{ лм}.$$

Згідно запропонованої вище методики вибираємо лампи $ЛБ-20$ з параметрами: $\Phi_{\lambda} = 1100 \text{ лм}$, $P_{\lambda} = 20 \text{ Вт}$.

Кількість ламп у світильнику буде: $N = \Phi / \Phi_n = 4782 / 1100 = 4,347$.

Приймаємо 4 лампи у світильнику. Відхилення світлового потоку від обчисленого значення становить $-7,99\%$, що знаходиться в межах допустимого відхилення (-10% до $+20\%$).

Результати розрахунку для освітлювального обладнання торговельного комплексу зводимо у табл. 2.1. та 2.2.

Таблиця 2.1 – Розрахункова потужність освітлювальних приладів першого поверху торговельного комплексу

Приміщення	№	світильник	$F, \text{ м}^2$	$E_n, \text{ лк}$	$N, \text{ шт}$	$K_{пра}$	$P_{р.о}, \text{ кВт}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Магазини промтоварів	01-30	<i>ЛВО02В</i> – 4×20	42	200	6	1,2	0,518
Магазини промтоварів	31-100	<i>ЛВО02В</i> – 4×20	36	200	5	1,2	0,432
Магазини промтоварів	34,28	<i>ЛВО02В</i> – 4×20	23	200	4	1,2	0,345
Головний коридор-хол	101	<i>ЛПБ59</i> – 2×20+ <i>ЛВО02В</i> – 4×20	-	75	110+12	1,2	5,79
Побутове приміщення персоналу	102	<i>ЛВО02В</i> – 4×20	16	150	2	1,2	0,173
Гардероб персоналу з душовою	103	<i>НСП02</i> ×100+ <i>НБО06</i> ×60	21,2+1,8	20	2+1	1	0,234
Санвузол персоналу	104	<i>НБО06</i> ×60	3,6	30	3	1	0,162
Коридор гардероб-завантажувальна	105	<i>ЛПБ59</i> – 2×20	4,9	50	1	1,2	0,043
Завантажувальна	106	<i>ЛВО02В</i> – 4×20	11,7	100	1	1,2	0,086
Приміщення охорони	107	<i>ЛВО02В</i> – 4×20	16,8	150	2	1,2	0,173
Котельня №1	108	-	31,9	-	-	-	-
Тамбур котельні	109	<i>НБО06</i> ×60	7,1	10	1	1	0,054
Сходові клітка	110	<i>НБО06</i> ×60	4,2	30	1	1	0,054
Службове приміщення	111	<i>ЛВО02В</i> – 4×20+ <i>ЛПБ59</i> – 2×20	27,3	150	2+1	1,2	0,216
Комора для зберігання вантажних візків	112	<i>НСП02</i> ×100	20,9	30	3	1	0,270
Котельня №2	113	-	25	-	-	-	-
Завантажувальна	114	<i>ЛВО02В</i> – 4×20	14,9	100	1	1,2	0,086

– Продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7	8
Коридор-Вихід	115	<i>ЛВО02В</i> – 4×20+ <i>ЛПБ59</i> – 2×20	32,1	75	2+1	1,2	0,216
Допоміжне приміщення	116	<i>ЛПБ59</i> – 2×20	5,3	100	1	1,2	0,043
Електрощитова	117	<i>НСП02</i> ×100	6,6	75	2	1	0,180
Торговий зал кафе	118	<i>ЛВО02В</i> – 4×20	72,5+5 ,8	200	7	1,2	0,605
Бар	119						
Коридор з бару	120	<i>ЛВО02В</i> – 2×20	17	75	4	1,2	0,173
Мийка столового посуду	121	<i>ЛВО02В</i> – 2×20	6,1	200	2	1,2	0,086
Санвузол персоналу	122	<i>НБОУ06</i> ×60	2,6	30	2	1	0,108
Комора прибир. інвентарю	123	<i>НБОУ06</i> ×60	2,3	20	1	1	0,054
Допоміжне приміщення	124	<i>ЛВО02В</i> – 2×20	2,8	100	1	1,2	0,043
Комора	125	<i>НСП02</i> ×100	4,7	100	1	1	0,09
Кухня	126	<i>ЛВО02В</i> – 4×20	15,4	200	2	1,2	0,173
Гардероб персоналу	127	<i>НСП02</i> ×100	7,2	30	1	1	0,09
Торговий зал бару	128	<i>ЛВО02В</i> – 4×20	54,8	200	6	1,2	0,518
Бар	129	<i>ЛВО02В</i> – 2×20	10,5	200	2	1,2	0,086
Коридор бару	130	<i>ЛПО02В</i> – 2×20+ <i>НБОУ06</i> ×60	10,7	75	3+1	1,2/1	0,184
Санвузол персоналу	131	<i>НБОУ06</i> ×60	2,6	30	2	1	0,108
Мийка столового посуду	132	<i>ЛВО02В</i> – 2×20	2,7	200	1	1,2	0,043
Кухня	133	<i>ЛВО02В</i> – 4×20	11,1	200	2	1,2	0,173
Кімната-гардероб персоналу	134	<i>НСП02</i> ×60	2,1	30	1	1	0,054
Допоміжне приміщення	135	<i>ЛВО02В</i> – 2×20	2,5	100	1	1,2	0,043
Тамбур туалету	136	два <i>ЛСП02В</i> – 2×40+ <i>ЛСП02В</i> – 1×40	3,7+4, 5	50	1	1,2	0,260
Вестибюль – хол туалету	137	<i>ЛСП02В</i> – 2×40+ <i>ЛСП02В</i> – 1×40	29,3	75	4+2	1,2	0,432

– Продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7	8
Допоміжне приміщення туалету	138	<i>ЛСП02В – 2×40</i>	6,4	50	1	1,2	0,086
Тамбур-шлюз жіночого туалету	139	<i>ЛСП02В – 2×40 + ЛСП02В – 1×40</i>	11,6	75	2+2	1,2	0,259
Жіночий туалет	140	<i>ЛСП02В – 2×40</i>	35,2	75	4	1,2	0,346
Тамбур-шлюз чоловічого туалету	141	<i>ЛСП02В – 2×40 + ЛСП02В – 1×40</i>	11,6	75	2+2	1,2	0,259
Чоловічий туалет	142	<i>ЛСП02В – 2×40</i>	37	75	4	1,2	0,346
Технічні приміщення	143	<i>НБОУ6×60</i>	-	20	8	1	0,432
Всього, кВт							58,52

Примітка. У коридорі встановлюємо світильники *ЛПБ* з люмінесцентними лампами $2 \times 20 \text{ Вт}$, з кроком 4800 мм.

У приміщеннях охорони; котельні № 1 та котельні № 2; електрощитової; вказівники виходу у коридорі(1.115); приміщеннях туалету, вказівники входу до туалету (*ЛСП02В – 1×40*); встановлюємо аварійне освітлення – ті ж лампи, що й основне освітлення (по одному світильнику).

Аварійне освітлення здійснюємо від щита аварійного освітлення (*ЩОА*), який встановлюємо в завантажувальній. До цього щита підключаємо навантаження:

- аварійне освітлення коридорів першого та другого поверху ($2,92 \text{ кВт}$);
- аварійне освітлення сходів ($0,52 \text{ кВт}$);
- аварійне освітлення входів, котельня №2, електрощитова($1,74 \text{ кВт}$);
- аварійне освітлення туалету ($0,88 \text{ кВт}$);
- аварійне освітлення котельні №1, приміщення охорони, сходової клітки ($0,64 \text{ кВт}$);
- прожектори ($0,8 \text{ кВт}$).

Таблиця 2.2 – Розрахункова потужність освітлювальних приладів другого поверху торговельного комплексу

Назва приміщення	№ приміщення	світильник	F , m^2	E_n , $лк$	N , $шт$	$K_{пра}$	$P_{р.о}$, $кВт$
Магазин промтоварів	2.02-2.31	ЛСП02В – 4×40	36	200	5	1,2	0,432
Магазин промтоварів	2.32-2.108	ЛСП02В – 4×40	23	200	4	1,2	0,346
Головний коридор-хол	2.109	ЛП011У – 40	-	75	220	1,2	9,504
Кімната адміністрації №1	2.110	ЛСП02В – 4×20	26,7	300	5	1,2	0,432
Кімната адміністрації №2	2.111	ЛСП02В – 4×20	26,7	300	5	1,2	0,432
Службове приміщення	2.112	ЛСП02В – 4×20	15	150	2	1,2	0,173
Коридор-Вихід	2.109	ЛСП02В – 4×20	32,1	50	2	1,2	0,086
Допоміжне приміщення	2.114	ЛСП02В – 4×20	6	100	1	1,2	0,086
Котельна №1	2.116	НСП02×100	-	30	5	1	0,450
Сходова клітка	2.118	НБО06×60	21,2	30	2	1	0,108
Службове приміщення	2.113	ЛСП02В – 4×20	20,3	150	2	1,2	0,173
Допоміжне приміщення	2.115	ЛСП02В – 4×20	14,2	100	2	1,2	0,173
Котельна №2	2.117	НСП02×100	-	30	5	1	0,450
Всього, $кВт$							51,32

До групових щитів робочого освітлення (ЩО) крім основного освітлення, також підключено припливні вентилятори WOS потужністю 0,16 $кВт$ (в барі, туалетах, допоміжних приміщеннях). Для забезпечення надійного повітрообміну та санітарно-гігієнічних вимог використовуємо один або декілька припливних вентиляторів. Розетки побутові в різних приміщеннях підключаємо до відповідних ЩО цих приміщень через реле РД – 4, з струмом навантаження $I_y = 30 \text{ мА}$. У магазинах промислових товарів та головному коридорі використовуємо реле РД – 2, з параметрами: $I_y = 30 \text{ мА}$, $I_p = 16 \text{ А}$.

При змішаному живленні робочого освітлення та розеточної мережі розрахункове навантаження визначаємо у відповідності з *ВСН 59–88*:

$$P_{p.o} = P_{p.o}^{\wedge} + P_{pp}, \quad (2.7)$$

де $P_{p.o}^{\wedge}$ – розрахункове навантаження ланки загального освітлення;

P_{pp} – розрахункове навантаження мережі розеток.

Значення P_{pp} визначаємо згідно формули:

$$P_{pp} = K_{c.p} \cdot P_{y.p} \cdot n, \quad (2.8)$$

де $K_{c.p}$ – розрахунковий коефіцієнт попиту;

$P_{y.p} = 0,06 \text{ кВт}$ – питома потужність на одну розетку (для барів, коридорів

$P_{y.p} = 0,01 \text{ кВт}$).

Згідно вище наведеної методики обчислення навантаження електричної мережі розеток, для прикладу, проведемо розрахунок для магазинів промислових товарів, враховуючи те що у таких магазинах передбачено 4 розетки:

$$P_{pp} = 1 \cdot 0,06 \cdot 4 = 0,24 \text{ кВт}.$$

Розрахункове навантаження з урахуванням навантаження освітлювальних приладів буде: $P_{p.c} = P_{p.o} + P_{pp} = 0,5181 + 0,24 = 0,758 \text{ кВт}$.

Розрахункове навантаження ліній живлення та вводів при сумісному електропостачанні силових електроприймачів та освітлення проводимо за формулою:

$$P_p = K \cdot (P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}), \quad (2.9)$$

де K – коефіцієнт врахування невідповідності розрахункових максимумів навантажень силових електроприймачів;

$P_{p.o}$ – розрахункове навантаження освітлення;

$P_{p.c}$ – розрахункове навантаження силових електроприймачів крім холодильних установок та систем кондиціонування повітря;

$P_{p.x.c}$ – розрахункове навантаження холодильного обладнання та систем кондиціонування повітря.

В магазинах промтоварів крім освітлення та побутових розеток не передбачено інших споживачів, тому значення розрахункового навантаження буде: $P_p = P_{p.o} = 0,758 \text{ кВт}$, а розрахунковий струм: $I_p = 758/220 = 3,45 \text{ А}$; значення номінального струму комбінованих й теплових розщеплювачів автоматичного вимикача встановлених у *ЩО* (ввідний автомат) магазину буде становити 16 А , номінальні струми автоматичних вимикачів, що захищають розеточну та освітлювальну групу становить 10 А .

Аналогічно здійснюємо розрахунок для інших споживачів та зводимо у таблицю 2.3.

Згідно формули 2.9 отримуємо:

$$P_p = K \cdot (P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}) = 0.85(6,67 + 9,25 + 1 \cdot 0,4) = 13,872 \text{ кВт}.$$

Таблиця 2.3 – Розрахунок електричних споживачів *ЩР* – 1 та *ЩР* – 2

Споживач	$N, \text{шт}$	Навантаження, кВт
Перша секція		
Касовий апарат „DATECS-Україна”	1	0,015
Апарат пивний	1	0,8
Кавоварка електрична „ТІСА”	1	1,2
Розетки побутові	6	0,1
Холодильник побутовий „NORD”	2	0,4
Музичний центр „SAMSUNG”	1	0,025
Гріль електричний	1	1,25
Комбайн кухонний ”MOULINEX”	1	0,15
Піч мікрохвильова”WIRLPOOL”	1	0,9
Плита електрична „ЕЛЕКТРА 1002”	1	7
Електроводонагрівник	1	1,2
Друга секція		
Електрорушник „ДОНБАСС”	1	1,05
Електроосвітлення: торгового залу, бару, коридору, кухні	-	0,62
Електроосвітлення інших приміщень	-	0,54
Вентиляція :		
- кухня	1	0,07+0,16

- бар	1	0,155
- мийка	1	0,115
- туалет	1	0,07
$P_{вст}, кВт$		16,32

Розрахунковий струм складе: $I_p = P_p / \sqrt{3} \cdot U_n = 13,872 / \sqrt{3} \cdot 0,38 = 21,1 А$.

На ЩР-1 та ЩР-2 встановимо, згідно рекомендацій ВСН ввідний автомат на номінальний струм 32 А та автомат для захисту розеточної групи та електричної печі на номінальний струм розщеплювача 25 А.

Згідно викладеної вище методики, проведемо розрахунок навантажень ЩРЗ, результати якого представимо у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок електричних споживачів ЩР – 3

Споживач	N, шт.	Струм авт. розщеп., А	Навантаження, кВт
Електроосвітлення: вестибуль, допоміжне приміщення, тамбур-шлюз (Ч/Ж), туалети (Ч/Ж)	-	16	1,04
Вентиляція	1		1,21
Електроводонагрівник	1	25	1,2
Електрорушник „ДОНБАСС” (Ч)	4	25	1,05
Електрорушник „ДОНБАСС” (Ж)	4	25	1,05
Засувка	1	16	0,17
Електричний регулятор рівня „ЕРСУ-3”	1		0,01
$P_{вст}, кВт$			12,03
$P_{розр}, кВт$			8,4
$I_{розр}, А$			12,9

Проведемо розрахунок навантаження для електроспоживачів ЩР 4 та представимо в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 Розрахунок електричних споживачів ЩР – 4

Споживач	N, шт.	Струм авт. розщеп., А	Навантаження, кВт
Перша секція			
Електроосвітлення: побутове приміщення, гардероб з душовою, санвузол, коридор,	-	16	1,28

завантажувальна, приміщення охорони, топічна, тамбур, сходові клітка			
Вентиляція: туалет, духова	3		0,16

– Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
Розетки побутові: приміщення персоналу, коридор, приміщення охорони, топічна	-	16	0,7
Електроосвітлення приміщень на другому поверсі	-	16	0,35
Вентиляція допоміжних приміщень (другий поверх)	2		0,07+0,16
Розетки побутові (другий поверх – службове, допоміжне приміщення, коридор)	-	16	0,5
Електроосвітлення головного коридору	-	16	0,24
Друга секція			
Електроводонагрівник	1	25	1,2
Електрорушник „ДОНБАСС”	1		1,05
Електровентиль	2	0,04	0,08
Насоси циркуляційні	2	16	2,2
$P_{вст}, кВт$		10,31	
$P_{розр}, кВт$		7,2	
$I_{розр}, А$		11,0	

До ЩР-5 підключимо шістнадцять вентиляторів ВКР-5 ($P_p = 88 кВт$, $I_p = 134,6 А$), підключених за радіальною схемою з захистом автоматами на $I_p = 16 А$ та ввідним автоматом на $I_p = 160 А$. Відключення вентиляторів можливе зі щита ЩР-5, дистанційно й кожного окремо та у випадку спрацювання пожежної станції ППС – 3М / 40.

До ЩР-6 підключаємо систему обігріву та вентиляції приміщень, що контролюється пожежною станцією ППС – 3М / 40. Розрахунки споживачів ЩР-6 зводимо у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахунок електричних споживачів ЩР – 6

Споживач	Струм авт. розщеп., <i>A</i>	Навантаження, <i>кВт</i>
Кондиціонер “CV-P2”	25	2,0
Чілер		6,3
Припливна система “CV-P1”	40	24,68
Припливна система “CV-P1”	40	24,68
Припливна система “CV-P1”	40	24,68
Припливна система “CV-P2”	80	50,0
Припливна система “CV-P2”	63	38,0
Теплова завіса “VIENTA”	25	2×6,76
Вентилятор припливний „WOS”	40	0,16
Теплова завіса “VIENTA”		2×10,03
Вентилятор припливний „WOS”	40	0,16
Теплова завіса “VIENTA”		2×10,03
Теплова завіса “VIENTA”	40	2×10,03
Вентилятор припливний „WOS”	40	0,16
Теплова завіса “VIENTA”		2×10,03
Вентилятор припливний „WOS”	40	0,16
Теплова завіса “VIENTA”		2×10,03
Вентилятор припливний „WOS”	40	0,16
Теплова завіса “VIENTA”		2×10,03
$P_{ест}, кВт$		264,66
$P_{розр}, кВт$		105,9
$I_{розр}, A$		161,9

Розрахунок споживачів ЩОА зводимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок електричних споживачів ЩОА

Споживач	Струм авт. розщеп., <i>A</i>	Навантаження, <i>кВт</i>
Аварійне освітлення коридорів	16	1,48
Аварійне освітлення коридорів	16	1,44
Аварійне освітлення сходів	16	0,52
Аварійне освітлення входів, топочної №2, електрощитової	16	1,74
Аварійне освітлення туалету	16	0,88
Аварійне освітлення топочної №1, приміщення охорони, сходової клітки	16	0,64

Прожектори	16	0,8
$P_{\text{вст}}, \text{кВт}$		7,5
$P_{\text{розр}}, \text{кВт}$		5,3
$I_{\text{розр}}, \text{А}$		8,1

Живлення *ЩР-5* (припливна вентиляційна система), *ЩР-6* (система підігріву та вентиляції повітря), *ЩОА* (аварійне освітлення найбільш відповідальних приміщень торгового комплексу), пожежної станції „ЛПС-3М / 40” та газосигналізаторів, здійснюється від окремої секції шин *ГРШ*, живлення *ЩОМ-1-ЩОМ-17*; *ЩР-1-ЩР-4*; трьох малих вантажних ліфтів „ОТІС” „ОТІС”, здійснюється від іншої секції *ГРШ*.

ЩО магазинів (групами по 3-2 магазини) встановлюємо через автомат з номінальним струмом 25 А та підключаємо до *ЩОМ* (щит магістральний робочого освітлення). *ЩОМ-1-9* встановлюємо на першому поверсі, *ЩОМ-10-17* – на другому поверсі торговельного комплексу. Розрахунки навантажень споживачів під'єднаних до *ЩОМ* зводимо у таблиці 2.8- 2.9.

Таблиця 2.8 – Розрахунок електричних споживачів *ЩОМ* першого поверху торговельного комплексу

Споживач	$I_{\text{розр}}, \text{А}$	Навантаження, кВт
1	2	3
<i>ЩОМ-1</i>		
Живлення магазинів (1.01; 1.03; 1.05)	25	3
Живлення магазинів (1.07; 1.09; 1.11)	25	3
Живлення магазинів (1.13; 1.15)	25	2
Електроосвітлення головного коридору	16	0,64
Електроосвітлення технічного приміщення	16	0,12
Розетка в головному коридорі із <i>РД-2</i>	16	0,1
$P_{\text{вст}}, \text{кВт}$		7,5
$P_{\text{розр}}, \text{кВт}$		5,3
$I_{\text{розр}}, \text{А}$		8,1
<i>ЩОМ-2</i>		
Живлення магазинів (1.02; 1.88; 1.95)	25	3
Живлення магазинів (1.04; 1.06; 1.08)	25	3

Живлення магазинів (1.10; 1.93; 1.94)	25	3
Живлення магазинів (1.12; 1.14; 1.92)	25	3
Живлення магазинів (1.16; 1.90; 1.91)	25	3
Електроосвітлення головного коридору	16	0,96
1	2	3
Електроосвітлення навісу	16	0,24
Розетка в головному коридорі із РД-2	16	0,1
$P_{ест}, кВт$		16,3
$P_{розр}, кВт$		11,4
$I_{розр}, А$		17,5
ЩОМ – 3		
Живлення магазинів (1.17; 1.19; 1.21)	25	3
Живлення магазинів (1.23; 1.25; 1.27)	25	3
Живлення магазинів (1.29; 1.30)	25	2
Електроосвітлення головного коридору	16	0,32
Електроосвітлення технічного приміщення	16	0,06
Розетка в головному коридорі із РД-2	16	0,1
$P_{ест}, кВт$		8,39
$P_{розр}, кВт$		5,9
$I_{розр}, А$		9,1
ЩОМ – 4		
Живлення магазинів (1.18; 1.20; 1.22)	25	3
Живлення магазинів (1.24; 1.25; 1.28)	25	3
Живлення магазинів (1.34; 1.36; 1.38)	25	3
Електроосвітлення головного коридору	16	0,68
$P_{ест}, кВт$		9,68
$P_{розр}, кВт$		6,8
$I_{розр}, А$		10,4
ЩОМ – 5		
Живлення магазинів (1.60; 1.62; 1.64)	25	3
Живлення магазинів (1.54; 1.56; 1.58)	25	3
Живлення магазинів (1.44; 1.46; 1.94)	25	3
Живлення магазинів (1.40; 1.42)	25	2
Електроосвітлення головного коридору	16	0,6
Електроосвітлення території	16	0,4
$P_{ест}, кВт$		11.0

$P_{розр}, кВт$		7,7
$I_{розр}, А$		11,8
ЩОМ – 6		
Живлення магазинів (1.31; 1.32; 1.33)	25	3
1	2	3
Живлення магазинів (1.35; 1.37)	25	3
Живлення магазинів (1.39; 1.41; 1.43)	25	3
Живлення магазинів (1.45; 1.47; 1.48)	25	3
Електроосвітлення головного коридору	16	0,44
Електроосвітлення технічного приміщення	16	0,12
Електроосвітлення сходів	16	0,08
Розетка в головному коридорі із РД-2	16	0,1
$P_{ест}, кВт$		11,74
$P_{розр}, кВт$		8,2
$I_{розр}, А$		12,6
ЩОМ – 7		
Живлення магазинів (1.59; 1.61; 1.63)	25	3
Живлення магазинів (1.53; 1.55; 1.57)	25	3
Живлення магазинів (1.51; 1.52)	25	2
Живлення магазинів (1.49; 1.50)	25	2
Електроводонагрівник	16	1,6
Електроосвітлення 1.111-1.117; вентиляція	16	1,54
Розетка в 1.11; 1.113-1.116; із РД-2	16	0,9
Насоси циркуляційні	16	2x2,2
$P_{ест}, кВт$		18,44
$P_{розр}, кВт$		12,9
$I_{розр}, А$		19,7
ЩОМ – 8		
Живлення магазинів (1.85; 1.87; 1.89)	25	3
Живлення магазинів (1.79; 1.81; 1.83)	25	3
Живлення магазинів (1.75; 1.77; 1.78)	25	3
Живлення магазинів (1.69; 1.71; 1.73)	25	3
Живлення магазинів (1.65; 1.67)	25	2
Електроосвітлення головного коридору	16	0,96
Електроосвітлення технічного приміщення	16	0,24
Електроосвітлення сходів	16	0,08

Розетка в головному коридорі із РД-2	16	0,1
$P_{вст}, кВт$		15,26
$P_{розр}, кВт$		10,7
$I_{розр}, А$		16,4
1	2	3
<i>ЩОМ –9</i>		
Живлення магазинів (1.82; 1.84; 1.86)	25	3
Живлення магазинів (1.76; 1.80; 1.96)	25	3
Живлення магазинів (1.72; 1.74; 1.97)	25	3
Живлення магазинів (1.68; 1.70; 1.98)	25	3
Живлення магазинів (1.66; 1.99; 1.100)	25	3
Електроосвітлення головного коридору	16	0,6
Електроосвітлення навісу	16	0,24
Розетка в головному коридорі із РД-2	16	0,1
$P_{вст}, кВт$		16,3
$P_{розр}, кВт$		11,4
$I_{розр}, А$		17,5

Таблиця 2.9 – Розрахунок електричних споживачів *ЩОМ* другого поверху торговельного комплексу

Споживач	$I_{розиц}, А$	Навантаження, $кВт$
1	2	3
<i>ЩОМ –10</i>		
Живлення магазинів 2.01-2.03	25	3
Живлення магазинів 2.05; 2.07; 2.9	25	3
Живлення магазинів 2.11; 2.13; 2.15	25	3
Електроосвітлення головного коридору	16	0,8
Розетка в головному коридорі із РД-2	16	0,1
$P_{вст}, кВт$		9,9
$P_{розр}, кВт$		6,9
$I_{розр}, А$		10,6
<i>ЩОМ –11</i>		
Живлення магазинів 2.04; 2.92; 2.94; 2.96	25	4
Живлення магазинів 2.06; 2.08; 2.102	25	3
Живлення магазинів 2.10; 2.100; 2.101	25	3
Живлення магазинів 2.12; 2.14; 1.99	25	3
Живлення магазинів 2.16; 2.97; 2.98	25	3

Електроосвітлення головного коридору	16	1,6
Розетка в головному коридорі із РД-2	16	0,1
$P_{ест}, кВт$		17,7
$P_{розр}, кВт$		12,4
1	2	3
$I_{розр}, А$		19,0
ЩОМ –12		
Живлення магазинів 2.17; 2.19; 2.21		
	25	3
Живлення магазинів 2.23; 2.25; 2.27		
	25	3
Живлення магазинів 2.29; 2.31		
	25	2
Живлення магазинів 2.32; 2.33		
	25	2
Електроосвітлення головного коридору		
	16	0,32
Електроосвітлення технічного приміщення		
	16	0,06
1	2	3
Розетка в головному коридорі із РД-2		
	16	0,1
$P_{ест}, кВт$		10,1
$P_{розр}, кВт$		7,1
$I_{розр}, А$		10,9
ЩОМ –13		
Живлення магазинів 2.18; 2.20; 2.22		
	25	3
Живлення магазинів 2.24; 2.26; 2.28		
	25	3
Живлення магазинів 2.30; 2.36		
	25	2
Живлення магазинів 2.38; 2.40		
	25	2
Живлення магазинів 2.34; 2.35; 2.37		
	25	3
Живлення магазинів 2.39; 2.41		
	25	2
Електроосвітлення головного коридору		
	16	0,84
Розетка в головному коридорі із РД-2		
	16	0,1
$P_{ест}, кВт$		9,68
$P_{розр}, кВт$		6,8
$I_{розр}, А$		10,4
ЩОМ –14		
Живлення магазинів 2.68; 2.70; 2.72		
	25	3
Живлення магазинів 2.62; 2.64; 2.66		
	25	3
Живлення магазинів 2.48; 2.50; 2.58; 2.60		
	25	4
Живлення магазинів 2.42; 2.44; 2.46		
	25	3
Живлення магазинів 2.49; 2.51; 2.52		
	25	3
Живлення магазинів 2.43; 2.45; 2.47		
	25	3

$P_{вст}, кВт$		19.0
$P_{розр}, кВт$		13.3
$I_{розр}, А$		20.4
1	2	3
ЩОМ –15		
Живлення магазинів 2.67; 2.69; 2.71	25	3
Живлення магазинів 2.61; 2.63; 2.65	25	3
Живлення магазинів 2.56; 2.57; 2.59	25	3
Живлення магазинів 2.53; 2.54; 2.55	25	3
Електроосвітлення головного коридору	16	0,32
Розетки в головному коридорі; 2.113, 2.115	16	0,7
$P_{вст}, кВт$		13,02
$P_{розр}, кВт$		9,1
$I_{розр}, А$		14,0
ЩОМ –16		
Живлення магазинів 2.91; 2.93; 2.95	25	3
Живлення магазинів 2.85; 2.87; 2.89	25	3
1	2	3
Живлення магазинів 2.83; 2.110; 2.11	25	3
Живлення магазинів 2.77; 2.79; 2.81	25	3
Живлення магазинів 2.73; 2.75	25	2
Електроосвітлення головного коридору	16	1,24
Розетка в головному коридорі із РД-2	16	0,1
$P_{вст}, кВт$		15,34
$P_{розр}, кВт$		10,7
$I_{розр}, А$		16,4
ЩОМ –17		
Живлення магазинів 2.88; 2.90; 2.103	25	3
Живлення магазинів 2.84; 2.86; 2.104	25	3
Живлення магазинів 2.80; 2.82; 2.105	25	3
Живлення магазинів 2.76; 2.78; 2.106	25	3
Живлення магазинів 2.74; 2.107; 2.108	25	3
Електроосвітлення головного коридору	16	1,32
Розетка в головному коридорі із РД-2	16	0,1
$P_{вст}, кВт$		16,42
$P_{розр}, кВт$		11,5
$I_{розр}, А$		17,6

Для захисту приєднань до щитків встановлюємо автоматичні вимикачі *ВА2001/1* – для однофазних споживачів, та *ВА2001/3* для трифазних споживачів.

2.2 Розрахунок загального навантаження на шинах НН ТП

За сумарним навантаженням всіх щитків підключених до *ГРШ*, знаходимо загальне розрахункове навантаження на секціях його шин та зводимо результати в таблицю 2.10.

Так, як основне навантаження *СШ-2* складає навантаження промтоварних магазинів, то наближено можна прийняти [12]: $\cos\varphi = 0.85$ або $\operatorname{tg}\varphi = 0.62$; для вентиляторів підключених до *ЩР-5*: $\operatorname{tg}\varphi = 0.62$; для *ЩР-6* основними споживачами якої є системи підігріву та кондиціонування повітря $\operatorname{tg}\varphi = 0.329$, враховуючи навантаження даних споживачів визначаємо реактивну потужність.

Таблиця 2.10 – Розрахунок загального навантаження на шинах НН ТП

Споживачі	$P_p, \text{кВт}$	$\operatorname{tg}\varphi$	$Q_p, \text{кВАр}$
1	2	3	4
<i>СШ-1</i>			
<i>ЩР-5</i>	88,0	0,62	54,56
<i>ЩР-6</i>	105,9	0,329	34,84
<i>ЩОА</i>	5,3	0,426	2,26
Резерв	-	-	-
Пожежна станція „ <i>ППС-3М / 40</i> ”	0,1	-	-
Газосигналізатор „ <i>ГСБ-01-4</i> ”	0,1	-	-
Газосигналізатор „ <i>ГСБ-01-4</i> ”	0,1	-	-
Всього по <i>СШ-1</i>	199,5		91,66
<i>СШ-2</i>			
<i>ЩОМ-15</i>	9,1	0,62	5,64
<i>ЩОМ-7</i>	12,9	0,62	7,998
<i>ЩОМ-8</i>	10,7	0,62	6,63
<i>ЩОМ-16</i>	10,7	0,62	6,63

– Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4
ЩОМ – 9	11,2	0,62	6,94
ЩОМ – 17	11,5	0,62	7,13
ЩР – 3	8,4	0,62	5,2
ЩР – 2	13,9	0,62	8,62
ЩОМ – 5	7,7	0,62	4,77
ЩОМ – 4	6,8	0,62	4,22
ЩР – 1	13,9	0,62	8,62
ЩОМ – 6	8,2	0,62	5,08
ЩОМ – 14	13,3	0,62	8,25
ЩОМ – 13	11,2	0,62	6,94
ЩОМ – 3	5,9	0,62	3,66
ЩОМ – 12	7,1	0,62	4,4
ЩОМ – 1	6,3	0,62	3,91
ЩОМ – 10	6,9	0,62	4,28
ЩР – 4	7,2	0,62	4,46
ЩОМ – 2	11,4	0,62	7,07
ЩОМ – 11	12,4	0,62	7,69
Малий вантажний ліфт „ОТІС”	3,0	1,169	3,507
Малий вантажний ліфт „ОТІС”	3,0	1,169	3,507
Малий вантажний ліфт „ОТІС”	3,0	1,169	3,507
Всього по СШ – 2	215,7	-	138,66
Всього по торговельному комплексі	415,2	-	230,32

Загальна потужність буде:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{415,2^2 + 230,32^2} = 474,8 \text{ кВА}.$$

2.3 Вибір числа та потужності трансформаторів

Трансформаторні підстанції розташовуємо для забезпечення безпечної експлуатації та швидкої ліквідації при аварійній ситуації, а також, отримання мінімальних втрат напруги в мережах низької напруги торговельного комплексу [12, 13] (вказано на генплані).

Споживачі торгівельного комплексу, в переважній більшості, відносяться до II категорії за надійністю електропостачання. Тому, приймаємо двох трансформаторну підстанцію закритого типу з масляним охолодженням трансформаторів.

Крім цього, плануємо підключення додаткових потужностей, тобто, вибираємо трансформатори більшої потужності. На даний час передбачимо живлення від одного трансформатора, з можливістю (при необхідності) введення в роботу другого трансформатора.

Вибір потужності трансформаторів проводимо, виходячи з умови [14]:

$$S_{T.ном} \geq S_T, \quad (2.10)$$

де $S_T = P_{p\Sigma}/1,4$ – розрахункова потужність на шинах $0,4кВ$ для двох трансформаторної підстанції;

$P_{p\Sigma}$ – розрахункове навантаження на шинах НН ТП;

1,4 – коефіцієнт, що враховує перевантаження трансформатора на 140% при аварійному режимі.

$$P_{p\Sigma}/1,4 = 415,2/1,4 = 339,1кВт .$$

Розв'яжемо питання, щодо економічної доцільності величини реактивної потужності, що передається через трансформатори в електричну мережу на напрузі до $1кВ$.

Отже, встановлюємо 2 трансформатори $ТМ - 400$.

Максимальну реактивну потужність, яку доцільно передавати через трансформатори в мережу на напрузі до $1кВ$, визначаємо з залежності [14]:

$$P_{p\Sigma}/1,4 = 415,2/1,4 = 339,1кВт .$$

$$Q_{\max.т} = \sqrt{(N_{онт} \cdot S_{ном.т} \cdot K_3)^2 - P_{p\Sigma}^2}, \quad (2.11)$$

Сумарна потужність $НБК$ буде становити [14]:

$$Q_{НК1} = Q_{p\Sigma} - Q_{\max.т} \quad (2.12)$$

Якщо $Q_{НК1} < 0$, то $НБК$ не встановлюються.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.11.

Розрахунки показали; встановлюємо два трансформатори $TM - 400$ для забезпечення надійного електропостачання торговельного комплексу; батареї конденсаторів не встановлюємо.

Таблиця 2.11 – Вибір трансформаторів з врахування НБК

Показник	Значення
$P_{p\Sigma}, \text{кВт}$	415,2
$Q_{p\Sigma}, \text{кВАр}$	230,32
$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	474,8
Тип трансформатора	ТМ-400
$K_3 K$	0,6
N_{omm}	2
$Q_{\max, T}, \text{кВАр}$	240,85
$Q_{HK1}, \text{кВАр}$	-10,53

2.4 Визначення електричного навантаження з врахуванням втрат в трансформаторах

Електричні навантаження в СЕП виконуємо в місцях приєднання приймачів електроенергії.

Перерізи кабелів (проводів) та вибір захисного обладнання ліній живлення, визначаємо з врахуванням втрат в трансформаторах [14]:

$$S_{pB} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_T)^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_T)^2}, \quad (2.13)$$

де ΔP_T – втрати ХХ та КЗ в трансформаторах ТП [11], кВт ;

ΔQ_T – втрати реактивної потужності в трансформаторах [11], кВАр .

$$S_{pB} = \sqrt{(415,2 + 3,43)^2 + (230,32 + 18,0)^2} = 486,7 \text{кВА};$$

$$\Delta P_T = 1,45 + 0,6^2 \cdot 5,5 = 3,43 \text{кВт}.$$

2.5 Вибір схеми електропостачання торговельного комплексу

Вибір схеми зовнішнього електропостачання.

При виборі раціональної системи зовнішнього електропостачання ключовими факторами приймаємо забезпечення надійності та зниження втрат при дотриманні показників якості електричної енергії [11-15].

Джерелом живлення торговельного комплексу є шини 10кВ, які виконуємо кабельними лініями.

Переріз жил проводів вибираємо за технічними (нагрів, розрахунковий струм, втрати напруги в номінальному та після аварійному режимах) та економічними умовами (приведені витрати - мінімальні) [15, 16].

Вибір перерізу за нагрівом проводимо за розрахунковим струмом (значення струму в після аварійному режимі при одній лінії живлення) з виразу:

$$I_{n.ав.} = \frac{S_{pB}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{486,7}{\sqrt{3} \cdot 10} = 28,1 A, \quad (2.14)$$

де S_{pB} – розрахункове навантаження на стороні ВН, кВА;

U_n – номінальна напруга ліній, кВ.

Згідно [15] вибираємо кабель типу АСБ.

Повірку перерізу кабелю за нагрівом проводимо за виразом:

$$I_p \leq I_{дон}. \quad (2.15)$$

Повірку за втратою напруги в номінальному режимі проводимо за виразами [16]:

$$\Delta U_{ном} = \sqrt{3} \cdot I_{ном} \cdot \ell (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), \quad (2.16)$$

де $I_{ном}$ – розрахунковий струм в номінальному режимі, А:

$$I_{ном} = S_{pB} / \sqrt{3} \cdot U_n \cdot n = 486,7 / \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2 = 14,05 A, \quad (2.17)$$

де n – кількість паралельних робочих ліній;

ℓ – довжина лінії, км;

r_0, x_0 – питомі активний та індуктивний опори проводу, відповідно, Ом/км, [16].

$$\Delta U \% = \Delta U / U_n \cdot 100, \quad (2.18)$$

$$\Delta U \% \leq \Delta U_{\text{доп}} \% . \quad (2.19)$$

де $\Delta U_{\text{доп}} \%$ – допустимі втрати напруги в лінії.

Визначення втрати напруги в після аварійному режимі проводимо за формулою:

$$\Delta U_{n.ав.} = \sqrt{3} \cdot I_{n.ав.} \cdot \ell (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), \quad (2.20)$$

а, перевірку вибору здійснюємо за виразами (2.18) та (2.19).

Економічно доцільний варіант вибираємо за мінімумом приведених затрат [17] й визначаємо з виразу:

$$Z = E_H \cdot K + C_e, \quad (2.21)$$

де $E_H = 0,125$ – нормативний коефіцієнт щодо ефективності капіталовкладень [11];

K – одноразові капіталовкладення тис.грн [11];

C_e – експлуатаційні витрати, тис.грн :

$$C_e = m \cdot \Delta P \cdot \tau_m, \quad (2.22)$$

де, m – плата за $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ електроенергії [11], грн/кВт·год ;

τ_m – час максимальних втрат, год ;

ΔP – втрати потужності в лінії при номінальному навантаженні, кВт :

$$\Delta P = K_3^2 \cdot \Delta P_{\text{ном}}, \quad (2.23)$$

K_3 – коефіцієнт завантаження лінії в номінальному режимі:

$$K_3 = I_{\text{норм}} / I_{\text{доп}}, \quad (2.24)$$

$\Delta P_{\text{ном}}$ – втрати потужності в лінії, кВт :

$$\Delta P_{\text{ном}} = 3 \cdot I_{\text{доп}}^2 \cdot r_0 \cdot \ell . \quad (2.25)$$

Результати розрахунків зводимо в таблиці 2.12 та 2.13.

Таблиця 2.12 – Вибір та повірка перерізу кабелів 10 кВ

Тип кабелю	F , мм ²	$I_{доп}$, А	r_0 , Ом / км	x_0 , Ом / км	$U_{ном}$, В	$U_{норм}$, %	$\Delta U_{п.ав.}$, %
АСБ – 16	16	90	1,94	0,113	32,43	0,32	0,64
АСБ – 25	25	125	1,24	0,099	21	0,21	0,42
АСБ – 35	35	145	0,89	0,095	15,3	0,15	0,30
АСБ – 50	50	180	0,62	0,09	10,9	0,10	0,20

Таблиця 2.13 – Результати техніко-економічного порівняння варіантів

Тип кабелю	K_3	$\Delta P_{ном}$ кВт	ΔP кВт	C_e , тис.грн	K , тис.грн	Z , тис.грн
АСБ – 16	0,156	14,03	0,24	0,069	3,22	0,472
АСБ – 25	0,112	12,91	0,16	0,046	3,52	0,486
АСБ – 35	0,097	15,13	0,10	0,029	3,76	0,499
АСБ – 50	0,078	15,62	0,08	0,023	4,22	0,551

Приймаємо кабель АСБ – 10 – 3×16, оскільки приведені затрати на лінії мінімальні.

Вибір схеми внутрішнього електропостачання приміщень торгового центру [16, 17].

Напряга електричної мережі торговельного комплексу становить 380 / 220 В.

Зведемо електричні навантаження на розподільні щити за їхніми розрахунковими струмами, що представлені у таблиці 2.14.

До ГРЩ безпосередньо підключено інші щити та окремі споживачі, де, для захисту від надструмів використовуємо автоматичні вимикачі, з відповідним для кожної групи споживачів значеннями струмів.

На рисунку 2.1 показано схему приєднання щитів до шин ГРЩ.

Інші споживачі безпосередньо підключено до ГРЩ: три вантажних ліфта захищаються за допомогою автомата ВА2001/3, резервна лінія підключена через автомат з номінальним струмом 32 А, пожежна станція та

газосигналізатори підключені до двох *СШ* за допомогою автоматів *ВА 2001/1* із $I_p = 16 \text{ A}$ та через магнітний пускач *ПМЕ – 051*.

Таблиця 2.14 – Вибір РЩ 0,4 кВ торговельного комплексу

Щит	$P_p, \text{кВт}$	$\text{tg}\varphi$	$Q_p, \text{кВАр}$	$S_p, \text{кВА}$	I_p, A	К – сть ліній
<i>ЩР – 5</i>	88,0	0,62	54,56	103,6	157,39	16
<i>ЩР – 6</i>	105,9	0,329	34,84	111,5	169,4	12
<i>ЩОА</i>	5,3	0,426	2,26	5,76	8,76	7
<i>ЩОМ – 15</i>	9,1	0,62	5,64	10,7	16,27	6
<i>ЩОМ – 7</i>	12,9	0,62	7,998	15,18	23,06	8
<i>ЩОМ – 8</i>	10,7	0,62	6,63	12,59	19,13	9
<i>ЩОМ – 16</i>	10,7	0,62	6,63	12,59	19,13	7
<i>ЩОМ – 9</i>	11,2	0,62	6,94	13,18	20	8
<i>ЩОМ – 17</i>	11,5	0,62	7,13	13,53	20,56	7
<i>ЩР – 3</i>	8,4	0,62	5,2	9,88	15,01	5
<i>ЩР – 2</i>	13,9	0,62	8,62	16,36	24,85	7
<i>ЩОМ – 5</i>	7,7	0,62	4,77	9,1	13,77	6
<i>ЩОМ – 4</i>	6,8	0,62	4,22	8	12,16	4
<i>ЩР – 1</i>	13,9	0,62	8,62	16,36	24,85	7
<i>ЩОМ – 6</i>	8,2	0,62	5,08	9,49	14,4	8
<i>ЩОМ – 14</i>	13,3	0,62	8,25	15,65	23,78	6
<i>ЩОМ – 13</i>	11,2	0,62	6,94	13,18	20	8
<i>ЩОМ – 3</i>	5,9	0,62	3,66	6,94	10,55	6
<i>ЩОМ – 12</i>	7,1	0,62	4,4	8,35	12,69	5
<i>ЩОМ – 1</i>	6,3	0,62	3,91	7,42	11,27	7
<i>ЩОМ – 10</i>	6,9	0,62	4,28	8,12	12,34	5
<i>ЩР – 4</i>	7,2	0,62	4,46	8,47	12,87	8
<i>ЩОМ – 2</i>	11,4	0,62	7,07	13,41	20,38	8
<i>ЩОМ – 11</i>	12,4	0,62	7,69	14,59	22,17	7

Проводимо вибір сичення провідників за критеріями: за нагрівом тривалим струмом; повірка за втратою напруги; за умовами навколишнього середовища.

Мережу 0,4 кВ торговельного комплексу виконуємо мідним проводом марки *ВВГ*, світильники та електроплити підключаємо проводом *ПВС* для забезпечення надійного контакту в місцях з'єднань використовуємо клемні колодки.

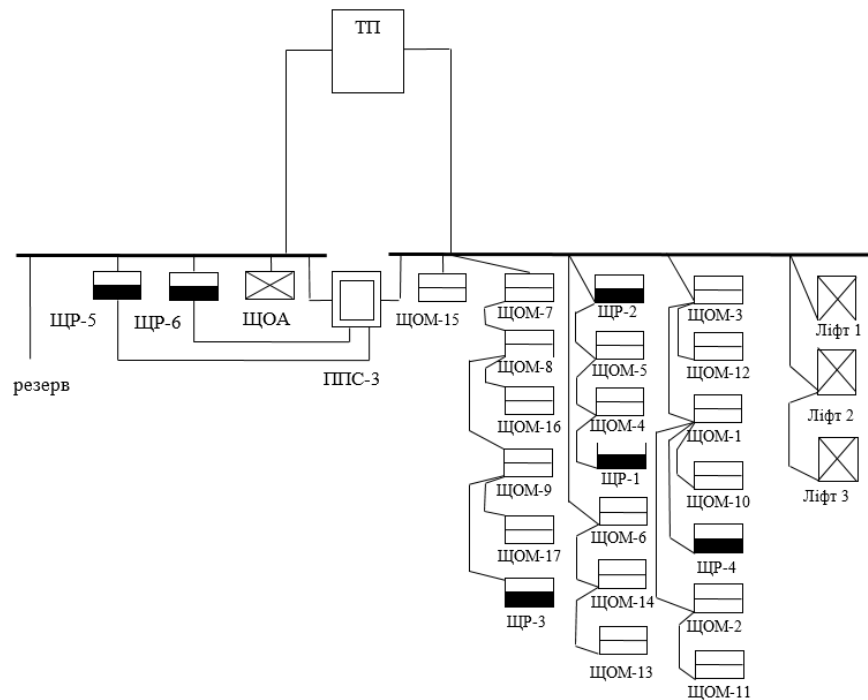


Рисунок 2.1 – Схема підключення щитів торговельного комплексу до ГРШ.

Мережу низької напруги торговельного комплексу у відповідності до напруги застосовуємо п'яти та три провідні проводи (трижильними проводами підключено однофазні споживачі, що вимагають захисне занулення, п'ятижильними проводами підключено трифазні споживачі). Вибрані кабелі зводимо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Вибір кабельних ліній низької напруги

Кабельна лінія	I_p, A	Переріз кабелю <i>ВВГ</i>	$\ell, км$	$I_{дон}, A$	$r_0, Ом / км$	$x_0, Ом / км$	$\Delta U, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>ТП – ГРШ</i>	724	4 шт, $3 \times 95 + 1 \times 70$	35	4×215	0,405	0,064	4,37
<i>ГРШ – ЩР5</i>	157	5×50	80	160	0,769	0,066	3,94
<i>ГРШ – ЩР6</i>	169	$(3 \times 70 + 1 \times 50) + (1 \times 50)$	120	185	0,549	0,065	4,63
<i>ГРШ – ЩОА</i>	9	5×6	175	45	9,410	0,094	4,90
<i>ГРШ – ЩОМ – 15</i>	16	5×6	10	45	6,410	0,094	0,40
<i>ГРШ – ЩОМ – 7</i>	117	5×35	6	120	1,100	0,068	0,31

1	2	3	4	5	6	7	8
ЩОМ – 7 – ЩОМ – 8	98	5×25	60	100	1,540	0,072	3,61
ЩОМ – 8 – ЩОМ – 15	19	5×6	10	45	6,410	0,094	0,48
ЩОМ – 8 – ЩОМ – 9	56	5×10	15	60	3,840	0,088	1,27
ЩОМ – 9 – ЩОМ – 1	21	5×6	10	45	6,410	0,094	0,53
ЩОМ – 9 – ЩР – 3	15	5×6	10	45	6,410	0,094	0,38
ГРШ – ЩР2	76	5×16	40	80	2,400	0,084	2,89
ЩР2 – ЩОМ5	51	5×10	25	60	3,840	0,088	1,92
ЩОМ – 5 – ЩОМ – 4	37	5×6	10	45	6,410	0,094	0,93
ЩОМ – 4 – ЩР – 1	25	5×6	20	45	6,410	0,094	1,25
ГРШ – ЩОМ – 5	58	5×10	45	60	3,840	0,088	3,94
ЩОМ – 6 – ЩОМ – 14	44	5×10	10	60	3,840	0,088	0,66
ЩОМ – 14 – ЩОМ – 13	20	5×6	10	45	6,410	0,094	0,50
ГРШ – ЩОМ – 3	100	5×25	80	100	1,540	0,072	4,91
ЩОМ – 3 – ЩОМ – 12	13	5×6	10	45	6,410	0,094	0,33
ЩОМ – 3 – ЩОМ – 1	78	5×16	50	80	2,400	0,084	3,71
ЩОМ – 1 – ЩОМ – 10	12	5×6	10	45	6,410	0,094	0,30
ЩОМ – 1 – ЩР – 4	13	5×6	40	45	6,410	0,094	1,30
ЩОМ – 1 – ЩОМ – 2	42	5×6	15	45	6,410	0,094	1,58
ЩОМ – 2 – ЩОМ – 11	22	5×6	10	45	6,410	0,094	0,55
ГРШ – Ліфт – 1	5	5×4	10	35	9,610	0,098	0,19
ГРШ – Ліфт – 2	10	5×6	180	45	6,410	0,094	4,51
Ліфт – 2 – Ліфт – 3	5	5×4	5	35	9,610	0,098	0,09

Проведемо розрахунок низьковольтної мережі на прикладі бару.

Напруга живлення – 380 / 220 В.

Згідно розрахунків: $P_p = 13,872 \text{ кВт}$, $Q_p = 8,62 \text{ кВАр}$ (табл. 2.10);

електропостачання ЩР – 2 проводимо від ГРШ кабельною лінією 0,4 кВ.

Розрахунковий струм лінії (табл. 2.14) з врахуванням навантаження споживачів *ЩОМ – 5*, *ЩОМ – 4*, *ЩР – 1* буде:

$$S_p = 16,36 + 9,1 + 8,0 + 16,36 = 49,82 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм в лінії становить:

$$I_p = 49,82 / \sqrt{3} \cdot 0,4 = 71,91 \text{ А}.$$

Згідно табл. 2.14 вибрано кабель *ВВГ – 5×16* з допустимим струмом $I_{дон} = 80 \text{ А}$. З врахуванням кількості ліній (7 штук) приймаємо: *ЩР 32* з кількістю ліній 10 штук; вбудовані вимикачі *ВА 2001*.

Вибір проводів, що живлять окремі приймачі електроенергії, визначаємо за розрахунковими струмами за виразом:

$$I_i = P_{ni} / \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi, \quad (2.26)$$

де P_{ni} – номінальна потужність і-го приймача (табл. 2.2), *кВт*;

$\cos \varphi_i$ – коефіцієнт потужності і-го приймача; $\cos \varphi = 0,85$.

Групи однофазних споживачів підключаємо автоматичними вимикачами *ВА2001/1*, електричну плиту (трифазний споживач) проводом *ПВС 5×2,5* через автоматичний вимикач *ВА2001/3*, (таблиця 2.16).

Таблиця 2.16. – Вибір проводів низьковольтної мережі бару

Назва обладнання	Група	Номінальна потужність $P_n, \text{кВт}$	$N, \text{шт}$	$I_p, \text{А}$	Переріз проводу <i>ВВГ</i>
1	2	3	4	5	6
Касовий апарат „DATECS – Україна”	1	0,015	1	0,046	3×1,5
Апарат пивний		0,8	1	2,47	3×1,5
Кавоварка електрична „TICA”		1,2	1	3,705	3×1,5
Музичний центр „SAMSUNG”		0,025	1	0,077	3×1,5
Розетки побутові	2	0,1	6	1,852	3×1,5
Холодильник побутовий „NORD”		0,4	2	1,235	3×1,5
Гриль електричний	3	1,25	1	3,859	3×1,5
Комбайн кухонний „MOULINEX”		0,15	1	0,463	3×1,5
Піч мікрохвильова „WIRLPOOL”		0,9	1	2,779	3×1,5

1	2	3	4	5	6
Плита електрична „ <i>EЛЕКТРА 1002</i> ”	4	7	1	12,512	5×2,5
Електроводонагрівник	5	1,2	1	3,705	3×1,5
Електрорушник „ <i>ДОНБАСС</i> ”		1,05	1	3,242	3×1,5
Електроосвітлення: торгів. залу, бару, коридору, кухні	6	0,62	-	1,914	3×1,5
Електроосвітлення інших приміщень	6	0,54	-	1,667	3×1,5
Вентиляція :					
- кухня	7	0,23	1	0,71	3×1,5
- бар		0,155	1	0,479	3×1,5
- мийка		0,115	1	0,355	3×1,5
- туалет		0,07	1	0,216	3×1,5

2.6 Висновки по другому розділі

Для забезпечення надійної системи електропостачання електричного обладнання торговельного комплексу на основі проведених розрахунків було встановлена повна потужність з врахуванням втрат. Передбачено встановлення двох трансформаторів на потужність 400 кВА та здійснено вибір кабелів живлення на ланках 10кВ й 0,4кВ.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

Для забезпечення надійності торгівельного комплексу необхідно провести вибір захисного/комутаційного обладнання на основі розрахунку струмів КЗ.

3.1 Розрахунок струмів короткого замикання

Основна причина порушення нормального режиму роботи *СЕП* – короткі замикання в мережі чи в елементах електрообладнання внаслідок пошкодження ізоляції або невірної дії обслуговуючого персоналу [18, 19].

Для зниження втрат, які обумовлені виходом з ладу електрообладнання при протіканні струмів КЗ, а також для швидкого відновлення нормального режиму роботи *СЕП* необхідно правильно визначити струми КЗ.

За відомими величинами струмів КЗ вибираємо захисне обладнання для обмеження струмів КЗ.

Розрахунок струмів КЗ в мережі 10 кВ.

Проведемо розрахунок струмів КЗ у в.о. наближеним методом.

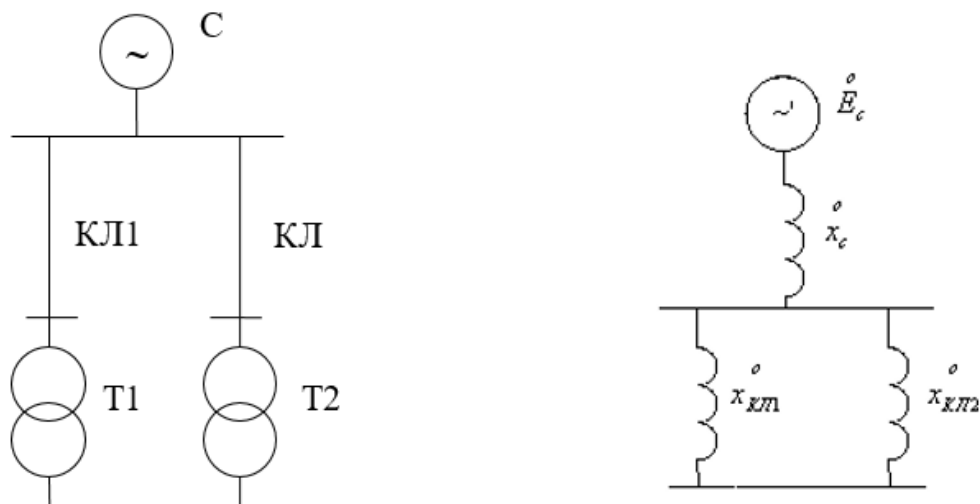


Рисунок 3.1 – Розрахункова та заступна схеми короткозамкненого кола.

За базисну потужність прийємо: $S = 100 \text{ кВА}$; за базисну напругу: $U_{\bar{o}} = U_{\text{сер}} = 10,5 \text{ кВ}$; потужність КЗ джерела живлення $S_{\text{КЗ}} = 32 \text{ МВА}$; опір системи буде становити [18]:

$$X_{\text{М}^*} = \frac{S_{\bar{o}}}{S_{\text{КЗ}}} = \frac{100}{32 \cdot 10^3} = 3,13. \quad (3.1)$$

Опір кабельної лінії визначаємо з виразу:

$$X_{\text{КЛ1}^*} = X_{\text{КЛ1}^*} = x_0 \cdot \ell \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}}^2} = 0,113 \cdot 0,78 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,08. \quad (3.2)$$

Опір паралельних ліній буде:

$$X_{\text{КЛ12}^*} = \frac{X_{\text{КЛ1}^*}}{2} = \frac{0,08}{2} = 0,04. \quad (3.3)$$

Опір послідовних елементів становить:

$$X_{\text{РЕЗ}^*} = X_{\text{М}^*} + X_{\text{КЛ12}^*} = 3,13 + 0,04 = 3,17. \quad (3.4)$$

Побудуємо схему дослідження (рис. 3.2.).



Рисунок 3.2 – Заступна схема об'єднаних паралельно КЛ.

Струм КЗ в точці $K1$ становить:

$$I_{\text{К1}} = \frac{I_{\bar{o}}}{X_{\text{РЕЗ}^*}} = \frac{5,5}{3,17} = 1,735 \text{ кА}. \quad (3.5)$$

де $I_{\bar{o}}$ – базисний струм, кА .

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}. \quad (3.6)$$

Ударний струм КЗ в точці К1 визначаємо з виразу [18]:

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{K1} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 1,735 = 3,435 \text{ кА}. \quad (3.7)$$

де k_y – ударний коефіцієнт [19].

Повіримо вибрані КЛ – 10 кВ на термічну стійкість струмам КЗ. Визначаємо мінімальний переріз за формулою:

$$F_{\min} = \frac{I_{K1}}{K_T} \sqrt{t_n} = \frac{1,735}{95} \sqrt{0,25} = 9 \text{ мм}^2, \quad (3.8)$$

де K_T – температурний коефіцієнт, щодо обмеження допустимої температури нагріву, $(A \cdot \sqrt{c}) / \text{мм}^2$, [19];

t_n – приведений час КЗ, с, [19].

Приймаємо кабель типу АСБ – 3×16, для якого: $I_{дон} = 90 \text{ А}$.

Розрахунок струмів КЗ в мережі 0,4 кВ.

При розрахунку струмів КЗ в мережі напругою 0,4 кВ враховуємо реактивні й активні опори короткозамкненого кола в іменованих одиницях.

Визначаємо струми КЗ на шинах НН ТП, РП і в точці приєднання найпотужнішого приймача. Розрахункова схема ТП, схема заміщення короткозамкненого кола подано на рисунках 3.3 та 3.4.

Вихідні дані для розрахунку: базисна напруга $U_{\sigma} = 0,4 \text{ кВ}$; струм КЗ на шинах ВН ТП $I_{KB} = 1,735 \text{ кА}$; середня напруга на шинах ВН ТП $U_{CBH} = 10,5 \text{ кВ}$; параметри трансформатора: $S_T = 400 \text{ кВА}$, $\Delta P_{\kappa} = 5,5 \text{ кВт}$, $u_{\kappa} = 4,5 \%$; параметри лінії вказані в таблиці 3.1.

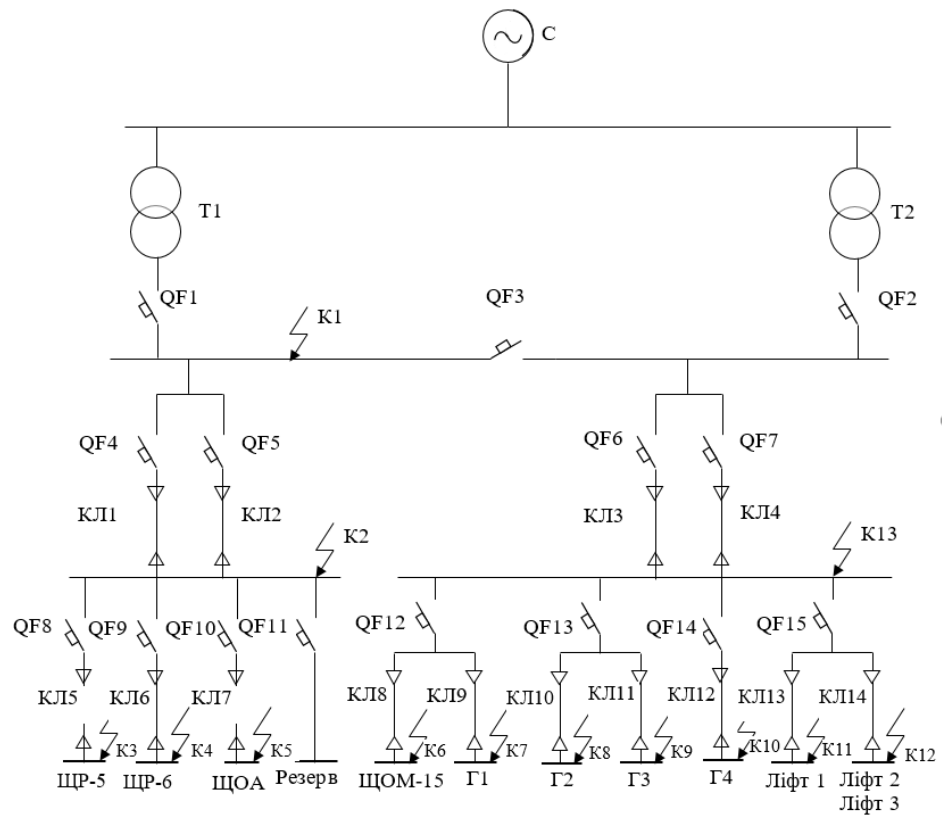


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема короткозамкненого кола.

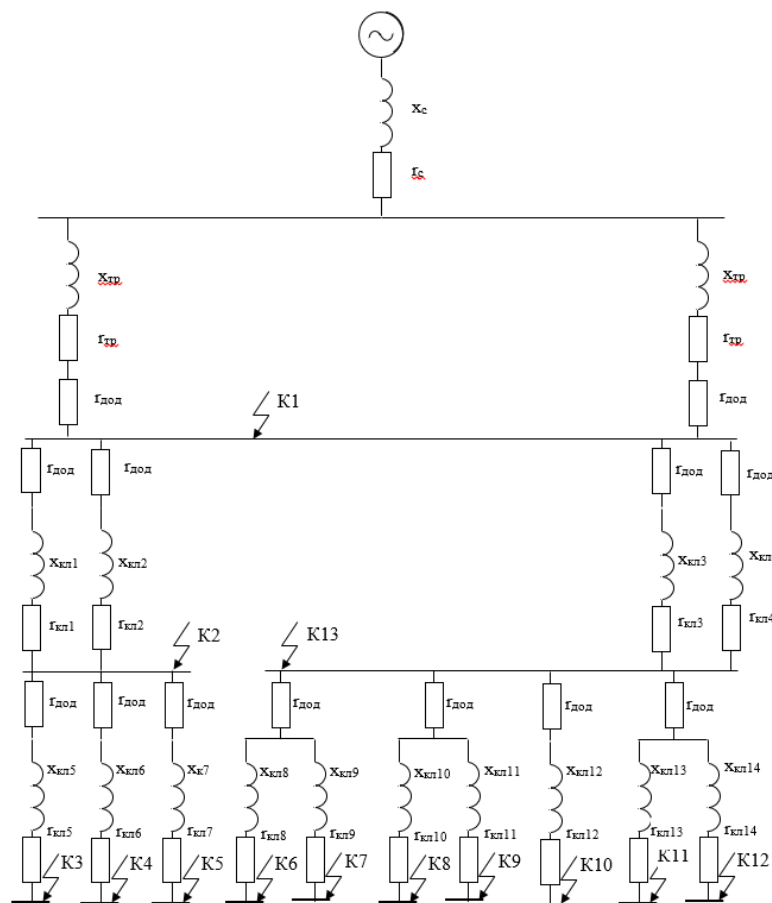


Рисунок 3.4 – Заступна схема короткозамкненого кола.

Опір системи:

реактивний

$$x_m = \frac{U_{CBH}}{\sqrt{3} \cdot I_{KB}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,735} = 3,494 \text{ Ом}; \quad (3.9)$$

активний

$$r_m = r_0 \cdot \ell = 1,94 \cdot 0,78 = 1,513 \text{ Ом}. \quad (3.10)$$

Опір системи, приведений до нижчої напруги:

реактивний:

$$X_m = x_m \cdot \left(\frac{U_{CHH}}{U_{CBH}} \right)^2 = 3,494 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 5,07 \text{ мОм}; \quad (3.11)$$

активний:

$$R_m = r_m \cdot \left(\frac{U_{CHH}}{U_{CBH}} \right)^2 = 1,513 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 2,196 \text{ мОм}. \quad (3.12)$$

Опори трансформатора:

активний:

$$r_T = \frac{\Delta P_{\kappa}}{S_n} \cdot \frac{U_{cp}^2}{S_n} = \frac{5,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4^2}{400^2} = 5,5 \text{ мОм}; \quad (3.13)$$

реактивний:

$$x_T = \frac{u_{\kappa}}{100} \cdot \frac{U_{cp}^2}{S_n} = \frac{4,5}{100} \cdot \frac{0,4^2}{400} = 18 \text{ мОм}. \quad (3.14)$$

Опори ліній:

активний:

$$r_l = r_0 \cdot \ell; \quad (3.15)$$

реактивний:

$$x_l = x_0 \cdot \ell. \quad (3.16)$$

Результуючі опори до точки $K1$:

реактивний:

$$X_{рез1} = X_m + x_T = 5,07 + 18 = 23,07 \text{ мОм}; \quad (4.17)$$

активний:

$$R_{рез1} = r_m + r_T + r_{доо} = 2,196 + 5,5 + 15 = 22,696 \text{ мОм}, \quad (3.18)$$

де $r_{доо}$ – додатковий опір з врахуванням опору перехідного контакту.

Розрахунок опорів $KЛ$ зведемо в табл. 4.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок опорів $KЛ$.

Позначення $KЛ$	$\ell, \text{км}$	$r_0, \text{Ом} / \text{км}$	$r_0, \text{мОм}$	$x_0, \text{Ом} / \text{км}$	$x_0, \text{мОм}$
$KЛ1$	0,035	0,405	14,18	0,064	2,24
$KЛ2$	0,035	0,405	14,18	0,064	2,24
$KЛ3$	0,035	0,405	14,18	0,064	2,24
$KЛ4$	0,035	0,405	14,18	0,064	2,24
$KЛ5$	0,08	0,769	61,52	0,066	5,28
$KЛ6$	0,12	0,549	65,88	0,065	7,8
$KЛ7$	0,175	9,61	1682	0,098	17,15
$KЛ8$	0,01	6,41	64,1	0,094	0,94
$KЛ9$	0,006	1,1	6,6	0,068	0,408
$KЛ10$	0,04	2,4	96	0,084	3,36
$KЛ11$	0,045	3,84	172,8	0,088	3,96
$KЛ12$	0,08	1,54	123,2	0,072	5,76
$KЛ13$	0,01	9,61	96,1	0,098	0,98
$KЛ14$	0,18	6,4	1152	0,094	16,92

Струм КЗ:

$$I_K = U_{\phi} / \sqrt{3} \cdot Z_{рез}, \quad (3.19)$$

де $Z_{рез} = \sqrt{R_{рез}^2 + X_{рез}^2}$ – повний результуючий опір, мОм .

Ударний струм КЗ:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_K, \quad (3.20)$$

де k_y – ударний коефіцієнт на шинах $PII 0,4 \text{ кВ}$: на ТП приймаємо $k_y = 1,1$, слід приймати 1.1, в інших точках мережі – $k_y = 1,0$.

Повіriamo вибрані перерізи $KL - 0,4 \text{ кВ}$ на термічну стійкість до струмів КЗ (3.5).

Результати розрахунку зводимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок струмів КЗ в мережі $0,4 \text{ кВ}$.

Точка КЗ	$X_{рез.}$ МОм	$R_{рез.}$ МОм	$Z_{рез.}$ МОм	$I_k, \text{кА}$	k_y	$i_y, \text{кА}$	$F_{min}, \text{мм}^2$	$F_{прин.}, \text{мм}^2$
K1	23,07	22,70	32,36	7,1	1,10	11,10	-	-
K2	25,31	34,94	43,14	5,4	1,00	7,57	28,17	95
K3	30,59	126,46	130,10	1,8	1,00	2,51	9,34	50
K4	33,11	130,82	134,94	1,7	1,00	2,42	9,01	70
K5	42,46	1746,6	1747,2	0,1	1,00	0,19	0,70	4
K6	26,25	129,04	131,68	1,8	1,00	2,48	9,23	6
K7	25,72	71,54	76,02	3,0	1,00	4,30	15,99	35
K8	28,67	160,94	163,47	1,4	1,00	2,00	7,44	16
K9	29,27	237,74	239,53	1,0	1,00	1,36	5,07	10
K10	31,07	188,14	190,68	1,2	1,00	1,71	6,37	25
K11	26,29	161,04	163,17	1,4	1,00	2,00	7,45	6
K12	42,23	1216,9	1217,6	0,2	1,00	0,27	1,00	4
K13	25,31	34,94	43,14	5,4	1,00	7,57	28,17	95

Виконуються умови не для всіх щитів мережі, тому змінимо переріз $KL - 0,4 \text{ кВ}$, що менший мінімального (лінії, що живлять ліфт та $ЩОМ - 15$) збільшивши його до 10 мм^2 .

3.2 Вибір комутаційно-захисного обладнання

Вибір вимикачів навантаження.

Встановлюємо в комірці 10 кВ, ТП – 10 / 0,4кВ для захисту на стороні ВН трансформатора та комутації навантаження.

Вибір та перевірку здійснюємо за умовами:

– за номінальною напругою:

$$U_{ном.вн} \geq U_{ном}, \quad (3.21)$$

де $U_{ном.вн}$ – номінальна напруга вимикача навантаження, кВ;

– за номінальним струмом пристрою вимикання:

$$I_{ном.вн} \geq I_{р.мах}, \quad (3.22)$$

де $I_{ном.вн}$ – номінальний струм пристрою вимикання, А;

$I_{р.мах}$ – максимальний розрахунковий струм в лінії, А;

– за динамічною стійкістю:

$$i_{ном.дин} \geq i_{у.мах}, \quad (3.23)$$

де $i_{ном.дин}$ – амплітудний граничний наскрізний струм, кА;

$i_{у.мах}$ – максимальний ударний струм КЗ, кА;

– за термічною стійкістю:

$$B_m = I_m^2 \cdot t_m, \quad (3.24)$$

$$B_k = I_{к.мах}^2 \cdot t_n, \quad (3.25)$$

$$B_m \geq B_k, \quad (3.26)$$

де I_m – граничний струм термічної стійкості, кА;

t_m – допустимий час дії струму термічної стійкості, с;

t_n – приведений час КЗ, с;

– за струмом вимкнення запобіжника:

$$I_{ном.з} \geq I_{к.мах}, \quad (3.27)$$

де $I_{ном.з}$ – номінальний струм вимкнення запобіжника, кА;

– за номінальною потужністю вимкнення:

$$S_{\text{ном.вимк}} \geq S_{\text{р.вимк}}, \quad (3.28)$$

де $S_{\text{р.вимк}}$ – розрахункова потужність вимкнення, МВА:

$$S_{\text{р.вимк}} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{\text{к.макс}}, \quad (3.29)$$

Попередньо вибираємо [16] вимикач навантаження типу ВНЗ–10/400 УЗ з запобіжником типу ПКТ–10. Результати перевірки зводимо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Перевірка вимикача навантаження

Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{\text{ном.вн}} = 10 \text{ кВ}$ $I_{\text{ном.вн}} = 400 \text{ А}$ $i_{\text{ном.дин}} = 25 \text{ кА}$ $B_m = I_m^2 \cdot t_m = 10^2 \cdot 1 = 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $I_{\text{ном.з}} = 50 \text{ А}$ $I_{\text{ном.вимк.з}} = 20 \text{ кА}$ $S_{\text{ном.вимк}} = 200 \text{ МВА}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$ $I_{\text{р.макс}} = 28,1 \text{ А}$ $i_{\text{у.макс}} = 3,435 \text{ кА}$ $B_{\text{к}} = I_{\text{к.макс}}^2 \cdot t_n = 1,735^2 \cdot 0,25 = 0,753 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $I_{\text{р.макс}} = 28,1 \text{ А}$ $I_{\text{к.макс}} = 1,735 \text{ кА}$ $S_{\text{р.вимк}} = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1,735 = 30,051 \text{ МВА}$

Умови виконуються; приймаємо вимикач навантаження ВНЗ–10/400 УЗ з запобіжником типу ПКТ–10.

Вибір високовольтного вимикача.

Вимикачі високої напруги розраховані на ввімкнення/вимкнення та перемикання робочих струмів при номінальному режимі й струмів КЗ при аварійних режимах.

Вибір та перевірку вимикачів проводимо за умовами:

– за номінальною напругою:

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном}}, \quad (3.30)$$

де $U_{\text{ном.в}}$ – номінальна напруга вимикача, кВ;

– за розрахунковим струмом:

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{р.макс}}, \quad (3.31)$$

де $I_{ном.в}$ – номінальний тривалий струм вимикача, A ;

$I_{р.мах}$ – максимальний після аварійний струм, A .

– за номінальним струмом відімкнення:

$$I_{ном.відкл} \geq I_{к.мах}, \quad (3.32)$$

де $I_{ном.відкл}$ – номінальний струм відключення вимикача, $кА$;

$I_{к.мах}$ – максимальний струм КЗ, $кА$;

– за динамічною стійкістю:

$$i_{ном.дин} \geq i_{у.мах}, \quad (3.33)$$

де $i_{ном.дин}$ – амплітудний граничний наскрізний струм, $кА$;

$i_{у.мах}$ – максимальний ударний струм КЗ, $кА$;

– за термічною стійкістю:

$$B_T = I_T^2 \cdot t_T \geq B_k = I_{к.мах}^2 \cdot t_n, \quad (3.34)$$

де I_T – граничний струм термічної стійкості, $кА$;

t_T – допустимий час дії струму, $с$.

Попередньо вибираємо [16] вимикач типу $ВВ(\mathcal{E})-10У$.

Результати перевірки зводимо в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Перевірка високовольтного вимикача.

Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{ном.вн} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{ном.вн} = 400 \text{ А}$	$I_{р.мах} = 28,1 \text{ А}$
$I_{ном.вим} = 10 \text{ кА}$	$I_{к.макс} = 1,735 \text{ кА}$
$i_{ном.дин} = 25,5 \text{ кА}$	$i_{у.мах} = 3,435 \text{ кА}$
$B_m = 2977 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k = I_{к.мах}^2 \cdot t_n = 1,735^2 \cdot 0,25 = 0,753 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Умови виконуються, приймаємо вимикач $ВВ(\mathcal{E})-10У$.

Вибір роз'єднувачів.

В комірках розподільчого пункту 10 кВ попередньо приймаємо роз'єднувачі. Вибір та перевірку проводимо за умовами:

– за номінальною напругою:

$$U_{ном.р} \geq U_{ном}, \quad (3.35)$$

де $U_{ном.р}$ – номінальна напруга роз'єднувача, кВ;

– за розрахунковим струмом:

$$I_{ном.р} \geq I_{р.мах}, \quad (3.36)$$

де $I_{ном.р}$ – номінальний тривалий струм роз'єднувача, А;

– за динамічною стійкістю (формула 3.33);

– за термічною стійкістю (формула 3.34).

Попередньо вибираємо [16] роз'єднувач типу РРЗ – 10 / 400.

Результати перевірки зводимо в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Перевірка роз'єднувачів.

Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{ном.р} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{ном.р} = 400 \text{ А}$	$I_{р.мах} = 28,1 \text{ А}$
$i_{ном.дин} = 25,5 \text{ кА}$	$i_{у.мах} = 3,435 \text{ кА}$
$B_m = 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k = I_{к.мах}^2 \cdot t_n = 1,735^2 \cdot 0,25 = 0,753 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Всі умови виконуються, отже, приймаємо остаточно роз'єднувач типу РРЗ – 10 / 400.

Вибір автоматичних вимикачів.

На стороні 0,4 кВ силових трансформаторів та на вводах РП встановлюємо автоматичні вимикачі. Вибір здійснюємо за умовами:

– за номінальною напругою:

$$U_{ном.АВ} \geq U_{ном}, \quad (3.37)$$

– за номінальним струмом розчеплювача

$$I_{\text{ном.розц}} \geq I_p, \quad (3.38)$$

– за граничним струмом вимкнення

$$I_{\text{гр.вимк}} \geq I_k. \quad (3.39)$$

Результати вибору та перевірки автоматичних вимикачів [19] зводимо в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Вибір автоматичних вимикачів ГРШ.

Назва вимикача	Тип вимикача	Каталожні дані			Розрахункові дані		
		$U_{\text{ном.АВ}},$ кВ	$I_{\text{ном.розц}},$ А	$I_{\text{гр.вимк}},$ кА	$U_{\text{ном}},$ кВ	$I_p, А$	$I_k, кА$
QF1	BA5543	0,4	1000	30	0,4	702,491	7,14
QF2	BA5543		1000	30			
QF3	BA5543	0,4	1000	30	0,4	702,4	7,14
QF4, QF5	BA5135	0,4	250	30	0,4	195	5,35
QF6, QF7	BA5135		250	30			
QF8	BA5135	0,4	200	30	0,4	157	1,78
QF9	BA5135		200	30			
QF10	BA2001	0,4	32	4,5	0,4	9	0,13
QF11	BA2001		32	4,5			
QF12	A3716		160	30	0,4	133	1,75
QF13	A3716						
QF14	AE2056		100	30	0,4	100	1,2
QF15	BA2001		32	4,5			

Відповідно до наведеної вище методики проводимо вибір ввідних автоматів встановлених безпосередньо у РЩ.

Результати зводимо у табл.3.7.

Таблиця 3.7 – Вибір автоматичних вимикачів встановлених у щитках.

Щит	I_p, A	Тип автоматичного вимикача	Номинальний струм вимикача
<i>ЩР-5</i>	157,39	<i>A53716</i>	160
<i>ЩР-6</i>	169,4	<i>BA51-35</i>	200
<i>ЩОА</i>	8,76	<i>BA2001</i>	25
<i>ЩОМ-15</i>	16,27	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-7</i>	23,06	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-8</i>	19,13	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-16</i>	19,13	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-9</i>	20,0	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-17</i>	20,56	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩР-3</i>	15,01	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩР-2</i>	24,85	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-5</i>	13,77	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-4</i>	12,16	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩР-1</i>	24,85	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-6</i>	14,4	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-14</i>	23,78	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-13</i>	20,0	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-3</i>	10,55	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-12</i>	12,69	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-1</i>	11,27	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-10</i>	12,34	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩР-4</i>	12,87	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-2</i>	20,38	<i>BA2001</i>	32
<i>ЩОМ-11</i>	22,17	<i>BA2001</i>	32

Вибір трансформаторів струму.

Для забезпечення неперервного контролю величини струму на вводах *РП*, між секціями збірних шин, на лініях, що відходять, встановлюємо амперметр типу *ЭЗ77*.

Для проведення технологічного обліку електричної енергії на вводах *РП* встановлюємо лічильники активної та реактивної енергії типу *САЗУ* та *СРЗУ*. Також встановлюємо лічильники активної енергії на *ГРШ*.

Для живлення ланок приладів вимірювання та під'єднання пристроїв релейного захисту, трансформатори струму вибираємо та перевіряємо за умовами:

– за номінальним первинним струмом:

$$I_{\text{ном.1TC}} \geq I_{p.\text{max}}, \quad (3.40)$$

де $I_{\text{ном.1TC}}$ – струм первинної обмотки трансформатора струму, *A*;

$I_{p.\text{max}}$ – максимальний розрахунковий струм лінії, *A*;

– за номінальною напругою:

$$U_{\text{ном.ТС}} \geq U_{\text{ном}}, \quad (3.41)$$

де $U_{\text{ном.ТС}}$ – номінальна напруга трансформатора струму, *kV*;

– за динамічною стійкістю:

$$i_{\text{ном.дин}} \geq i_{y.\text{max}}, \quad (3.42)$$

де $i_{\text{ном.дин}}$ – амплітудне значення наскрізного струму, *kA*;

$i_{y.\text{max}}$ – максимальний ударний струм КЗ, *kA*;

– за термічною стійкістю (формули 3.24-3.26):

– за навантаженням вторинної обмотки:

$$S_{2\text{ном}} \geq S_{2p} \quad (3.43)$$

де S_{2p} – розрахункове навантаження вторинної обмотки, *ВА*;

$S_{2\text{ном}}$ – номінальне навантаження вторинної обмотки, *ВА*.

Попередньо вибираємо [19] трансформатори струму типу *ТК – 20*.

Результати перевірки зводимо в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Перевірка трансформаторів струму.

Каталожні дані	Розрахункові дані
$I_{ном.ТС} = 1000 \text{ A}$ $U_{ном.ТС} = 0,66 \text{ кВ}$ $i_{ном.дин} = 51 \text{ кА}$ $B_m = I_m^2 \cdot t_m = 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $S_{2ном} = 1,9 \text{ ВА}$	$I_{р.мах} = 702 \text{ A}$ $U_{ном} = 0,4 \text{ кВ}$ $i_{у.мах} = 11,10 \text{ кА}$ $B_{к} = I_{к.мах}^2 \cdot t_n = 7,14^2 \cdot 0,25 = 12,745 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $S_{2р} = 0,4 \text{ ВА}$

Розрахунок номінального навантаження трансформатора струму та встановлені вимірювальні елементи подано в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Розрахунок навантаження трансформатора струму.

Назва приладу	Тип	Навантаження фази А, ВА	Навантаження фази В, ВА	Навантаження фази С, ВА
Амперметр	Э335	0,5	0,5	0,5
Лічильник активної енергії	СА4 – И672М	2,5	–	2,5
Лічильник реактивної енергії	СП4У – 673М	2,5	–	2,5
Всього	–	5,5	0,5	5,5

Навантаження вторинної обмотки ТС проводимо з виразу:

$$S_{2р} \approx Z_2, \quad (3.44)$$

де Z_2 – опір вторинної обмотки ТС, Ом:

$$Z_2 \approx R_2 = \sum R_{прил.} + R_{пров.} + R_{к} = 0,22 + 0,13 + 0,05 = 0,4 \text{ Ом}, \quad (3.45)$$

де $\sum R_{прил.}$ – сумарний опір приладів, Ом:

$$\sum R_{прил.} \approx \sum Z_{прил.} = \frac{\sum S_{прил.}}{I_{ном.2}^2} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом}, \quad (3.46)$$

$$R_{пров.} = Z_{2ном} - R_{прил.} - R_{к} = 0,4 - 0,22 - 0,05 \text{ Ом}$$

Отже $S_{2р} = 0,4 \text{ ВА}$.

Для обліку електроенергії встановлюємо трансформатори струму $TK - 20$ безпосередньо у $ГРШ$; для технічного обліку лічильники активної енергії $СА4У - И672$ (таблиця 3.10).

Таблиця 3.10 – Перевірка трансформаторів струму встановлених на $ГРШ$.

Каталожні дані	Розрахункові дані
$I_{ном.ТГС} = 1000 \text{ А}$ $U_{ном.ТГС} = 0,66 \text{ кВ}$ $i_{ном.дин} = 51 \text{ кА}$ $B_m = I_m^2 \cdot t_m = 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $S_{2ном} = 1,9 \text{ ВА}$	$I_{р.мах} = 702 \text{ А}$ $U_{ном} = 0,4 \text{ кВ}$ $i_{у.мах} = 7,57 \text{ кА}$ $B_k = I_{к.мах}^2 \cdot t_n = 5,35^2 \cdot 0,25 = 7,156 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $S_{2р} = 0,4 \text{ ВА}$

Для забезпечення надійності безперебійного функціонування торговельного комплексу передбачаємо захист кабельних ліній на основі реле $РТ - 40$ та забезпечення відключення вимикача при появі аперіодичної складової струму КЗ [19,20].

Крім цього, так як електропостачання торговельного центру здійснюється двома робочими лініями передбачаємо встановлення блоку $АВР$ при виході з ладу одної лінії (спрацювання захисту при КЗ, виході з ладу трансформатора) [19,20].

Вибір панелей розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП торговельного комплексу.

Вибір та перевірку комірок для обладнання розподільчого пункту 0,4 кВ здійснюють за умовами:

– за номінальною напругою:

$$U_{ном.РП} \geq U_{ном}, \quad (3.47)$$

де $U_{ном.РП}$ – номінальна напруга КРП, кВ;

– за номінальним струмом:

$$I_{ном.РП} \geq I_{р.мах}, \quad (3.48)$$

де $I_{ном.РП}$ – номінальний струм з'єднань шаф, кА;

$I_{p.max}$ – розрахунковий післяаварійний струм $кА$.

– за номінальним струмом відключення:

$$I_{ном.відк.РП} \geq I_{p.max}, \quad (3.49)$$

де $I_{ном.відк.РП}$ – номінальний струм відключення вимикача, $кА$;

– за електродинамічною стійкістю:

$$i_{ном.дин.РП} \geq i_{y.max}, \quad (3.50)$$

– за термічною стійкістю (формула 3.34).

Вибираємо ввідну комірку [16] типу *ЩО98–36*, що містить: автоматичний вимикач типу *ВА 55–43/1000*, рубильник типу *РЕ19–43* з номінальним струмом $1600 А$, трьома *ТС* марки *ТК–20* на номінальний струм $1000 А$.

Результати перевірки зводимо в табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Перевірка комірок *РП 0,4 кВ*

Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{ном.РП} = 0,4 кВ$	$U_{ном} = 0,4 кВ$
$I_{ном.РП} = 1000 А$	$I_{p.max} = 702 А$
$i_{ном.дин.РП} = 14,5 кА$	$i_{y.max} = 11,1 кА$
$B_m = 5^2 = 25 кА^2 \cdot с$	$B_k = 5^2 = 12,745 кА^2 \cdot с$

Умови виконуються, приймаємо остаточно до встановлення ввідну комірку типу *ЩО98–36*.

В якості секційної комірки (комірка з *АВР*) встановлюємо: *ЩО98–36* з двома рубильниками *РЕ19–41/1000* та вимикачем *ВА55–43/1000*; розподільчі комірки: *ЩО98–14* з рубильником *РП–4/400* та автоматичними вимикачами *ВА5135/250*.

Вибір панелей розподільчого пристрою 10 кВ.

Вибір та перевірку комірок *КРП–10кВ* проводимо за умовами:

– за номінальною напругою:

$$U_{\text{ном.КРП}} \geq U_{\text{ном}}, \quad (3.51)$$

де $U_{\text{ном.КРП}}$ – номінальна напруга КРП, кВ;

– за номінальним струмом:

$$I_{\text{ном.КРП}} \geq I_{\text{р.мах}}, \quad (3.52)$$

де $I_{\text{ном.КРП}}$ – номінальний струм головних з'єднань шаф, кА ;

$I_{\text{р.мах}}$ – розрахунковий після аварійний струм, кА .

– за номінальним струмом відключення:

$$I_{\text{ном.відк.КРП}} \geq I_{\text{р.мах}}, \quad (3.53)$$

де $I_{\text{ном.відк.КРП}}$ – номінальний струм відключення вимикача, кА;

– за електродинамічною стійкістю:

$$i_{\text{ном.дин.КРП}} \geq i_{\text{у.мах}}, \quad (3.54)$$

де $i_{\text{ном.дин.КРП}}$ – номінальний струм головних кіл шаф, кА;

– за термічною стійкістю (формули 3.24-3.26)

Попередньо вибираємо [16] КРП типу КСО–393–УЗ. Результати перевірки зводимо в табл. 3.12.

Таблиця 3.12 – Перевірка КРП

Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{\text{ном.КРП}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ном.КРП}} = 630 \text{ А}$	$I_{\text{р.мах}} = 28,1 \text{ А}$
$I_{\text{ном.відк.КРП}} = 10 \text{ кА}$	$I_{\text{р.мах}} = 1,735 \text{ кА}$
$i_{\text{ном.дин.КРП}} = 81 \text{ кА}$	$i_{\text{у.мах}} = 3,435 \text{ кА}$
$B_m = 5^2 = 31,52 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\kappa} = I_{\kappa.\text{мах}}^2 \cdot t_n = 1,735^2 \cdot 0,25 = 0,753 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Умови виконуються, приймаємо до встановлення комірки в РП 10кВ типу КСО–393–УЗ.

3.3 Висновки по третьому розділі

На основі проведених розрахунків струмів $KЗ$ на ланках $10кВ$ та $0,4кВ$ проведено вибір захисного/комутаційного обладнання та здійснена перевірка.

Запропоновані схеми захисту дозволяють забезпечувати надійність системи електропостачання та електроспоживання в різних режимах роботи освітлювального й силового обладнання торговельного комплексу.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Умови праці на електроустановках торговельного комплексу та при перевірці засобів системи обліку електроенергії

Основною небезпекою при обслуговуванні електроустановок є можливість ураження людини електричним струмом при дотику до струмопровідних частин [21].

Розглянемо можливі схеми ввімкнення людини в електричне коло в трифазній мережі на напругу $0,4 \text{ кВ}$:

– значення струму при дотику до фазного проводу (рис. 4.1, а), визначається за наступною формулою, A :

$$I_{\text{Л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{р}} + R_{\text{Л}}}, \quad (4.1)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга мережі, B ;

$R_{\text{р}}$ – максимальне значення опору нейтралі, $R_{\text{р}} = 4 \text{ Ом}$; так як $R_{\text{Л}} \gg R_{\text{р}}$, то значенням $R_{\text{р}}$ нехтуємо;

$R_{\text{Л}}$ – опір тіла людини, $R_{\text{Л}} = 1500 \text{ Ом}$.

$$U_{\phi} = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3}},$$

де $U_{\text{Л}}$ – лінійна напруга мережі, $U_{\text{Л}} = 380 \text{ В}$.

$$U_{\phi} = \frac{380}{\sqrt{3}} \approx 220 \text{ В}; \quad I_{\text{Л}} = \frac{220}{1500} = 0,125 \text{ А}.$$

– значення струму при одночасному дотику до фазного та нульового проводу (рис. 4.1, б), A :

$$I_{\text{Л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{Л}}}, \quad I_{\text{Л}} = \frac{220}{1000} = 0,22 \text{ А}.$$

– значення струму при двофазному дотику (рис. 4.1, в), A :

$$I_{\text{Л}} = \frac{U_{\text{Л}}}{R_{\text{Л}}}, \quad I_{\text{Л}} = \frac{380}{1000} = 0,38 \text{ А}.$$

– значення струму при дотику до фазного проводу при аварійному режимі, одна з фаз мережі замкнена на землю через відносно малий опір R_{3M} (рис. 4.1, г),
 A :

$$I_{II} = \frac{U_{II}}{R_{II} + R_{II}} \approx \frac{\frac{2}{3} \cdot U_{II}}{R_{II}}, \quad (4.2)$$

де R_{3M} – опір замикання проводу на землю, приймаємо $R_{3M} = 100 \text{ Ом}$;

$$I_{II} = \frac{\frac{2}{3} \cdot 380}{1500} = 0,168 \text{ А.}$$

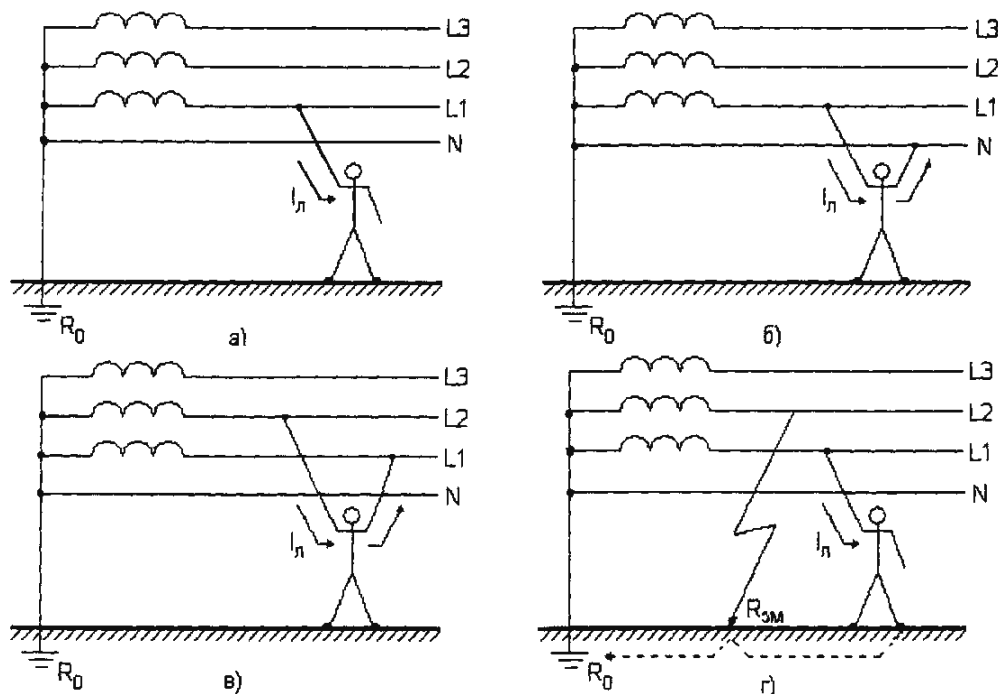


Рисунок 4.1 – Схеми дотику людини до струмопровідних частин.

Провівши аналіз розрахунків бачимо, що експлуатація електроустановок небезпечна, оскільки значення струмів, що проходять через людину, значно більші допустимого струму.

Захисні міри при нормальному режимі роботи електроустановок [21].

1. Ізоляція струмоведучих частин.

Електричні апарати, вторинні ланцюги, електричні проводи на напругу

0,38кВ підлягають випробуванням:

- вимірювання опору ізоляції (значення в таблиці 4.1. [21]);
- випробування ізоляції підвищеною напругою при промисловій частоті.

Норми випробування наведені в таблиці 4.1., при тривалості прикладеної напруги 1 хвилина .

Таблиця 4.1 – Норми випробувань ізоляції електроустановок

Об'єкт, що випробується	Напруга мегаомметра, кВ	Опір ізоляції, МОм	Напруга випробування, кВ
Силові та освітлювальні проводи	1	0,5	1
Розподільчі пристрої, щити	0,5–1	0,5	1

2. Недоступність струмопровідних частин.

Струмопровідні частини розміщуємо в спеціальних закритих шафах. Встановлюємо огорожі або розташовуємо струмопровідні частини на недоступній висоті (не доступній без спеціальних пристосувань). Розподільчі щити, розподільчі пункти розташовуємо в спеціальних приміщеннях (шафах).

3. При експлуатації електроустановок використовуємо методи орієнтації:

– маркування електрообладнання (присвоєння буквенно-смилових або цифрових позначень).

Наносимо на корпус та двері, що відкривають доступ до електрообладнання. Маркування провідників виконуємо у відповідності з електричною принциповою схемою.

– використовуємо попереджувальні знаки «Обережно!» «Електрична напруга!» на дверях, шафах ЩОМ, ЩР, ГРШ та попереджує про небезпеку

ураження електричним струмом;

– фарбування неізолюваних струмопровідних частин;

– застосування світлової сигналізації при ввімкненій/вимкненій стан шафи ГРШ (таблиця 4.2) [21].

Таблиця 4.2 – Фарбування та порядок розміщення шин шафи ГРШ

Шина	Колір фарбування шин	Розміщення шин		
		При розміщенні ошиновки		Відгалуження
		вертикальному	горизонтальному, при нахилі, в трикутник	
Фаза L1	Жовтий	Верхня	Найбільш віддалена	Ліва
Фаза L2	Зелений	Середня	Середня	Середня
Фаза L3	Червоний	Нижня	Ближня	Права
Нульова «робоча»	Блакитний	–	–	–
Нульова «захисна»	Повздовжні жовті і зелені полоси	–	–	–

4. Визначення напруги на корпусі (спрацювання захисту).

Максимальне значення напруги на корпусі по відношенню до землі визначаємо з виразу:

$$U_k = I_{кз} \cdot z_0 \leq U_{\text{д.дон}}(t_{c,3}), \quad (4.3)$$

$$\text{де } z_0 = \sqrt{r_0^2 + \left(\frac{x}{2}\right)^2};$$

$$\text{Отримуємо: } z_0 = \sqrt{0,136^2 + \left(\frac{0,014}{2}\right)^2} = 0,136 \text{ Ом.}$$

Напруга на корпусі, V :

$$U_k = 956,522 \cdot 0,136 = 130,087 \text{ В.}$$

Час відключення запобіжника ПН2–100 у відповідності до ампер-секундної характеристики [20] $t_{c,3} = 0,3 \text{ с.}$

Допустима напруга дотику при $t_{c3} = 0,3$ с складає 165 В.

Отже, задовольняється умова $U_k \leq U_{d.don}(t_{c.3})$

5. Використання захисних засобів при експлуатації електроустановок 0,4 кВ.

Засоби захисту, що використовуємо при експлуатації електроустановок 0,4 кВ, наведено в табл. 4.3 [21].

Таблиця 4.3 – Захисні засоби при експлуатації електроустановок 0,4 кВ

Засоби захисту	Тип	Кількість
Електровимірювальні кліщі	Ц – 91	1 шт.
Показники напруги	УНН – 10	2 шт.
Діелектричні рукавички		2 пари
Діелектричні калоші		2 пари
Ізолюючі підставки		2 шт.
Переносні заземлення	ЗПГ – 1	2 шт.
Плакати безпеки		1 комплект

6. Пожежна безпека.

Причинами пожеж при експлуатації електроустановок в торговельному комплексі є короткі замикання, перевантаження, електричні іскри та порушення правил експлуатації.

Заходи щодо запобігання пожеж:

- правильний вибір й розрахунок апаратів захисту;
- використання в приміщеннях класу кабелів та проводів, що мають ізоляцію та оболонку з негорючих матеріалів;
- перевірка якості контактних з'єднань;
- використання комутаційного обладнання закритого типу для запобігання іскріння;
- обмеження поширення пожежі шляхом використання загальних і місцевих бар'єрів;
- забезпечення готовності до дії засобів гасіння пожежі.

При експлуатації електрообладнання використовуємо засоби гасіння

пожежі:

- ручні вогнегасники типів: *ОУ – 5*, *ОУ – 8* для гасіння невеликих пожеж всіх видів;
- вуглекислотно-брометиловий вогнегасник типу *ОУБ – 7* для гасіння електроустановок під напругою;

4.2 Принципи та способи захисту працівників торговельного комплексу при виникненні надзвичайних ситуацій

Розглянемо захисні заходи до вражаючих факторів ураження на території торговельного комплексу для мирного часу [22].

Захист працівників і території при НС проводимо керуючись наступними принципами:

- заходи, що спрямовані на захист здоров'я людей й збереження довкілля;
- завчасне планування заходів керуючись ймовірністю виникнення НС з врахуванням особливостей регіону;
- комплексне використання засобів захисту на основі раціональності вибору;
- інформаційна доступність працівників щодо захисту від факторів ураження;
- дотримання відповідальними особами (органи ЦЗ) правил поведінки для забезпечення безпеки працівників торговельного комплексу.

Способи захисту працівників торговельного комплексу від вражаючих факторів в мирний час:

Укриття в захисних спорудах [22].

Своєчасне укритті працівників торговельного центру від дії вражаючих факторів в захисних інженерних спорудах; накопичення фонду захисних споруд, які можна використовувати в повсякденних умовах для побутових потреб та забезпечення можливості переоснащення в короткий термін для використання за

прямим призначенням.

Евакуаційні заходи [22].

Забезпечення можливості негайної загальної евакуації працівників торговельного комплексу з місць можливого враження в безпечні райони з врахуванням радіоактивного забруднення території.

Медичний захист [22].

На базі медичного кіоску (аптека), що передбачено на території торговельного комплексу, забезпечити для зниження ступеня враження працівників та відвідувачів наданням медичної допомоги постраждалим (медичні препарати). Необхідно забезпечити швидкий телефонний зв'язок із відповідними закладами охорони здоров'я (лікувальний заклад територіального рівня; державна служба медицини катастроф; центри медико-психологічної реабілітації; заклади забезпечення техногенно-екологічної безпеки територіального рівня).

Біологічний захист [22].

Забезпечення засобами індивідуального захисту для працівників торговельного комплексу (врахувати, що кількість засобів індивідуального захисту для відвідувачів становить 150% від кількості працівників); можливість проведення екстреної профілактики; дотримання протиепідемічного режиму працівниками торговельного комплексу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі запропоновані заходи щодо забезпечення надійності системи електропостачання торговельного комплексу.

1. На основі особливостей забезпечення надійності в сучасних умовах електропостачання та аналізу діючої системи електропостачання торговельного комплексу встановлено, що оцінку необхідно проводити з позиції адекватності генерації електроенергетичної системи, а не за абсолютними показники надійності системи.

2. Розрахунками електричного навантаження освітлювального та силового обладнання торговельного комплексу визначено загальне навантаження, що становить $S_{p\Sigma} = 474,8 \text{ кВА}$.

3. Встановлена необхідність розміщення двох трансформаторної підстанції *КТП* – $2 \times 400 \text{ кВА}$ для забезпечення надійності системи електропостачання торговельного комплексу.

4. Проведений вибір оптимальних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання торговельного комплексу, що дозволило знизити втрати в розподільчій мережі.

5. Проведений вибір комутаційного/захисного обладнання на основі розрахунків струмів короткого замикання дозволить забезпечити надійність роботи в аварійних режимах.

6. Запропоновані схемні реалізації системи електропостачання та електроспоживання торговельного комплексу в сукупності дозволить підвищити надійність роботи електричного обладнання при різних умовах експлуатації та знизити втрати електричної енергії до 30 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Журахівський А.В. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матєєнко, О. Р. Пастух. – Київ. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Видавництво «Політехніка», 2017. – 456 с.
2. Кузнецов В. Г. Проблеми оптимального функціонування систем електропостачання / В. Г.Кузнецов // Технічна електродинаміка. – 1997. – № 1. – С .21–24.
3. Денисюк С.П. Оптимизация электропотребления для энергосбережения в системах с преобразователями / С.П. Денисюк // Пробл. энергосбережения. – 1989.–Вып. 2.– С. 49 – 52.
4. Сивокобиленко В. Ф., Деркачов С. В. Спосіб підвищення надійності електроживлення в системах електропостачання з двигунним навантаженням / В. Ф. Сивокобиленко, С. В. Деркачов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2016. № 2. – С. 84-88.
5. Організаційно-економічні заходи та інструменти забезпечення надійності електропостачання [Електронний ресурс]: Навчальні матеріали в онлайн: економіка енергетики. Режим доступу: http://pidruchniki.com/73805/ekonomika/organizatsiyno-ekonomichni_zahodi_instrumenti_zabezpechennya_nadiynosti_elektropostachannya.
6. Тонкаль В.Е., Новосельцев А.В., Денисюк С.П., Жуйков В.Я. и др. Баланс энергий в электрических цепях. – К.: Наук. думка, 1992. – 312 с.
7. Шидловский А.К., Борисов Б.П., Вагин Г.И. и др. Электромагнитная совместимость электроприемников промышленных предприятий. – К.: Наук. думка, 1992. – 236 с.
8. Шидловский А.К., Кузнецов В.Г. Повышение качества энергии в электрических сетях. – К.: Наук. думка, 1985. – 268 с.
9. Бунько В. Я. Обґрунтування впливу вищих гармонік на елементи систем електропостачання та якість електричної енергії [Текст] / В. Я. Бунько. Науковий

вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – К.: ВЦ НУБіП України, 2014. – Вип. 194, ч. 1. – С. 120-125.

10. Справочная книга для проектирования электрического освещения [Текст]: научное издание / Г. М. Кнорринг [и др.]; ред., Г. М. Кнорринг. – Л.: Энергия, 1976. – 384 с.

11. Бурбел М. Й. Електропостачання промислових підприємств (Курсове проектування) [Текст]: навч. посібник для студ. енергет. спец. / М. Й. Бурбело. – Вінниця: Вінницький держ. технічний ун-т. 1998. – 103 с.

12. Федоров А. А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий [Текст]: учеб. пособие для вузов / А. А. Федоров, Л. Е. Старкова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.

13. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети [Текст] : справочное издание / [сост. Р. Б. Авринский и др.] ; под общ. ред. А. А. Федорова и Г. В. Сербиновского. — 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1980. – 576 с.

14. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. . Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258] // М-во палива та енергетики України. – Х.: Індустрія : Енергетичні рішення. – 2012. – 318 с.

15. Семчинов А. М. Токопроводы промышленных предприятий [Текст]: научное издание / А. М. Семчинов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, – 1982. – 208 с.

16. Дорошев К. И. Эксплуатация комплектных распределительных устройств 6-220 кВ. [Текст] / К.И. Дорошев. – М.: Энергоатомиздат, – 1987. – 336 с.

17. Справочник энергетика [Текст]: справочное издание / Н. П. Ливинец, А. Н. Немилостивый. – К.: Техніка, – 2008. – 512 с.

18. Андреев В. А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах

електроснабження [Текст] : учебник для вузов / В. А. Андреев. – 2-е изд, перераб. и доп. – М. : Высшая школа. – 1985. – 391 с.

19. Релейний захист і автоматика в системах електропостачання [Текст] : навч. посібник для студ. електротехнічних спец. вищ. навч. закладів України / П. П. Говоров [та ін.]. – Х.: Інститут змісту і методів навчання; Харківська держ. академія міського господарства. – 1996. – 228 с.

20. Правила устройства электроустановок. –М.:Энергоатомиздат,–1985. – 640 с.

21. Князевский Б.А., Марусова Н.А., Чеколин Н.А. Охрана труда в электроустановках [текст] / Б.А.Князевский, Н.А. Марусова, Н.А. Чеколин. - М.: Энергоатомиздат. – 1983. – 336 с.

22. Бедрій Я. І. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. / Я. І. Бедрій. – Кондор. – 2004. – 286 с. [Електронний ресурс]: Навчальні матеріали в онлайн: ISBN978-966-351-196-2. Режим доступу: <https://pns.hneu.edu.ua> > mod > resource > view.