

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Розробка системи електропостачання житлового масиву
м. Нововолинськ**

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

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

	<u>Соловко Д. Ю.</u> (підпис)	<u>Соловко Д. Ю.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Закордонець В.С.</u> (підпис)	<u>Закордонець В.С.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Вакуленко О. О.</u> (підпис)	<u>Вакуленко О. О.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Тарасенко М. Г.</u> (підпис)	<u>Тарасенко М. Г.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (підпис)	<u></u> (прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 02 » лютого 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Соловку Данилу Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання житлового масиву м. Нововолинськ

Керівник роботи Закордонець Володимир Савич, к.ф.-м.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 01 » лютого 2022 року № 4/7-76

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Характеристики споживачів електричної енергії.

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

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

План розміщення КТП з трансформаторами. Техніко-економічне порівняння. Розрахункова
схема та схема заміщення для розрахунку струмів короткого замикання вище 1 кВ.

Розрахункова схема та схема заміщення для розрахунку струмів к.з. нижче 1 кВ.

Загальний вигляд 2КТПГ-1000/10/0,4–У1 для міських мереж. Схема електрична принципова
однолінійна 2КТПГ-1000/10/0,4–У1 для міських мереж.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 07 лютого 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2022	
2	Аналітичний розділ	28.02.2022	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2022	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2022	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2022	
6	Висновки	10.06.2022	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2022	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2022	

Студент

_____ (підпис)

Соловко Д. Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Закордонець В. С.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Соловко Данило Юрійович. Розробка системи електропостачання житлового масиву м. Нововолинськ.

Стор.– 55; рис. - 8; табл. - 15; креслень - 6; джерел - 20; додатків - - .

Головною метою цієї роботи є розробка системи електропостачання житлового масиву м. Нововолинськ.

В ході виконання випускної кваліфікаційної роботи проведений розрахунок електричних навантажень житлових багатоквартирних будинків, поліклініки, школи, дитячого садка, а також інших будівель культурно-побутового призначення, розташованих на території мікрорайону. На підставі розрахованих навантажень були вибрані відповідні силові трансформатори для їх установки на трансформаторних підстанціях (ТП) мікрорайону.

Далі, проведений розрахунок струмів короткого замикання. На підставі проведених розрахунків було вибрано електроустаткування ТП з урахуванням проведених перевірок на термічну і електродинамічну стійкість. Зроблений розрахунок і вибір кабельних ліній.

Перелік ключових слів: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ, СТРУМИ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ, КАБЕЛЬНА ЛІНІЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Вимоги до надійності електропостачання міських споживачів	8
1.2 Проблеми розвитку ефективної системи енергозбереження у містах	11
1.3 Висновки до розділу 1	15
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Розрахунок електричних навантажень	16
2.2 Розрахунок освітлення	20
2.3 Вибір числа і потужності трансформаторів	23
2.4 Техніко-економічне порівняння варіантів	28
2.5 Висновки до розділу 2	34
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	36
3.1 Розрахунок струмів короткого замикання	36
3.1.1 Розрахунок струмів короткого замикання вище 1 кВ	36
3.1.2 Розрахунок струмів короткого замикання нижче 1 кВ	38
3.2 Вибір обладнання трансформаторних підстанцій	42
3.3 Розрахунок заземлення трансформаторних підстанцій	44
3.4 Висновки до розділу 3	46
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	47
4.1 Заходи з техніки безпеки при експлуатації електрообладнання	47
4.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	53
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	54

ВСТУП

Важливим показником рівня життя суспільства є питоме споживання електричної енергії населенням. Кількість електроенергії, що припадає на людину, побічно характеризує рівень комфортності житла та рівень досконалості інфраструктури міст та інших населених пунктів. В Україні постійно спостерігається стале зростання названого показника [1].

Збільшення споживання електроенергії населенням підвищує вимоги щодо надійності та енергоефективності мереж електропостачання різного рівня – від електромереж великих мегаполісів до мереж окремих багатоквартирних будинків [2]. Для нашої країни це особливо важливо через зношеність електромережевого обладнання та зростання частки житла підвищеної комфортності, оснащеного потужною побутовою технікою. Розвиток вуличного освітлення, світлової реклами та ілюмінаційного оформлення міст також висуває особливі вимоги до систем електропостачання.

У сучасних умовах головні завдання фахівців, які здійснюють проектування та експлуатацію сучасних систем електропостачання міських мікрорайонів багатоквартирних будинків, – це правильне визначення електричних навантажень, раціональна передача та розподілення електроенергії між споживачами, гнучке управління. Для вирішення цих завдань необхідні навички вибору енергозберігаючих режимів роботи ліній електропередач (ЛЕП), трансформаторів, реакторів та інших електричних апаратів. Особливого значення для енергозбереження мають навички проведення заходів, спрямованих на компенсацію неактивних складових потужності, забезпечення високої якості електроенергії та правильну організацію обліку електроенергії.

Тема цієї роботи є актуальною, оскільки щороку проектується і будується велика кількість житлових, громадських, адміністративних будівель. Окрім того, що до проєктованих об'єктів пред'являються усі нові вимоги, при проектуванні систем електропостачання необхідно також використати найактуальніші стандарти, норми і правила. Усе це має велике значення,

оскільки від цього залежить надійність роботи спроектованої системи електропостачання, а також безпека життя і здоров'я людей.

Метою цієї роботи є створення грамотно спроектованої, економічно вигідної, надійної і ефективної схеми електропостачання мікрорайону. Виходячи з поставленої мети був проведений аналіз споживачів електроенергії, їх характеристик і параметрів, проведений розрахунок електричних навантажень, по якому було вибрано відповідне сучасне електрообладнання. Воно було вибрано по актуальних каталогах виробників.

Для досягнення поставленої мети, яка включає ряд завдань були проведені необхідні розрахунки. Першим завданням для досягнення мети був розрахунок навантажень, який також включав розрахунок освітлювального навантаження. Виходячи з цих навантажень були вибрані відповідні трансформатори і компенсуючі пристрої. Далі був проведений розрахунок струмів короткого замикання, відповідно до якого було вибрано електрообладнання ТП.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вимоги до надійності електропостачання міських споживачів

Вимоги до надійності електропостачання регламентовані ПУЕ [3] та будівельними нормативами.

Згідно з цими документами, всі струмоприймачі міських мереж, у тому числі струмоприймачі будівель діляться на три категорії:

I. До першої категорії відносяться струмоприймачі, перерва в електропостачанні яких може призвести до небезпеки для життя людини та порушення роботи особливо важливих елементів. До яких відносяться:

а) струмоприймачі лікувально-профілактичних установ життєво-важливих відділень (операційних, пологових, реанімаційних, анестезіології).

б) струмоприймачі протипожежних пристроїв у лікарнях чи диспансерах або в окремих їх корпусах, у поліклініках з кількістю відвідувань понад 600;

в) струмоприймачі котелень, які забезпечують споживачів I-ої категорії, що не обладнані індивідуальними резервними джерелами тепла;

г) водопровідні насосні станції у населених пунктах із населенням більше 50 тисяч осіб, каналізаційні станції, які не мають аварійного випуску;

д) струмоприймачі протипожежних пристроїв ліфтів, сигналізація громадських будівель висотою понад 17 поверхів та вище, установ із кількістю працюючих понад 2000 чол. та вище, установи про фінансування, кредитування та державне страхування;

е) струмоприймачі протипожежних пристроїв шкіл, училищ, та вищих навчальних закладів при кількості учнів понад тисячу осіб;

ж) центральний диспетчерський пункт міської електричної мережі, газопостачальної мережі, водопровідно-каналізаційні мережі, та мережі зовнішнього освітлення;

- з) електродвигуни та інші струмоприймачі протипожежних пристроїв, аварійне та евакуаційне освітлення підприємств місткістю понад 800 місць;
- і) пункти централізованої охорони;
- к) міські центри живлення (ЦП) із сумарним навантаженням понад 10000 кВА.

Всі інші споживачі електроенергії, перераховані в п.п. б, д, е, з, відносяться до другої (II) категорії.

Струмоприймачі I-ої категорії повинні бути забезпечені електричною енергією від двох незалежних джерел живлення та перерва в електропостачанні допустима лише на час автоматичного включення резервного живлення (АВР).

II. До 2-ої категорії належать струмоприймачі, перерва в електропостачанні яких приведе до порушення нормальної діяльності людей (великої кількості мешканців міста). До них відносяться:

- а) житлові будинки з електричними плитами (за винятком одно-, восьми квартирних будівель) та будівлі висотою більше 6 поверхів, обладнаних газовими плитами;
- б) гуртожитки місткістю понад 50 чол.;
- в) установи з кількістю працівників від 50 до 2000 осіб;
- г) дитячо-дошкільні заклади;
- д) аптеки та мед. заклади;
- е) криті видовищні споруди з кількістю місць у залі від 300 до 800 осіб;
- ж) спортивні споруди відкритого типу та штучне освітлення за наявності 20 рядів та більше;
- з) організації комунального живлення; і) торговельні заклади з площею від 250 до 2000 м²;
- к) лазні;
- л) комбінати побутового обслуговування, ательє, перукарні з кількістю робочих місць понад 10;

- м) пральні та хімчистки з продуктивністю 400 кг та більше за одну зміну;
- н) навчальні заклади;
- о) виставки місцевого значення та музеї;
- д) готелі з кількістю місць від 200 до 1000;
- р) бібліотеки з книжковим фондом від 100 тис. до 1 млн. одиниць зберігання;
- с) ЕОМ обчислювальних центрів, відділів не віднесених до першої категорії;
- т) диспетчерські пункти житлових районів та мікрорайонів;
- у) встановлення зовнішнього освітлення доріг, вулиць, тротуарів;
- ф) міські трансформаторні підстанції (ГТП) із сумарним навантаженням від 400 до 10000 кВА (за відсутності струмоприймачів I категорії).

Струмоприймачі II-ої категорії рекомендовано забезпечити електричною енергією від двох незалежних джерел живлення, однак перерва в електропостачанні допустима лише на час, який необхідно для увімкнення резервного живлення живлення.

III. До струмоприймачів III-ої категорії віднесено усі струмоприймачі, які не підходять під параметри I-ої та II-ої категорії.

Струмоприймачі третьої категорії можуть харчуватися від одного джерела, при цьому перерви в електропостачанні допустимі для подачі тимчасового живлення або ремонту на час не більше однієї доби.

Викладені вище вимоги є основою побудови та реконструкції схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання.

1.2 Проблеми розвитку ефективної системи енергозбереження у містах

Проблема розвитку систем енергозбереження одна із найважливіших завдань розвитку економіки нашої країни. Перед муніципальними об'єктами та господарюючими суб'єктами стоїть завдання розробки та реалізації заходів енергозбереження відповідно до Закону України «Про енергетичну ефективність» [2].

Досвід ефективного управління енергозбереженням у промисловості розвинених країн може сприяти забезпеченню економії витрат на виробництво та споживання енергоресурсів [6].

Проте залишається багато невирішених питань, одне з яких – виділення ключових заходів та наявність необхідних фінансових ресурсів для впровадження заходів з енергозбереження.

Можна виділити такі основні завдання енергозбереження для муніципальних утворень:

- зменшення споживання енергії та пов'язаних із цим витрат у середньому на 15–20 % по установах із найвищими показниками енергоємності;
- вдосконалення системи обліку споживаних енергетичних ресурсів муніципальними установами;
- впровадження енергоефективних пристроїв (обладнання та технологій) у муніципальних будинках;
- підвищення рівня компетентності працівників муніципальних установ у питаннях ефективного використання енергетичних ресурсів;
- зниження видатків муніципального бюджету на оплату споживаних енергоресурсів на основі застосування енергозберігаючих технологій;
- модернізація об'єктів комунальної інфраструктури систем тепло-, водо- та електропостачання за рахунок впровадження енергозберігаючих технологій;
- створення муніципальної інформаційної системи у галузі

енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності, а також поширення інформації про потенціал енергозбереження комунальної інфраструктури.

Якість електричної енергії оцінюється основним її показником – відхиленням напруги у споживачів [6]. Для забезпечення якості напруги використовуються електроустановки регулювання напруги та конденсаторні батареї.

У сучасних умовах у місті існує нестача вільних електричних та теплових мереж. Водночас місто має значні резерви економії енергоресурсів практично у всіх сферах життєдіяльності. Витрати електроенергії на обслуговування корисного попиту (власні та господарські потреби електростанцій та підстанцій, втрати електроенергії в мережах) високі та становлять близько 20 % від загальної величини електроспоживання.

Друга проблема. – Необхідність заміни неізолюваних проводів на самонесучі ізолювані проводи на несучих лініях. 45 % розподільних пунктів (РП) і трансформаторних підстанцій (ТП), що знаходяться в експлуатації, побудовано більше 40 років тому. Встановлені в ТП обладнання та щити – старих типів.

З урахуванням стихійного придбання та застосування сучасних електроприладів населенням та підприємствами малого бізнесу за останні 10 років спостерігається різке зростання навантажень (у 4-8 разів), що призводить до нестачі реактивної потужності та зниження напруги на кінцях високовольтних ліній (ПЛ) 0,4 кВ період максимальних навантажень нижче за допустимі. Таким чином, третя проблема електроенергетичного забезпечення – це компенсація реактивної потужності.

Найкраще компенсувати реактивну потужність безпосередньо від споживача, але це досить довго та дорого. Для отримання швидшого відчутного результату на першому етапі доцільно компенсувати реактивну потужність на підстанціях, що дозволить завантажити мережу та отримати економію електроенергії в межах 10-20%. В даний час на підстанціях у мережах 0,4 кВ

необхідно зробити вирівнювання зарядів фаз, що здійснюється шляхом перемикання частини абонентів з перевантажених фаз на недовантажені.

На рівні окремих непромислових споживачів, особливо в однофазних житлових будинках, вирівнювання фаз у такий спосіб виконати неможливо через постійно мінливі розміри та характер навантаження. Тому компенсація реактивної потужності на об'єктах має здійснюватись у кожній фазі. У кожному випадку необхідно враховувати гармонійні складові, при необхідності пристрою компенсації реактивної потужності повинні мати фільтри автоматичного регулювання потужності. У цьому випадку важливо зробити правильний вибір фільтро-компенсуючого пристрою (ФКУ).

Таким чином, для вирішення задачі компенсації реактивної потужності необхідно виконати роботу на кілька етапів.

1. Централізована (груба) компенсація здійснюється на підстанціях і включає контроль показників якості електроенергії, вирівнювання фаз, фільтрацію струму і встановлення обладнання компенсації реактивної потужності.

2. Індивідуальна (точкова) компенсація здійснюється на рівні кожної квартири або паралельно з навантаженням шляхом підключення обладнання для компенсації реактивної потужності (косинусні конденсатори малої ємності). Цей захід дозволяє забезпечити синусоїдальність струму, тим самим значно знижуючи технічні втрати. Такі самі заходи мають бути вжиті в межах електроустановок будівель.

У місті відсутня когенерація електричної енергії – четверта проблема підвищення енергоефективності. Наприклад, зростання когенерації в Європейському Союзі характеризується крайньою різноманітністю і в масштабах, і в сутності розвитку. на рис. 5.

Когенерація з часом все активніше і активніше впроваджується практично всіма розвиненими країнами світу, що активно розвиваються. Наприклад, у США прийнято програму, метою якої є подвоєння до 2010 р. існуючих потужностей когенерації порівняно з рівнем 1998 р.

П'ята проблема – відсутні альтернативні джерела електроенергії. Водночас місто має сприятливі природнокліматичні умови для використання сонячної енергії та енергії вітру для вуличного освітлення та забезпечення електроенергією сфери торгівлі та послуг.

Шоста проблема – у системі освітлення під'їздів відсутні енергозберігаючі технології.

Необхідно відзначити, що у місті відсутній моніторинг споживання всіх видів енергетичних ресурсів, наявність якого дозволило б використовувати системний підхід та програмно-цільове управління з метою підвищення енергоефективності економіки міста.

Таким чином, запропоновані заходи спрямовані на вирішення зазначених проблем з метою підвищення енергоефективності бюджетних підприємств та установ, житлового фонду та систем комунальної інфраструктури.

Заходи щодо здійснення програми енергоефективності:

- проведення енергоаудиту;
- розробка оптимальних схем енергопостачання;
- розробка інвестиційних проектів;
- методологічна допомога у створенні нормативних документів;
- контроль за досягненням цільових показників з енергозбереження,

термінів окупності та рентабельності проектів.

Аналіз інституційних, економічних та технічних умов надання та споживання енергетичних ресурсів муніципальним утворенням дозволяє сформулювати такі шляхи вирішення проблеми ефективного використання електричної енергії:

- використання енергозберігаючих матеріалів та технологій,
- зниження собівартості виробництва та транспортування енергопослуг; впровадження обліку вироблених та споживаних енергоресурсів, зниження обсягів споживання води та електроенергії,
- зниження рівня зношування об'єктів комунальної інфраструктури;
- підвищення енергетичної ефективності у житловому фонді;

- підвищення якості надання комунальних послуг;
- створення сприятливих умов залучення позабюджетних коштів на фінансування проектів модернізації об'єктів соціально-комунальної інфраструктури.

1.3 Висновки до розділу 1

У першому розділі були розглянуті питання вимог до надійності електропостачання міських споживачів, які регламентовані ПУЕ та будівельними нормативами.

Розглянуто проблему розвитку систем енергозбереження, яка є однією із найважливіших завдань розвитку економіки нашої країни, що стоїть перед муніципальними об'єктами та господарюючими суб'єктами. Представлено, що основними шляхами вирішення цих проблем є:

- використання енергозберігаючих матеріалів та технологій,
- зниження собівартості виробництва та транспортування енергопослуг; впровадження обліку вироблених та споживаних енергоресурсів, зниження обсягів споживання води та електроенергії,
- зниження рівня зношування об'єктів комунальної інфраструктури;
- підвищення енергетичної ефективності у житловому фонді;
- підвищення якості надання комунальних послуг;
- створення сприятливих умов залучення позабюджетних коштів на фінансування проектів модернізації об'єктів соціально-комунальної інфраструктури.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок електричних навантажень

Споживачами електроенергії мікрорайону є:

- Багатоквартирні будинки (БКБ);
- Світильники вуличного освітлення;
- Торгові центри;
- Поліклініка;
- Дитячі сади;
- Школи;
- Кафе і ресторани;
- Фізкультурно-оздоровчий комплекс (ФОК);
- Аптеки;
- Гаражі і автостоянки.

Визначимо розрахункову потужність БКБ [7, 8]:

$$P_{р.БКБ} = P_{кв.пит} \cdot n_{кв} + k_y P_c, \quad (2.1)$$

де $n_{кв}$ - кількість квартир;

$P_{кв.пит}$ - питома потужність однієї квартири, кВт;

k_y - коефіцієнт участі в максимумі навантаження силових електроприймачів (рівний 0,9);

P_c - розрахункове навантаження силових електроприймачів БКБ, кВт.

Розрахункові навантаження силового електрообладнання БКБ визначаються згідно методу коефіцієнта попиту :

$$P_p = P_n \cdot K_n, \quad (2.2)$$

де K_n - коефіцієнт попиту;

P_n - номінальна потужність групи електроприймачів, кВт.

До силового обладнання відносяться установки системи вентиляції,

насоси водопостачання, ліфтове обладнання [8].

Реактивне навантаження споживача мікрорайону :

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.3)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності групи електроприймачів.

Повне навантаження споживача мікрорайону :

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.4)$$

Результати розрахунків навантажень силового електрообладнання БКБ були занесені в таблиці 2.1, 2.2.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень ліфтового обладнання БКБ мікрорайону

БКБ	$P_{\text{кв.лит}},$ кВт / кв	n	$P_n,$ кВт	k_c	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_L,$ кВт	$Q_L,$ кВАр	$S_L,$ кВА
1	1.36	3	7	0.75	0.65	1.17	15.75	18.43	24.24
2	1.36	3	7	0.75	0.65	1.17	15.75	18.43	24.24
3	1.36	3	7	0.75	0.65	1.17	15.75	18.43	24.24
4	1.36	3	7	0.75	0.65	1.17	15.75	18.43	24.24
5	1.27	12	4.5	0.4	0.65	1.17	21.6	25.27	33.25
6	1.27	12	4.5	0.4	0.65	1.17	21.6	25.27	33.25
7	1.36	8	4.5	0.5	0.65	1.17	18	21.06	27.70
8	1.27	12	4.5	0.4	0.65	1.17	21.6	25.27	33.25
9	1.27	10	4.5	0.5	0.65	1.17	22.5	26.33	34.63
10	1.27	12	4.5	0.4	0.65	1.17	21.6	25.27	33.25
11	1.36	8	4.5	0.5	0.65	1.17	18	21.06	27.70
12	1.27	12	4.5	0.4	0.65	1.17	21.6	25.27	33.25
13	1.27	5	7	0.6	0.65	1.17	21	24.57	32.32
14	1.23	8	7	0.5	0.65	1.17	28	32.76	43.10

Отримавши повне навантаження по усіх електроприймачах БКБ, підсумуємо значення і занесемо їх в таблицю 2.3.

Питомі розрахункові навантаження на освітлення загальнобудинкових приміщень були враховані в значеннях питомих навантажень на одну квартиру.

До загальнобудинкових приміщень відносяться: сходові клітки, підвальні приміщення, технічні поверхи, горища.

Таблиця 2.2 – Розрахунок навантажень сантехнічного і насосного обладнання БКБ мікрорайону

БКБ	$P_{кв.лит},$ кВт / кв	$P_n,$ кВт	k_c	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_{л},$ кВт	$Q_{л},$ кВАр	$S_{л},$ кВА
1	1.36	3.84	1.00	0.8	0.75	3.84	2.88	4.80
2	1.36	3.84	1.00	0.8	0.75	3.84	2.88	4.80
3	1.36	3.84	1.00	0.8	0.75	3.84	2.88	4.80
4	1.36	3.84	1.00	0.8	0.75	3.84	2.88	4.80
5	1.27	5.76	1.00	0.8	0.75	5.76	4.32	7.20
6	1.27	5.76	1.00	0.8	0.75	5.76	4.32	7.20
7	1.36	3.84	1.00	0.8	0.75	3.84	2.88	4.80
8	1.27	5.76	1.00	0.8	0.75	5.76	4.32	7.20
9	1.27	4.8	1.00	0.8	0.75	4.8	3.60	6.00
10	1.27	5.76	1.00	0.8	0.75	5.76	4.32	7.20
11	1.36	3.84	1.00	0.8	0.75	3.84	2.88	4.80
12	1.27	5.76	1.00	0.8	0.75	5.76	4.32	7.20
13	1.27	5.6	1.00	0.8	0.75	5.6	4.20	7.00
14	1.23	8.96	1.00	0.8	0.75	8.96	6.72	11.20

Таблиця 2.3 – Розрахунок навантажень вентиляційного обладнання БКБ мікрорайону

БКБ	$P_{кв.лит},$ кВт / кв	$P_n,$ кВт	k_c	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_{л},$ кВт	$Q_{л},$ кВАр	$S_{л},$ кВА
1	1.36	2.88	1.00	0.8	0.75	2.88	2.16	3.60
2	1.36	2.88	1.00	0.8	0.75	2.88	2.16	3.60
3	1.36	2.88	1.00	0.8	0.75	2.88	2.16	3.60
4	1.36	2.88	1.00	0.8	0.75	2.88	2.16	3.60
5	1.27	4.32	1.00	0.8	0.75	4.32	3.24	5.40
6	1.27	4.32	1.00	0.8	0.75	4.32	3.24	5.40
7	1.36	2.88	1.00	0.8	0.75	2.88	2.16	3.60

продовження таблиці 2.3

8	1.27	4.32	1.00	0.8	0.75	4.32	3.24	5.40
9	1.27	3.6	1.00	0.8	0.75	3.6	2.70	4.50
10	1.27	4.32	1.00	0.8	0.75	4.32	3.24	5.40
11	1.36	2.88	1.00	0.8	0.75	2.88	2.16	3.60
12	1.27	4.32	1.00	0.8	0.75	4.32	3.24	5.40
13	1.27	4.2	1.00	0.8	0.75	4.2	3.15	5.25
14	1.23	6.72	1.00	0.8	0.75	6.72	5.04	8.40

Таблиця 2.4 – Розрахунок сумарних навантажень БКБ з урахуванням навантажень силового електрообладнання

БКБ	$P_{кв.пум},$ кВт / кв	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{кв},$ кВт	$Q_{кв},$ кВАр	$S_{кв},$ кВА	$S_{Л},$ кВА	$S_{СО},$ кВА	$S_{ВО},$ кВА	$S_{\Sigma},$ кВА
1	1.36	0.98	0.2	261.12	52.61	266.37	3.60	4.80	3.60	299.01
2	1.36	0.98	0.2	261.12	52.61	266.37	3.60	4.80	3.60	299.01
3	1.36	0.98	0.2	261.12	52.61	266.37	3.60	4.80	3.60	299.01
4	1.36	0.98	0.2	261.12	52.61	266.37	3.60	4.80	3.60	299.01
5	1.27	0.98	0.2	365.76	74.27	373.22	5.40	7.20	5.40	419.07
6	1.27	0.98	0.2	365.76	74.27	373.22	5.40	7.20	5.40	419.07
7	1.36	0.98	0.2	261.12	53.02	266.45	3.60	4.80	3.60	302.55
8	1.27	0.98	0.2	365.76	74.27	373.22	5.40	7.20	5.40	419.07
9	1.27	0.98	0.2	304.8	61.89	311.02	4.50	6.00	4.50	356.15
10	1.27	0.98	0.2	365.76	74.27	373.22	5.40	7.20	5.40	419.07
11	1.36	0.98	0.2	261.12	53.02	266.45	3.60	4.80	3.60	302.55
12	1.27	0.98	0.2	365.76	74.27	373.22	5.40	7.20	5.40	419.07
13	1.27	0.98	0.2	355.6	72.21	362.86	5.25	7.00	5.25	407.43
14	1.23	0.98	0.2	551.04	111.9	562.29	8.40	11.20	8.40	624.98
										5285.05

Для визначення розрахункової потужності громадських адміністративних будівель, а також промислових підприємств, застосуємо наступну формулу:

$$P_{р.б\ddot{y}д} = P_{пум} \cdot M, \quad (2.5)$$

де $P_{нит}$ - питоме навантаження будівлі (величина, яка береться з табл. 3.14 залежно від призначення будівлі) [8];

M - продуктивність будівлі (початкові дані).

Далі визначимо максимальні навантаження будівель згідно формули:

$$P_{р.м.буд} = P_{р.буд} \cdot k_{нит}, \quad (2.6)$$

Коефіцієнт участі в максимумі навантаження візьмемо з таблиці 2.3.1 [8].

Результати розрахунків занесені в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок навантажень громадських і адміністративних будівель

БКБ	$P_{кв.нит},$ кВт / кв	$P_n,$ кВт	k_c	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_L,$ кВт	$Q_L,$ кВАр	$S_L,$ кВА
Аптека	—	0.9	0.48	30	0.9	27	12.96	29.95
Магазин	0.15	0.92	0.43	258	0.9	232.2	99.85	252.76
Банк	—	0.9	0.48	25	0.9	22.5	10.80	24.96
Поліклініка	0.46	0.85	0.62	414	0.7	289.8	179.68	340.98
Дитячий садок	0.4	0.97	0.25	64	0.4	25.6	6.40	3x26.39
Кафе/ресторан	0.9	0.95	0.33	54	0.6	32.4	10.69	34.12
Освітні заклади	0.25	0.95	0.33	250	0.4	100	33.00	2x105.3
Торгівельні центри	0.16	0.9	0.48	432	0.8	345.6	165.89	383.35
Фізкультурно-оздоровчий комплекс	—	0.9	0.48	300	0.9	270	129.60	299.49
(ФОК)	—	0.9	0.48	30	0.9	27	12.96	29.95
Аптека	0.15	0.92	0.43	258	0.9	232.2	99.85	252.76
								1655.40

2.2 Розрахунок освітлення

Далі необхідно зробити розрахунок освітлення мікрорайону для визначення загальної потужності і вибору відповідного обладнання, необхідного для електропостачання мікрорайону.

Головні вулиці, площі громадських будівель мають бути освітлені не менше чим на 10 лк. [9]

Загальна площа дворів, майданчиків, стоянок для транспорту усередині одного кварталу мікрорайону складає 15 га.

Висота установки світильників для освітлення дворів, стоянок, прибудинкових територій приймемо 3 м.

Для установки приймемо світильник LED IVELSY-40BT 5200 ЛМ (рис. 2.1) з паспортними даними, вказаними в таблиці 2.6 [10].



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд світильника LED IVELSY-40BT 5200 ЛМ

Висота установки світильників зовнішнього освітлення згідно ГОСТ на зовнішнє освітлення вулиць, доріг і "Правил улаштування електроустановок" [11] над проїжджою частиною доріг приймемо 6,5 м. Ширина проїжджої частини доріг складає 10 м. Загальна площа доріг складає 3,5 га на один квартал.

Для установки приймемо світильник LED IVELSY-80BT 9600 ЛМ (рис. 2.2), дані вносимо в таблицю 2.6 [10].



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд світильника LED IVELSY-80BT 9600 ЛМ

Таблиця 2.6 – Паспортні дані світильників вуличного освітлення мікрорайону

Марка світильника	LED IVELSY-80BT 9600 ЛМ	LED IVELSY-40BT 5200 ЛМ
Потужність	40 Вт	40 Вт
Світловий потік	9600 лм	5200 лм
Колірна температура	5000 К	5000 К
Тип кривої сили світла (КСС)	Широка бічна 1	Широка бічна 1
Виконання	УХЛ1	УХЛ1
Міра захисту	IP65	IP65

Для розрахунку числа світильників кварталу скористаємося формулою:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{F \cdot n}, \quad (2.7)$$

де N - кількість світильників необхідних для освітлення, шт;

E - освітленість, лк;

S - освітлювана площа, м²;

z - показник нерівномірності освітлення (для світлодіодних світильників $z=1,1$);

k - коефіцієнт запасу (для світлодіодних світильників $k = 1,2$);

F - світловий потік світильника, лм;

n - показник відображення (для асфальту $n = 0,5$).

В результаті розрахунків за формулою 2.7 отримуємо, що для освітлення дворів, стоянок, прибудинкових територій мікрорайону потрібно 800 світильників LED IVELSY-40BT 5200 ЛМ. Для освітлення доріг потрібно 100 світильників LED IVELSY-80BT 9600 ЛМ. Розставлення світильників відповідно до [12].

Світильники LED IVELSY-40BT 5200 ЛМ мають загальне навантаження 32 кВт на квартал мікрорайону, а LED IVELSY-80BT 9600 ЛМ 8 кВт. Сумарне навантаження на вуличне освітлення кварталу складає 40 кВт (повна потужність складатиме приблизно 42 кВА).

2.3 Вибір числа і потужності трансформаторів

Електропостачання проєктованих енергоприймаючих пристроїв передбачається від існуючих спроектованих раніше зовнішніх мереж.

«Напруга мережі 380/220В при глухо-заземленій нейтралі трансформатора. Тип системи заземлення $TN - C - S$ » [3].

Клас напруги електромережі, до яких буде здійснюватися підключення, - 10/0,4 кВ.

Таблиця 2.7 – Категорії надійності споживачів мікрорайону

Найменування установи	Категорії надійності
БКБ	II-III (залежно від кількості поверхів)
Аптека	II
Магазин	II
Банк	II
Поліклініка	I
Дитячий сад	II
Кафе/ресторан	II
Школа	I
Торгівельний центр	II
Фізкультурно-оздоровчий комплекс	II

Однотрансформаторні підстанції застосовуються для електропостачання БКБ при кількості поверхів від 1 до 8. Але оскільки є присутніми будівлі з великою кількістю поверхів, а також інші споживачі I і II категорії надійності електропостачання, приймемо для електропостачання комплектні двохтрансформаторні підстанції.

Розрахунок потужності трансформаторів проводитимемо по методу питомої щільності навантажень.

Проведемо розрахунок потужності на один трансформатор за виразом:

$$\sigma = \frac{S}{F_{\text{мкр}}}, \quad (2.8)$$

де S - повна розрахункова потужність споживачів, кВА;

$F_{\text{мкр}}$ – площа території кварталу мікрорайону, км² (18,5 Га = 0,185 км²);

Звідси отримуємо:

$$\sigma = \frac{6982}{0,185} = 37,74 \frac{\text{MBA}}{\text{км}^2}$$

Оскільки щільність навантаження вище 8, необхідно розглядати трансформатори вище 630 кВА. Найбільш оптимальне навантаження розподільного пункту повинне складати 12 МВт. [7]

Коефіцієнт завантаження приймаємо рівним 0,7. Кількість КТП визначимо по наступній формулі:

$$N = \frac{S}{k_3 \cdot S_{HT}}, \quad (2.9)$$

де S_{HT} - номінальна потужність трансформаторів, кВА;

k_3 - коефіцієнт завантаження трансформаторів.

В результаті ми отримуємо, що з трансформаторами *ТМГ-630* потрібно 8 КТП, з *ТМГ-1000* - 5 КТП, а для *ТМГ-1250* - 4 КТП. Варіант з *ТМГ-630* є економічно не вигідним унаслідок того, що число трансформаторів *ТМГ-630* в 2 рази більше, ніж *ТМГ-1250*, при тому, що *ТМГ-630* мають більше втрати, ніж *ТМГ-1250*. Відповідно до цього розглянемо варіанти з *ТМГ-1000* (5 КТП) і з *ТМГ-1250* (4 КТП).

Для вибору економічно доцільного розташування КТП, необхідно визначити центри електричних навантажень (ЦЕН) мікрорайону.

Розрахунок центру електричних навантажень (ЦЕН) споживачів проведемо з урахуванням того, що точкою відліку буде нижній лівий кут кварталу мікрорайону, а відстанню до об'єкту буде відстань від точки відліку до геометричного центру об'єкту (споживача).

ЦЕН електричних навантажень мікрорайону для двох варіантів розрахуємо шляхом визначення координат згідно наступних формул [5]:

$$X_{\text{ЦЕН}} = \frac{\sum S_i \cdot x_i}{S_i}, \quad Y_{\text{ЦЕН}} = \frac{\sum S_i \cdot y_i}{S_i} \quad (2.10)$$

де S_i - навантаження i -того споживача, кВА;

x_i, y_i - координати ЦЕН i -того споживача.

Результати розрахунків згідно формули 2.10 для трансформатора ТМГ-1000 занесемо в таблицю 2.8, а для ТМГ-1250 в таблицю 2.9.

Таблиця 2.8 – Розрахунок ЦЕН для трансформатора ТМГ-1000

Споживач	S	X	Y	k_3	$X_{ЦЕН}$	$Y_{ЦЕН}$
КТП1	1336.12			0.67	337.67	132.66
БКБ 1	299.01	445	186			
БКБ 2	419.07	335	39			
БКБ 3	407.43	239	169			
Школа	105.30	430	107			
Школа	105.30	333	239			
КТП2	1371.64			0.69	438.16	359.20
БКБ 4	299.01	445	253			
БКБ 16	356.15	413	382			
БКБ 5	299.01	448	466			
Кафе/ресторан	34.12	399	309			
Торгівельний центр	383.35	452	342			
КТП3	1388.00			0.69	294.52	451.11
БКБ 6	419.07	360	465			
БКБ 7	299.01	263	448			
БКБ 8	302.55	231	378			
Дитячий садок	26.39	295	343			
Поліклініка	340.98	298	510			
КТП4	1193.47			0.60	88.77	119.76
БКБ 9	419.07	168	28			
БКБ 10	419.07	35	98			
БКБ 11	302.55	37	269			
Дитячий садок	26.39	250	101			
Дитячий садок	26.39	117	230			
КТП5	1343.55			0.67	131.52	400.11
БКБ 12	419.07	182	453			
БКБ 13	624.98	142	323			
Спорткомплекс	299.49	39	487			

Таблиця 2.9 – Розрахунок ЦЕН для трансформатора *ТМГ-1250*

Споживач	S	X	Y	k_3	$X_{ЦЕН}$	$Y_{ЦЕН}$
КТП1	1637,43			0,65	407,90	197,99
БКБ 12	299,01	445	186			
БКБ 13	299,01	445	253			
БКБ 8	419,07	335	39			
Дитячий садок	26,39	295	343			
Школа	105,30	430	107			
Школа	105,30	333	239			
Торгівельний центр	383,35	452	342			
КТП2	1774,72			0,71	356,99	449,48
БКБ 17	299,01	448	466			
БКБ 23	299,01	263	448			
БКБ 16	356,15	413	382			
БКБ 19	419,07	360	465			
Поліклініка	340,98	298	510			
Дитячий садок	26,39	295	343			
Кафе/ресторан	34,12	399	309			
КТП3	1574,51			0,63	124,95	253,38
БКБ 5	419,07	168	28			
БКБ 7	407,43	239	169			
БКБ 2	419,07	35	98			
БКБ 32	302,55	37	269			
Дитячий садок	26,39	117	230			
КТП4	1646,10			0,66	149,80	396,04
БКБ 27	419,07	182	453			
БКБ 29	624,98	142	323			
БКБ 25	302,55	231	378			
Спорткомплекс	299,49	39	487			

На підставі отриманих розрахунків отримуємо наступне розміщення КТП для трансформаторів *ТМГ-1000* (рис 2.3) і для трансформаторів *ТМГ-1250* (рис. 1.4).

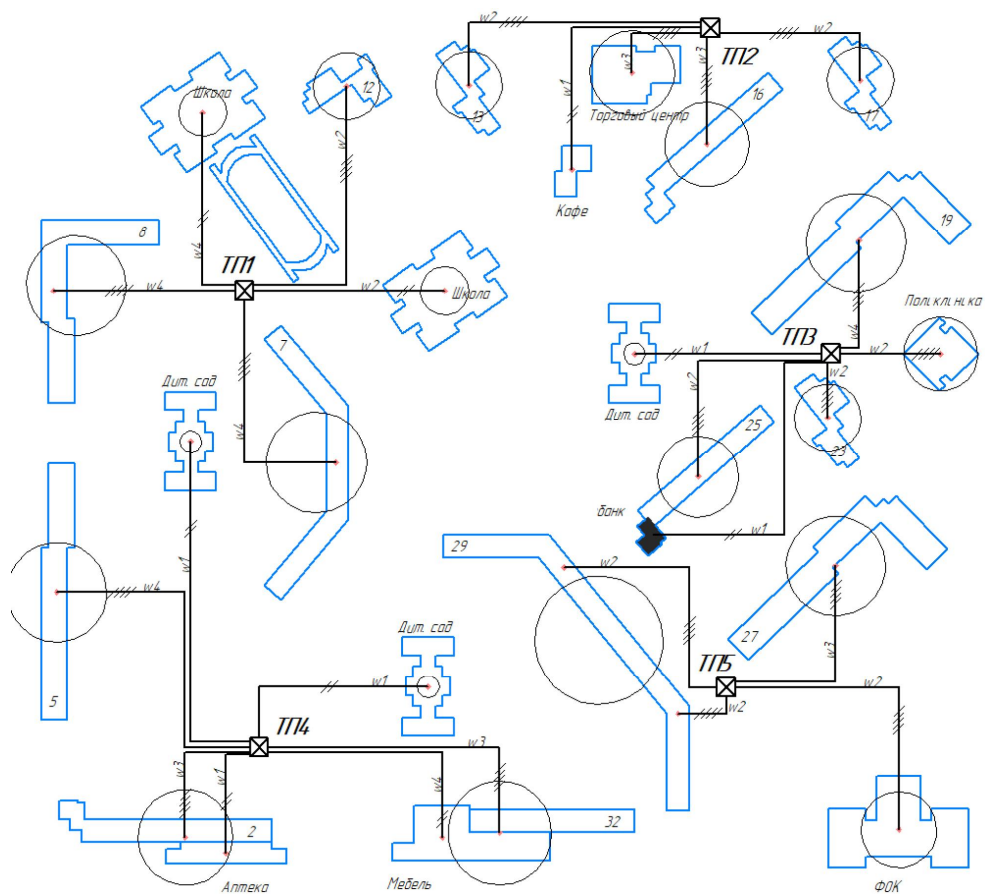


Рисунок 1.3 – План розміщення КТП з трансформаторами ТМГ – 1000.

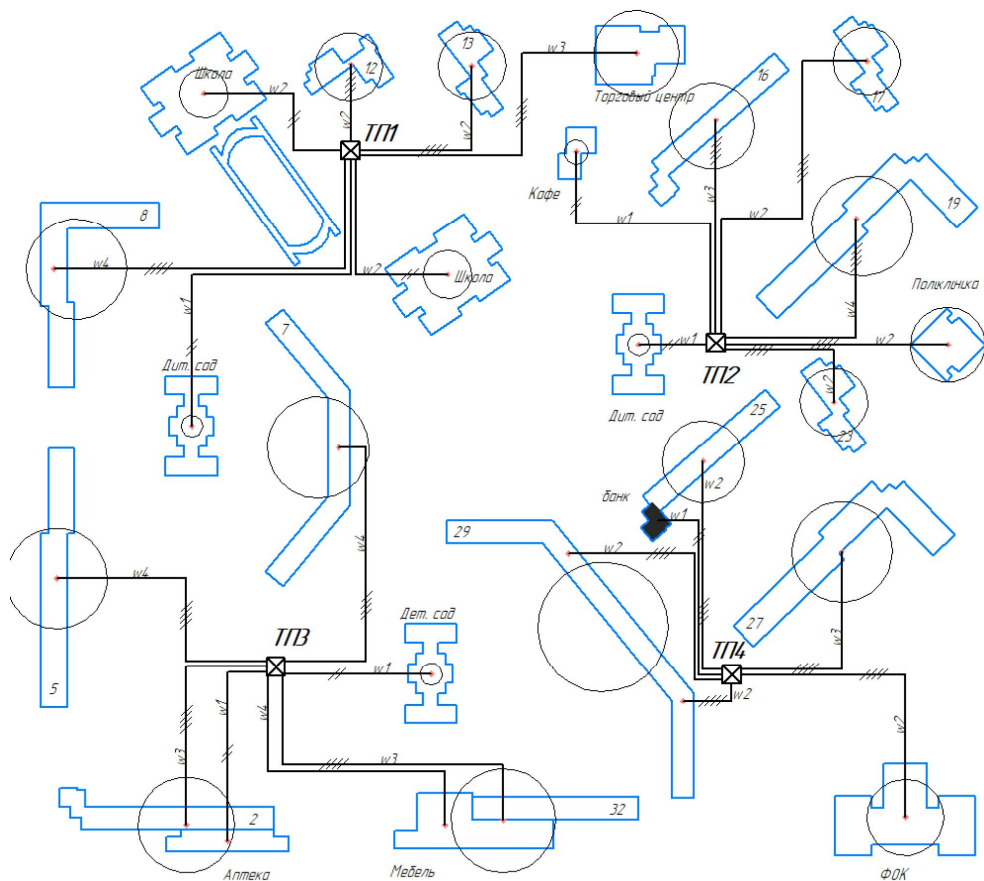


Рисунок 1.4 – План розміщення КТП з трансформаторами ТМГ – 1250

2.4 Техніко-економічне порівняння варіантів

Згідно з даними табл. 2.7, мікрорайон складається із споживачів II категорії надійності електропостачання. Застосуємо радіальні і магістральні двопробієві схеми розподільних мереж.

Для споживачів II категорії надійності електропостачання застосуємо паралельні магістральні лінії з секціонуванням шин ВРП-0,4 кВ будівель. Для споживачів I категорії надійності електропостачання потрібна установка АВР на вводі до споживача [3].

Кабельні траси в кварталах прокладаються на підставі розташування будов мікрорайону.

Споживачі розташовані недалеко КТП доцільно жити окремими кабельними лініями, не включаючи в магістральні схеми розподільних мереж.

Розрахунок струмів, що виникають в нормальному і аварійному режимах:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U \cdot n}, \quad (2.11)$$

де n - кількість кабельних ліній, що беруть участь в електропостачанні споживача. Приймаємо по 4 кабелі марки АПвББШп.

Розрахуємо переріз кабельних ліній:

$$F = \frac{I}{j_{ек}}, \quad (2.12)$$

де I - розрахунковий струм під час максимуму енергосистеми, А;

$j_{ек}$ - нормоване значення економічної щільності струму, А/мм², для заданих умов роботи, вибране згідно [3]

Для вибраної марки кабелю $j_{ек} = 1,6 \text{ А/мм}^2$, оскільки приймаємо, що число годин використання максимуму навантаження більше 5000 годин.

Для розрахунку тривало допустимого струму застосуємо наступну формулу:

$$I_{дон} = I_{дон.довг.} \cdot k_{II} \cdot k_t \cdot k_{ж}, \quad (2.13)$$

де $I_{\text{доп.довг.}}$ - допустимий тривалий струм для кабелів з алюмінієвими жилами з пластмасовою ізоляцією, що прокладаються в землі» [3];

$k_{\text{п}}$ - коефіцієнт прокладення, який визначається відповідно до числа кабелів, прокладених в траншеї [3]. Оскільки кабелів 4 для кожного споживача, то приймаємо $k_{\text{п}} = 0,9$;

k_t - коефіцієнт поправки на температуру середовища [3]. Приймаємо рівним $k_t = 0,6$;

$k_{\text{ж}}$ - коефіцієнт поправки на кількість жил [3]. Для чотирижильного кабелю приймаємо $k_{\text{ж}} = 0,92$.

Для післяаварійного режиму тривалий допустимий струм розраховуємо аналогічно. За аварійний режим прийнятий режим, при якому два кабелі перестають працювати. Коефіцієнт прокладення набуває значення 0,8.

Для мереж 0,4 кВ допустимі втрати напруги складають не більше 5% [13].

Втрати напруги в кабельних лініях визначимо за наступним виразом:

$$\Delta U = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0)}{U_{\text{ном}}} \cdot l, \quad (2.14)$$

де r_0 , x_0 - активний і індуктивний опір кабелю, Ом/км;

l - довжина кабелю, км;

P , Q - активна і реактивна потужність проходить через кабель.[14]

Результати розрахунків втрат занесемо в табл. 2.10 для варіанту 1 і в табл. 2.11 для варіанту 2.

Таблиця 2.10 – Результати розрахунків для варіант 1.

Споживач	P , кВт	Q , кВАр	S , кВА	$I_{роб}$, А	$I_{ПАВ}$, А	$F_{розр}$, мм ²	F , мм ²	$I_{дод.дов.}$, А	$I_{дод.роб}$, А	$I_{дод.ПАВ}$, А	r , Ом/км	x , Ом/км	L , км	$\Delta U_{роб}$, %	$\Delta U_{ПАВ}$, %
КТП1															
БКБ 1	283.59	76.08	299.01	107.90	215.79	67.43	95	255	198.94	223.81	0329	0081	017	106	211
БКБ 2	397.44	107.10	419.07	151.22	302.44	94.51	120	295	230.15	258.92	0261	008	011	077	154
БКБ 3	386.40	104.13	407.43	147.02	294.04	91.89	120	295	230.15	258.92	0329	0081	015	127	254
Школа	100.00	33.00	105.30	38.00	76.00	23.75	25	115	89.72	100.93	128	0085	012	098	196
Школа	100.00	33.00	105.30	38.00	76.00	23.75	25	115	89.72	100.93	128	0085	012	098	196
КТП2															
БКБ 4	283.59	76.08	299.01	107.90	215.79	67.43	95	255	198.94	223.81	0329	0081	017	106	211
БКБ 16	335.70	94.52	356.15	128.51	257.03	80.32	95	255	198.94	223.81	0329	0081	011	081	162
БКБ 5	283.59	76.08	299.01	107.90	215.79	67.43	95	255	198.94	223.81	0329	0081	007	044	087
Кафе/ресторан	32.40	10.69	34.12	12.31	24.62	7.69	10	70	54.61	61.44	316	0099	016	103	207
Торг. центр	345.60	165.89	383.35	138.33	276.66	86.46	120	295	230.15	258.92	0261	008	007	045	091
КТП3															
БКБ 6	397.44	107.10	419.07	151.22	302.44	94.51	120	295	230.15	258.92	0261	008	004	028	056
БКБ 7	283.59	76.08	299.01	107.90	215.79	67.43	95	255	198.94	223.81	0329	0081	008	050	099
БКБ 8	285.84	79.12	302.55	109.17	218.35	68.23	95	255	198.94	223.81	0329	0081	0014	009	018
Банк	22.50	10.80	24.96	9.01	18.01	5.63	10	70	54.61	61.44	316	0099	018	081	162
Дитячий садок	25.60	6.40	26.39	9.52	19.04	5.95	10	70	54.61	61.44	316	0099	006	031	061
Поліклініка	289.80	179.68	340.98	123.04	246.08	76.90	95	255	198.94	223.81	0329	0081	011	076	151
КТП4															
БКБ 9	397.44	107.10	419.07	151.22	302.44	94.51	120	295	230.15	258.92	0261	008	02	140	281
БКБ 10	397.44	107.10	419.07	151.22	302.44	94.51	120	295	230.15	258.92	0261	008	009	063	126
БКБ 11	285.84	79.12	302.55	109.17	218.35	68.23	95	255	198.94	223.81	0329	0081	018	113	226
Дитячий садок	25.60	6.40	26.39	9.52	19.04	5.95	10	70	54.61	61.44	316	0099	007	036	071

продовження таблиці 2.10

Дитячий садок	25.60	6.40	26.39	9.52	19.04	5.95	10	70	54.61	61.44	316	0099	014	071	143
Аптека	27.00	12.96	29.95	10.81	21.61	6.75	10	70	54.61	61.44	316	0099	013	070	141
Магазин	232.20	99.85	252.76	91.21	182.41	57.00	70	210	163.83	184.31	0447	0082	018	126	252
КТП5															
БКБ 12	397.44	107.10	419.07	151.22	302.44	94.51	120	295	230.15	258.92	0261	008	013	091	182
БКБ 13 (1 част)	297.36	78.21	312.49	112.76	225.52	70.48	95	255	198.94	223.81	0329	0081	015	098	195
БКБ 13 (2 част)	297.36	78.21	312.49	112.76	225.52	70.48	95	255	198.94	223.81	0329	0081	004	026	052
Спорткомплекс	270.00	129.60	299.49	108.07	216.14	67.54	95	255	198.94	223.81	0329	0081	0018	011	022

Таблиця 2.11 – Результати розрахунків для варіант 1.

Споживач	$P,$ кВт	$Q,$ кВАр	$S,$ кВА	$I_{роб},$ А	$I_{ПAB},$ А	$F_{розр},$ мм ²	$F,$ мм ²	$I_{дод.дов.},$ А	$I_{дод.роб.},$ А	$I_{дод.ПAB},$ А	$r,$ Ом / км	$x,$ Ом / км	$L,$ км	$\Delta U_{роб},$ %	$\Delta U_{ПAB},$ %
КТП1															
БКБ 1	283.59	76.08	299.01	107.90	215.79	67.43	95	255	198.94	223.81	0.329	0.081	0.02	0.12	0.25
БКБ 2	283.59	76.08	299.01	107.90	215.79	67.43	95	255	198.94	223.81	0.329	0.081	0.23	1.43	2.86
БКБ 3	397.44	107.10	419.07	151.22	302.44	94.51	120	295	230.15	258.92	0.261	0.08	0.12	0.84	1.68
Дитячий садок	25.60	6.40	26.39	9.52	19.04	5.95	10	70	54.61	61.44	3.16	0.099	0.12	0.61	1.22
Школа	100.00	33.00	105.30	38.00	76.00	23.75	25	115	89.72	100.93	1.28	0.085	0.12	0.98	1.96
Школа	100.00	33.00	105.30	38.00	76.00	23.75	25	115	89.72	100.93	1.28	0.085	0.24	1.96	3.92
Торг. центр	345.60	165.89	383.35	138.33	276.66	86.46	120	295	230.15	258.92	0.261	0.08	0.22	1.42	2.85
КТП2															
БКБ 4	283.59	76.08	299.01	107.90	215.79	67.43	95	255	198.94	223.81	0.329	0.081	0.1	0.62	1.24
БКБ 5	283.59	76.08	299.01	107.90	215.79	67.43	95	255	198.94	223.81	0.329	0.081	0.24	1.49	2.98
БКБ 6	335.70	94.52	356.15	128.51	257.03	80.32	95	255	198.94	223.81	0.329	0.081	0.13	0.96	1.92
БКБ 7	397.44	107.10	419.07	151.22	302.44	94.51	120	295	230.15	258.92	0.261	0.08	0.15	1.05	2.11

продовження таблиці 2.11

Поліклініка	289.80	179.68	340.98	123.04	246.08	76.90	95	255	198.94	223.81	0.329	0.081	0.13	0.89	1.79
Дитячий садок	25.60	6.40	26.39	9.52	19.04	5.95	10	70	54.61	61.44	3.16	0.099	0.05	0.25	0.51
Кафе/ресторан	32.40	10.69	34.12	12.31	24.62	7.69	10	70	54.61	61.44	3.16	0.099	0.18	1.16	2.33
КТПЗ															
БКБ 8	397.44	107.10	419.07	151.22	302.44	94.51	120	295	230.15	258.92	0.261	0.08	0.17	1.19	2.39
БКБ 9	386.40	104.13	407.43	147.02	294.04	91.89	120	295	230.15	258.92	0.261	0.08	0.18	1.23	2.46
БКБ 10	397.44	107.10	419.07	151.22	302.44	94.51	120	295	230.15	258.92	0.261	0.08	0.09	0.63	1.26
БКБ 11	285.84	79.12	302.55	109.17	218.35	68.23	95	255	198.94	223.81	0.329	0.081	0.14	0.88	1.76
Дитячий садок	25.60	6.40	26.39	9.52	19.04	5.95	10	70	54.61	61.44	3.16	0.099	0.21	1.07	2.14
Аптека	27.00	12.96	29.95	10.81	21.61	6.75	10	70	54.61	61.44	3.16	0.099	0.11	0.60	1.19
Магазин	99.85	252.76	252.76	91.21	182.41	57.00	70	210	163.83	184.31	0.447	0.082	0.16	0.65	1.31
КТП4															
БКБ 12	397.44	107.10	419.07	151.22	302.44	94.51	120	295	230.15	258.92	0.261	0.08	0.13	0.91	1.82
БКБ 13 (1 част)	297.36	78.21	312.49	112.76	225.52	70.48	95	255	198.94	223.81	0.329	0.081	0.13	0.85	1.69
БКБ 13 (2 част)	297.36	78.21	312.49	112.76	225.52	70.48	95	255	198.94	223.81	0.329	0.081	0.15	0.98	1.95
БКБ 14	285.84	79.12	302.55	109.17	218.35	68.23	95	255	198.94	223.81	0.329	0.081	0.04	0.25	0.50
Спорткомплекс	270.00	129.60	299.49	108.07	216.14	67.54	95	255	198.94	223.81	0.329	0.081	0.12	0.74	1.49
Банк	22.50	10.80	22.50	8.12	16.24	5.07	10	70	54.61	61.44	3.16	0.099	0.18	0.81	1.62

Проведемо техніко-економічний розрахунок варіантів для подальшого вибору найбільш вигідного.

Технічні характеристики цих трансформаторів занесемо в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Характеристики ТМГ- 1000/10/0,4 і ТМГ- 1250/10/0,4

Характеристики трансформатора	ТМГ – 1000 / 10 / 0,4	ТМГ – 1250 / 10 / 0,4
$P_{xx}, \text{кВт}$	1.55	1.8
$P_{кз}, \text{кВт}$	10.8	12.4
$I_{xx}, \%$	1.2	0.5
$U_{кз}, \%$	5.5	6.0
Кількість, шт/	10	8
Вартість з ПДВ за трансформатор, тис. грн	200	280

Час максимальних втрат :

$$\tau_M = \left(0,124 + \frac{T_{max}}{10000} \right)^2 \cdot 8760, \quad (2.15)$$

де T_{max} - число годин використання максимуму електричного навантаження, год. [7] Приймаємо 5400 год.

Річні втрати електроенергії в одному трансформаторі:

$$\Delta W_{p.mp.} = \Delta P_{xx.mp.} \cdot T_{mp} \cdot n_{mp} + \Delta P_{кз.mp.} \cdot \left(\frac{S_p}{S_H} \right)^2 \cdot \tau_M \cdot \frac{1}{n_{mp}}, \quad (2.16)$$

де T_{mp} - час роботи трансформатора за рік, год.

Витрати:

$$B_{mp.} = \rho_{mp} \cdot K_{mp} + C_T \cdot \Delta W_{p.к.р.} \cdot 10^{-5} = \rho_{mp} \cdot K_{mp} + \left(\frac{\alpha_\delta}{T_{max}} + \beta_\delta \right) \cdot \Delta W_{p.к.р.} \cdot 10^{-5}, \quad (2.17)$$

де ρ_{mp} - коефіцієнт амортизації;

C_T - вартість втрат, тис. грн/(кВт·год);

α_δ - основна ставка двозонного тарифу за 1 кВт потужності;

β_0 - додаткова ставка двозонного тарифу за кВт·год активної енергії, яка вирахована розрахунковим лічильником.

K_{mp} - капіталовкладення, тис. грн.

Загальні витрати:

$$Z = P_H \cdot K_{TP} + B_{TP}, \quad (2.18)$$

де P_H - нормативний коефіцієнт економічної ефективності.

Розрахунок витрат трансформатора $ТМГ-1250/10/0,4$ розрахуємо по аналогії з розрахунком трансформатора $ТМГ-1000/10/0,4$. Техніко-економічний розрахунок занесемо в таблицю 15.

Таблиця 2.13 – Техніко-економічне порівняння $ТМГ-1000/10/0,4$ і $ТМГ-1250/10/0,4$.

Параметри	Од. вим.	$ТМГ-1000/10/0,4$	$ТМГ-1250/10/0,4$
τ_M	год	3862,25	3862,25
$\Delta W_{рик.мп.}$	кВт·год	37323	43209
$B_{mp.}$	тис. грн	66513,08	82275,18
$P_H \cdot K_{TP}$	тис. грн	110,68	138,12
Z	тис. грн	66 623,76	82 413,3

Вибираємо трансформатор типу $ТМГ-1000/10/0,4$, оскільки є вигіднішим.

2.5 Висновки до розділу 2

В даному розділі в результаті проведених розрахунків було отримано повне електричне навантаження споживачів мікрорайону без урахування вуличного освітлення, яке складає 6940 кВА.

Підсумувавши навантаження багатоквартирних будинків, будівель культурно-побутового призначення, а також навантаження вуличного освітлення, ми отримали навантаження 6982 кВА. Відповідно до отриманого

навантаження усіх споживачів був проведений розрахунок центру електричних навантажень мікрорайону для двох різних варіантів трансформаторів $TMG-1000/10/0,4$ і $TMG-1000/10/0,4$. Для найбільш оптимального вибору силових трансформаторів проведено техніко-економічний розрахунок двох варіантів. Проведений розрахунок показав, що найоптимальнішим є вибір трансформатора типу $TMG-1000/10/0,4$.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок струмів короткого замикання

3.1.1 Розрахунок струмів короткого замикання вище 1 кВ

Розрахуємо струми к.з. по формулах наближеного приведення у відносних одиницях (в.о).

Потужність трифазного короткого замикання мережі з $S_c = 500 \text{ MVA}$.
 $U_b = 10,5 \text{ кВ}$, $S_b = 1000 \text{ MVA}$.

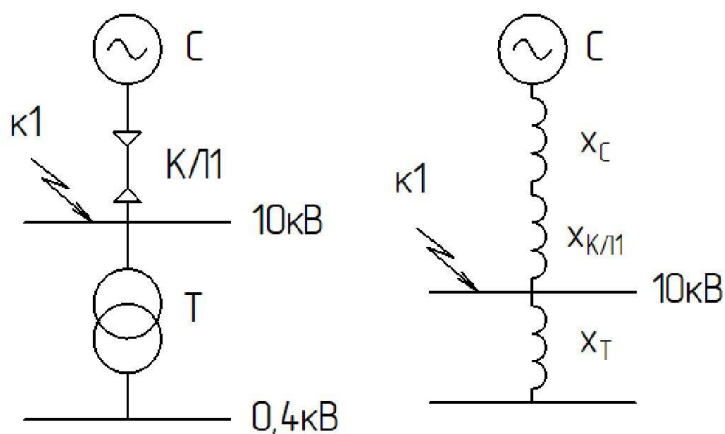


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема та схема заміщення для розрахунку струмів короткого замикання

Струм, який протікає від системи до КТП:

$$I_{c-mp} = \frac{S_{mp}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (3.1)$$

$$I_{c-mp} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,99 \text{ A}.$$

Для електропостачання спортивного комплексу встановимо кабельні лінії (КЛ) з алюмінієвими жилами. Розрахуємо переріз по економічній щільності струму ($j_{ек} = 1,6 \text{ A/мм}^2$) [3]:

$$S = \frac{I}{J}, \quad (3.2)$$

$$S = \frac{54,99}{1,6} = 34,37 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо переріз 70 мм^2 . Для прокладення кабелю з помірним і холодним кліматом, в землі з низькою корозійною активністю, за відсутності блукаючих струмів і механічної напруги застосуємо кабель типу ААБл [15]. Допустимий тривалий струм для трижильного кабелю ААБл 4×70 за каталожними даними складає 184 А . У разі роботи лише одного трансформатора номінальний струм дорівнює $115,47 \text{ А}$, що є допустимим. [15]

Опір $r_{y0} = 0,443 \text{ Ом / км}$ згідно ГОСТ 28249-93, $x_{y0} = 0,061 \text{ Ом / км}$, оскільки кабель є чотирижильним. Відстань від КТП до точки підключення 4 км .

Опори кабельної лінії (КЛ) розрахуємо по формулах:

$$r_{КЛ1} = r_{y0} \cdot l_{КЛ1}, \quad (3.3)$$

$$r_{КЛ1} = 0,443 \cdot 4 = 1,772 \text{ Ом}.$$

$$x_{КЛ1} = x_{y0} \cdot l_{КЛ1}, \quad (3.4)$$

$$x_{КЛ1} = 0,061 \cdot 4 = 0,244 \text{ Ом}.$$

Перерахуємо опір ВН до ступеня НН по наступних формулах:

$$r_{КЛ1} = r_{КЛ1} \cdot \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}} \right)^2, \quad (3.5)$$

$$x_{КЛ1} = x_{КЛ1} \cdot \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}} \right)^2, \quad (3.6)$$

Підставляючи значення технічних характеристик кабелю ААБл 4×70 у формули 3.5 і 3.6 отримуємо: $r_{КЛ1} = 2,57 \text{ мОм}$, $x_{КЛ1} = 0,35 \text{ мОм}$.

Опір КЛ у відносних одиницях:

$$x_{\text{бКЛ}} = x_{КЛ1} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{U_{ВН}^2}, \quad (3.7)$$

$$x_{\delta KL} = 0,244 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 2,213 \text{ в.о.}$$

Опір системи у відносних одиницях:

$$x_{\delta\eta} = \frac{S_{\delta}}{S_{\eta}}, \quad (3.8)$$

$$x_{\delta\eta} = \frac{1000}{500} = 2 \text{ в.о.}$$

Загальний опір до то точки К-1:

$$x_{\delta\Sigma} = x_{\delta\eta} + x_{\delta KL}, \quad (3.9)$$

$$x_{\delta\Sigma} = 2 + 2,213 = 4,213 \text{ в.о.}$$

Базисний струм:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{U_{\delta} \cdot \sqrt{3}}, \quad (3.10)$$

$$I_{\delta} = \frac{1000}{10,5 \cdot \sqrt{3}} = 55 \text{ кА.}$$

Початкове діюче значення періодичної складової струму к.з.

$$I_{n0} = \frac{E_{\delta}}{x_{\delta\Sigma}} \cdot I_{\delta}, \quad (3.11)$$

$$I_{n0} = \frac{1}{4,213} \cdot 55 = 13,055 \text{ кА}$$

Визначимо ударний струм:

$$i_{y\delta.m} = \sqrt{2} \cdot I_{n0} \cdot K_{y\delta.m}, \quad (3.12)$$

$$i_{y\delta.m} = \sqrt{2} \cdot 13,055 \cdot 1,4 = 28,85 \text{ кА}$$

Отримаємо ударний струм $i_{y\delta.m} = 28,85 \text{ кА}$.

3.1.2 Розрахунок струмів короткого замикання нижче 1 кВ

Покажемо точки КЗ на рис. 3.2. Розрахунок проведемо з урахуванням активних і індуктивних опорів елементів кола.

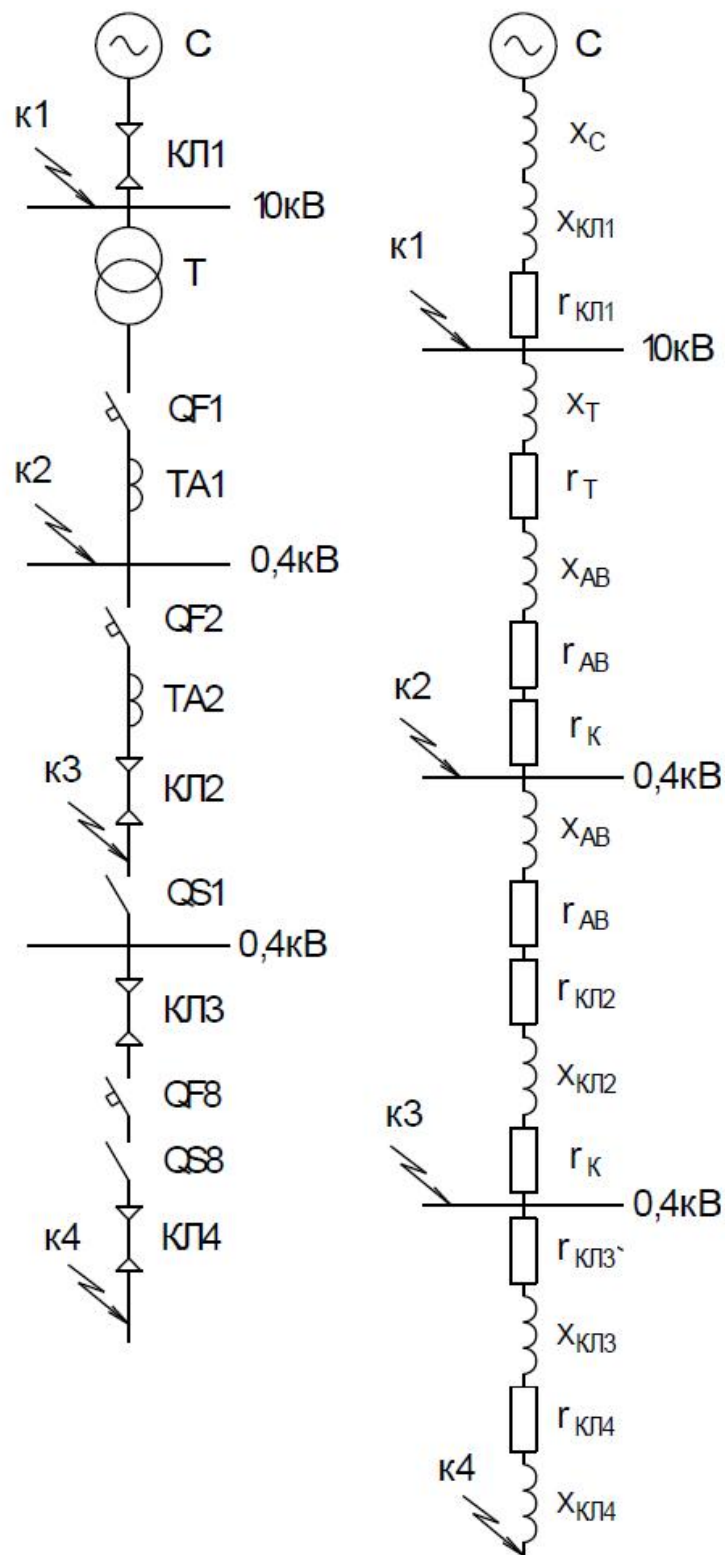


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема та схема заміщення для розрахунку струмів короткого замикання

Розрахуємо номінальний струм, що протікає від КТП до споживача :

$$I = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1443,38 \text{ A} \quad (3.12)$$

Опори котушок і контактів автоматичних вимикачів $r_{кв} = 0,19 \text{ мОм}$, $x_{кв} = 0,09 \text{ мОм}$. Активним і індуктивним опором трансформаторів струму можна нехтувати. Активний опір контактів $r_{к} = 0,1 \text{ мОм}$. Опір автоматичного вимикача $r_{ав} = 0,19 \text{ мОм}$, $x_{ав} = 0,09 \text{ мОм}$ [3].

Опір системи:

$$x_C = \frac{U_{HH}^2}{S_C}, \quad (3.13)$$

$$x_C = \frac{400^2}{500} \cdot 10^{-3} = 0.32 \text{ мОм}$$

Опори силового трансформатора визначимо, використовуючи його паспортні дані:

$$r_{Tp} = \frac{P_{к.ном} \cdot U_{HH.ном}^2}{S_{T.ном}^2} \cdot 10^6, \quad (3.14)$$

$$x_{Tp} = \sqrt{u_k^2 \cdot \left(\frac{100 \cdot P_{к.ном}}{S_{T.ном}} \right)^2} \cdot \frac{U_{HH.ном}^2}{S_{T.ном}} \cdot 10^4. \quad (3.15)$$

Отримаємо:

$$r_{Tp} = \frac{10,8 \cdot 0,4^2}{1000^2} \cdot 10^6 = 1,73 \text{ мОм}$$

$$x_{Tp} = \sqrt{5,5^2 \cdot \left(\frac{100 \cdot 10,8}{1000} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^4 = 8,63 \text{ мОм}.$$

Розрахуємо загальний опір кола на прикладі точки К-2

$$r_{\Sigma} = r_{кЛ1} + r_{Tp} + r_{к} + r_{AB} + r_{TC}, \quad (3.16)$$

$$x_{\Sigma} = x_{кЛ1} + x_{Tp} + x_{AB} + x_{TC} + x_C, \quad (3.17)$$

Підставляючи наведені вище значення отримуємо: $r_{\Sigma} = 4,59 \text{ мОм}$, $x_{\Sigma} = 9,39 \text{ мОм}$.

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму к.з. без урахування підживлення від електродвигунів [16]:

$$I_{п0} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot (r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2)}, \quad (3.18)$$

$$I_{\Pi 0} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (4,59^2 + 9,39^2)} = 22,096 \text{ кА.}$$

Кут зсуву по фазі напруги (ЕРС джерела) і періодичної складової струму к.з. [16]:

$$\varphi_{з.ф} = \arctg\left(\frac{x_{1\Sigma}}{r_{1\Sigma}}\right), \quad (3.19)$$

$$\varphi_{з.ф} = \arctg\left(\frac{9,39}{4,59}\right) = 1,116.$$

Час від початку к.з. до появи ударного струму [16]:

$$t_{y\partial.c} = 0,01 \cdot \frac{\frac{\pi}{2} + \varphi_{с.ф}}{\pi}, \quad (3.20)$$

$$t_{y\partial.c} = 0,01 \cdot \frac{\frac{3,14}{2} + 1,116}{3,14} = 8,552 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Стала часу загасання аперіодичної складової струму к.з. [16]:

$$T_{аСКЗ} = \frac{x_{1\Sigma}}{r_{1\Sigma} \cdot \omega C}, \quad (3.21)$$

$$T_{аСКЗ} = \frac{9,39}{4,59 \cdot 314} = 6,515 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Ударний коефіцієнт:

$$K_{y\partial} = \left(1 + \sin \varphi_{с.ф} \cdot e^{\frac{-t_{y\partial}}{T_{аСКЗ}}}\right), \quad (3.22)$$

$$K_{y\partial} = \left(1 + \sin(116) \cdot 2,71^{\frac{-8,552 \cdot 10^{-3}}{6,515 \cdot 10^{-3}}}\right) = 1,242$$

Точки К-3 і К-4 розраховуємо аналогічно. Результати розрахунків занесемо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків трифазного к.з.

Точка КЗ	$U_{сер.ном},$ кВ	$r,$ мОм	$x,$ мОм	$\varphi_{з.ф}$	$Ta,$ $10^{-3} с$	$I_{по},$ кА	$K_{уд}$	$i_{уд},$ кА
К-1	10.5	-	-	-	-	13.055	1.4	25.850
К-2	0.4	4.590	9.390	1.116	6.515	22.096	1.242	38.811
К-3	0.4	49.020	39.075	0.662	2.481	3.666	1.035	5.545
К-4	0.4	72.870	44.583	0.549	1.947	2.703	1.016	3.885

Далі по отриманих розрахунках проведемо вибір обладнання КТП.

3.2 Вибір обладнання трансформаторних підстанцій

Для вибору обладнання КТП скористаємося каталожними даними [17].

Виберемо для електропостачання мікрорайону п'ять 2КТПГ-1000/10/0,4–У1 для міських мереж, що складається з двох блоків (рис. 3.3, 3.4) [17].



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд 2КТПГ-1000/10/0,4–У1 для міських мереж

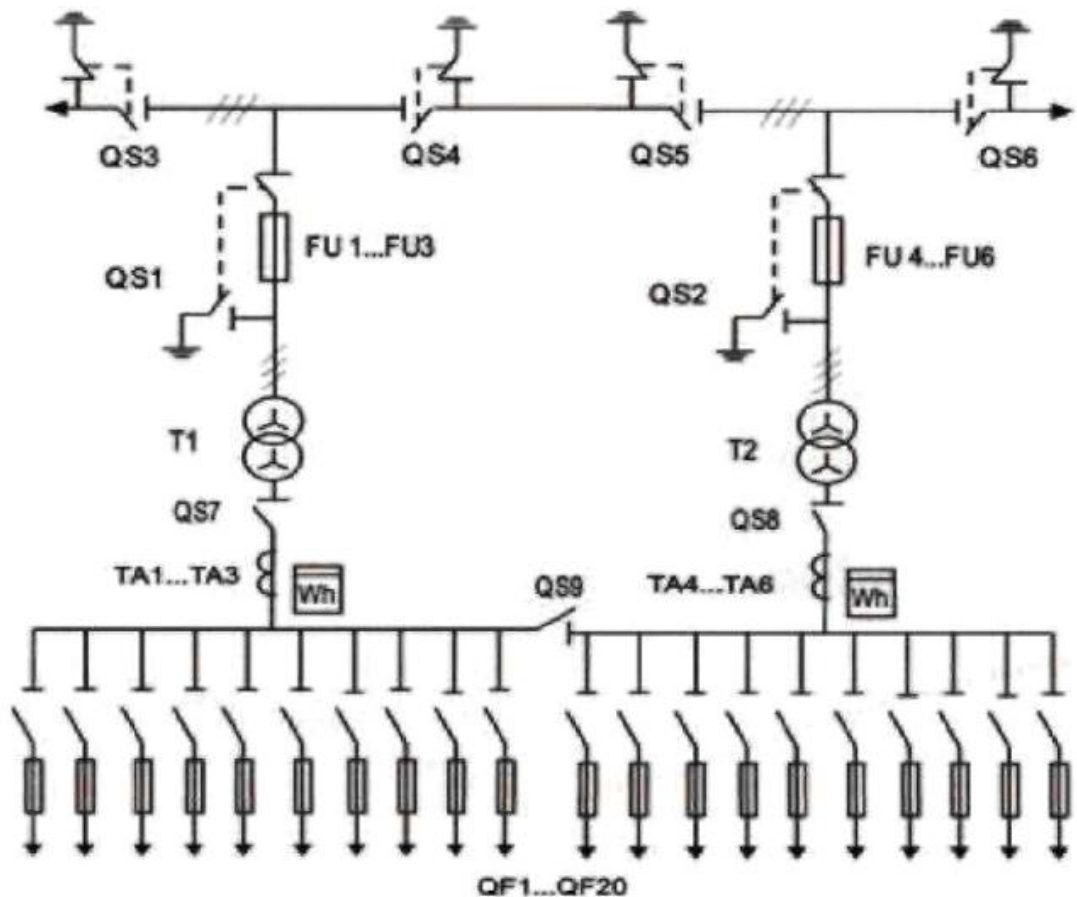


Рисунок 3.4 – Схема електрична принципова однолінійна
2КТПГ-1000/10/0,4–У1 для міських мереж

Для перевірки автоматичних вимикачів, роз'єднувачів і трансформаторів струму треба розрахувати ряд параметрів. [14].

Визначимо струм термічної стійкості для точки К-2:

$$B_K = (I_{по})^2 \cdot (T_{аскз} + t_n), \quad (3.23)$$

$$B_K = 22,096^2 \cdot (6,515 + 30) \cdot 10^{-3} = 17,828 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Час дії релейного захисту:

$$\tau_{p.з} = t_{p.з} + t_{c.в}, \quad (3.24)$$

$$\tau_{p.з} = 0,01 + 0,04 = 0,05 \text{ с}.$$

де $t_{p.з}$ - час спрацювання релейного захисту с;

$t_{c.в}$ - час спрацювання вимикача на відключення, с.

Максимальне значення аперіодичної складової струму КЗ:

$$i_{aT} = \sqrt{2} \cdot I_{IIO} \cdot e^{\frac{-\tau_{p.3}}{T_a}}, \quad (3.25)$$

$$i_{aT} = \sqrt{2} \cdot 22,096 \cdot 2,72^{\frac{-0,05}{6,515}} = 31,001 \text{ кА}.$$

Номінальне значення аперіодичної складової:

$$i_{a.ном} = \sqrt{2} \cdot I_{відкл} \cdot (1 + e^{-22,5 \cdot \tau_{p.3}}), \quad (3.26)$$

$$i_{a.ном} = \sqrt{2} \cdot 25 \cdot (1 + 2,72^{-22,5 \cdot 0,05}) = 46,833 \text{ кА}$$

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

Отримані розрахунки занесемо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Розрахункові і паспортні дані для обладнання.

Розрахункові дані	Трансформатор струму	Автоматичний вимикач	Роз'єднувач
$I_{max} = 1443 \text{ А}$	1600 А	1600 А	1600 А
$I_{IIO} = 22,096 \text{ кА}$	-	25 кА	-
$i_{aT} = 31,001 \text{ кА}$	-	37,466 кА	-
$i_{y\partial} = 38,811 \text{ кА}$	50 кА	50 кА	50 кА
$B_K = 17,828 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	20 кА ² · с	20 кА ² · с	20 кА ² · с

Тепер необхідно провести розрахунок заземлення БКТП.

3.3 Розрахунок заземлення трансформаторних підстанцій

Контур заземлення необхідно виконати безпосередньо у усіх БКТП, оскільки не дозволяється використати повторне заземлення, якщо споживач підключений до шин по кабельних лініях [18].

Струмоведачі частини електроустановки не мають бути доступні для випадкового дотику, а доступні дотику відкриті і сторонні струмопровідні частини не повинні знаходитися під напругою, що представляє небезпеку ураження електричним струмом як в нормальному режимі роботи електроустановки, так і при пошкодженні ізоляції.

Основна система зрівнювання потенціалів в електроустановках до 1 кВ повинна сполучати між собою наступні струмопровідні частини:

- 1) нульовий захисний *PE*- або *PEN*- провідник живлячої лінії в системі *TN* ;
- 2) заземлюючий провідник, приєднаний до заземлюючого облаштування електроустановки, в системах *IT* і *TT* ;
- 3) заземлюючий провідник, приєднаний до заземлювача повторного заземлення на вводі у будівлю (якщо є заземлювач);
- 4) металеві труби комунікацій, що входять у будівлю: гарячого і холодного водопостачання, каналізації, опалювання, газопостачання. [3]

Проведемо розрахунок заземлюючого пристрою.

Опір вертикального заземлювача:

$$R_{B3} = \frac{\rho_e}{2 \cdot \pi \cdot L_{B3}} \left(\ln \frac{2 \cdot L_{B3}}{d_{B3}} \right) + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot T_{B3} + L_{B3}}{4 \cdot T_{B3} - L_{B3}}, \quad (3.27)$$

$$R_{B3} = \frac{100}{3 \cdot 3,14 \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,012} \right) + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 3 + 5}{4 \cdot 3 - 5} = 21,19 \text{ Ом}.$$

Опір горизонтального заземлювача:

$$R_{ГЗ} = \frac{\rho_e}{2 \cdot \pi \cdot L_{ГЗ}} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_{ГЗ}^2}{b_{ГЗ} \cdot h_{ГЗ}}, \quad (3.28)$$

$$R_{ГЗ} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \ln \frac{2 \cdot 5^2}{0,04 \cdot 0,5} = 24,9 \text{ Ом}.$$

Повний опір заземлюючого пристрою:

$$R_{3П} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\frac{k_{\text{вук.з.і}} \cdot n_{3.і}}{R_{3.і}}}, \quad (3.28)$$

$$R_{3П} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\frac{10 \cdot 0,69}{21,19} + \frac{1 \cdot 0,69}{24,9}} = 2,83 \text{ Ом}$$

В результаті розрахунку отримали, що опір заземлюючого пристрою, що складається з 10 вертикальних стержнів, з відстанню між ними 5 м, складає 2,83 Ом. Опір заземлюючого пристрою не перевищує 4 Ом. [3]

Тип системи заземлення на вводі у будівлю - $TN - C - S$, а в розподільних і групових мережах - $TN - S$. Ці системи заземлення побудовані із застосуванням глухозаземленої нейтралі. Характеризуються підключенням нульового провідника (N) до контуру заземлення. При цьому перший тип, на вводі у будівлі, характеризується об'єднанням захисного провідника PE і нульового N в один комбінований нуль (PEN) з підстанції, підключеного до глухозаземленої нейтралі. На вході у будівлю PEN провідник розділяється на N і PE провідники. Система заземлення в розподільних і групових мережах є безпечнішою, має розділені захисні провідники PE і нульові N . [19]

3.4 Висновки до розділу 3

У цьому розділі були проведені розрахунки струмів короткого замикання для кожної з чотирьох точок трифазного к.з. Перша точка к.з. була задана на стороні вище 1 кВ. Друга точка к.з. має найвищий ударний струм, а також має найбільше початкове діюче значення періодичної складової струму к.з., відносно точок к.з. на стороні нижче 1 кВ. У міру віддалення точок к.з., ударний струм і початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму к.з. знижується, оскільки повний опір ланцюга стає вище.

Також в ході проведення розрахунків струму к.з. були складені розрахункові схеми і схеми заміщення.

За результатами розрахунків струмів к.з. був проведений вибір обладнання КТП.

В ході розрахунку заземлюючого пристрою, ми отримали, що його опір відповідає вимогам нормативно-технічної документації.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи з техніки безпеки при експлуатації електрообладнання

I. Оперативне обслуговування

Оперативне обслуговування електроустановок здійснюється оперативним персоналом, що за ними закріплений. Вид оперативного обслуговування, кількість оперативних працівників визначається головним енергетиком, за узгодженням із керівництвом підприємства, і зазначається у посадовій інструкції.

До оперативного обслуговування електроустановок допускаються працівники, які знають оперативні схеми, посадові та експлуатаційні інструкції, інструкції з охорони праці, особливості обладнання, а також, ті, що пройшли навчання, дублювання та перевірку знань.

Особи оперативного персоналу, які обслуговують електрообладнання та ТП, повинні мати групу з електробезпеки III, IV.

Оперативний персонал повинен проводити обходи та огляди обладнання і ТП. Під час огляду в електроустановках, напругою понад 1000 В, забороняється відкривати двері переміщень комірок, які не обладнані сітчастими огорожами або бар'єрами, при умові, що відстань до струмопровідних частин менша 0,6 м.

Під час огляду електроустановок забороняється виконувати будь-яку роботу.

Двері приміщення ТП і РП мають бути постійно замкнуті, а ключі повинні перебувати на зберіганні в оперативного персоналу. Ключі видаються під розписку.

На місці постійного перебування оперативного персоналу повинна бути така документація:

- оперативний журнал;
- однолінійна схема електропостачання цеху;

- журнал наладок і аварій;
- журнал розпоряджень;
- бланки наряду-допуску;
- бланки оперативних перемикачів;
- список працівників, яким дозволяється одноосібний огляд.

II. Виконання робіт

Роботи, які виконуються в електроустановках понад 1 кВ, відповідно до заходів безпеки поділяються на три категорії:

- із зняттям напруги;
- без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них;
- без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

До робіт із зняттям напруги належать роботи, які виконуються в блоках, відсіках комірок КРУ, на збірних шинах чи приєднаннях РП, де зі струмопровідних частин знято напругу і доступ до сусіднього приміщення, де є електроустановки під напругою, неможливий.

До робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. Дані роботи повинні проводитись за допомогою ізолюючих захисних засобів.

До таких робіт належать:

- перевірка контактних з'єднань збірних шин;
- фазування;
- перевірка навантаження окремих ліній роботи у вторинних колах вимірювальних трансформаторів.

Ці роботи виконуються двома працівниками і більше; керівник повинен мати групу з електробезпеки IV, а інші III.

До робіт без зняття напруги віддалік від струмових частин, що перебувають під напругою належать роботи, при виконанні яких є неможливе випадкове наближення працівників, ремонтного оснащення та інструменту на відстань меншу допустимої.

До таких робіт належать:

- ремонт будівельної частини РП (КТП);
- ремонт вікон, дверей РП (КТП);
- капітальний ремонт електрообладнання на викатних візках при закритих дверях комірок.

III. Організаційні і технічні заходи, які забезпечують працівників під час виконання робіт

До організаційних заходів належать:

а) перелік робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями і в порядку поточної експлуатації.

По наряді-допуску виконуються:

- монтаж та випробування збірних шин 10 кВ;
- ремонт та випробування приєднань 10 кВ до ТП;
- налагодження релейного захисту

За розпорядженням виконуються:

- ремонт масляних вимикачів на викатних візках при закритих дверях комірок;
- роботи в щитах оперативного струму і сигналізації;
- ремонт освітлення

Решта робіт проводиться оперативним персоналом в порядку поточної експлуатації.

б) призначення осіб відповідальних за безпечне проведення робіт. (відповідальними за безпечне проведення робіт на даному об'єкті є: енергетик підприємства, що має V групу з електробезпеки, він же видає наряд, розпорядження, і дозвіл на підготовку робочого місця; працівник, що готує робоче місце і допускає до роботи – працівник оперативного персоналу з IV групою; керівник робіт – електромонтер (IV група); працівник, що наглядає за виконанням робіт (III група); члени бригади (III група)).

До технічних заходів належать:

- проведення необхідних відключень і здійснення всіх заходів, які перешкоджають помилковому або самовільному ввімкненню комутаційної апаратури – вимкнути ввідні вимикачі і лінійні вимикачі;

Для запобігання помилкового ввімкнення масляних вимикачів необхідно здійснити такі заходи:

- візок з вимикачем необхідно викотити, шторку відсіку закрити на замок і повісити плакат: “не вмикати працюють люди”.

- вивісити заборонні плакати, також, на ключах керування, на приводах ввідних та секційних вимикачів, на кнопках автоматів оперативного струму;

- перевірити відсутність напруги на збірних шинах, кабелях вводу, на лініях цехової ТП;

- встановити переносне захисне заземлення.

Таблиця 4.1 – Відомість спеціального інвентарю з техніки безпеки

Засоби захисту	Кількість , шт.
1. Ізолююча штанга (оперативна чи універсальна)	2
2. Показник напруги	2
3. Ізолюючі кліщі	1
4. Діелектричні рукавички	2 пари
5. Діелектричні боти	1 пара
6. Переносне захисне заземлення	2 компл.
7. Тимчасові огорожі	2
8. Плакати по ТБ	2 компл
9. Протигаз	2
10. Захисні окуляри	2 пари

Всі перераховані засоби захисту повинні знаходитись в приміщенні цехової ТП.

4.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок

В кваліфікаційній роботі розглядаються ділянки які є пожежонебезпечними.

Кабель, прокладений в землі чи в трубах відкрито, може при пошкодженні стати причиною пожежі.

Пожежа може виникнути внаслідок загоряння гарячих матеріалів, що знаходяться в кабельній споруді, при електричному розряді кабелю чи в момент випробувань, чи при ремонтних роботах із – за недотримання заходів пожежної безпеки.

В електричних мережах необхідно виконувати наступні вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок:

1) допускається гасіння пожежі водяними потоками на невимкнених електроустановках напругою до 10 кВ, відкритих тільки для огляду електрика. При цьому опору заземляють, а електрик – працює в діелектричних ботах та рукавицях. Не допускається гасіння пожеж ручними засобами ;

2) забороняється гасіння пожежі усіма видами пін з допомогою ручних засобів в електроустановках під напругою, так як піна і розчини піноутворювачів мають велику електропровідність. Тільки в окремих випадках при спеціальному закріпленні піногенераторів і надійному їх заземленні, а також заземленні насосів пожежних машин, дозволяється гасити пожежу повітряно – механічною піною в електроустановках напругою до 10 кВ, які знаходяться під напругою;

3) при пожежі трансформатор вимикається з обох сторін, після чого одразу ж приступають до його гасіння будь – якими засобами (повітряно – механічною піною, розпиленою водою, вогнегасниками). При гасінні пожежі в трансформаторах, які встановлені в приміщеннях , необхідно прийняти заходи щодо попередження розповсюдження пожежі через вентиляційні та інші канали. Вентиляція в приміщенні в цей період може умикатись тільки з вказівки пожежного підрозділу;

4) при загорянні кабелів необхідно при наявності стаціонарної системи пожежегасіння (повітряно–механічною піною, розпиленою водою) включити її в роботу. При гасінні горючих кабелів напругою вище 1000 В у кабельному

тунелі, пожежник який працює з пожежним стволом, повинен направляти потоки води через дверний люк, не заходячи при цьому в відсік з горючими кабелями. Одночасно з гасінням пожежі кабелів потрібно прийняти заходи з швидкого зняття з них напруги;

5) щити управління станцій чи підстанцій напругою до 0,4 кВ являються найбільш важливою частиною електроустановок, тому найбільшу увагу при гасінні пожежі приділяється збереженню на них встановленої апаратури;

б) при загорянні кабелів, проводів і апаратів на панелях щитів управління оперативний персонал повинен зняти напругу з панелей, не допускаючи переходу вогню на сусідні панелі. В цьому випадку застосовують вуглекислотні вогнегасники чи брометилові, а також порошкові вогнегасники.

В розподільчих пунктах (РП) пожежі вкрай рідкісні із – за відсутності горючих матеріалів. Вибух та загоряння масла в бакових масляних вимикачах, встановлених в окремих камерах, не спричиняють пошкоджень обладнання всього РП.

В трансформаторних підстанціях (ТП), де встановлені маслонаповнені трансформатори, при витіканні масла і виникненні внаслідок цього короткого замикання всередині трансформатора може виникнути пожежа.

При виявленні пожежі в РП чи ТП чергова бригада в першу чергу проводить всебічне вимкнення горючого обладнання від мережі та приступає до гасіння пожежі, застосовуючи порошковий вогнегасник чи пісок. В випадку необхідності чергова бригада викликає місцеву пожежну команду.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі бакалавра здійснено розробку системи електропостачання житлового масиву м. Нововолинськ.

Процес проектування був розпочатий з проведення розрахунку електричних навантажень мікрорайону. Для цього були розрахунки електричні навантаження окремих споживачів кварталу мікрорайону. Далі було розраховано загальне електричне навантаження споживачів.

Відповідно до отриманих результатів і категорій надійності споживачів, було вибрано для порівняння 2 варіанти електропостачання споживачів мікрорайону. Далі був проведений розрахунок потужності трансформаторів, кількості КТП кожного варіанту, визначено їх розташування на підставі методу уентру електричних навантажень, вибрані кабелі і зроблений розрахунок втрат напруги при електропостачанні споживачів. Втрати напруги були допустимими для двох варіантів, але економічно вигідним був варіант з п'ятьма 2КТПГ-1000/10/0,4–У1 для міських мереж.

Далі були розраховані струми короткого замикання. Результати розрахунків були використані для перевірки захисного обладнання, що забезпечує надійність електропостачання. Здійснено вибір захисного обладнання. Проводилася перевірка автоматичних вимикачів трансформаторної підстанції, трансформаторів струму, роз'єднувачів. На стороні низької напруги були вибрані автоматичні вимикачі, що забезпечують надійність і безпеку електропостачання споживачів мікрорайону.

Також у кваліфікаційній роботі проводився розрахунок заземлення БКТП мікрорайону.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. В Україні зростає споживання електроенергії // Інформаційне агенство Уніан: [Веб-сайт]. Київ, 2021. URL: <https://www.unian.ua/economics/energetics/v-ukrajini-zrostaye-spozhivannya-elektroenergiji-minenergetiki-novini-sogodni-11653606.html> (дата звернення: 22.02.2022).
2. Закон України "Про енергетичну ефективність": Закон від 21.10.2021 Документ 1818-IX // відомості Верховної Ради. Київ: Мін-во Юстиції України, 2021. 23 с.
3. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
4. ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення : Державні будівельні норми і правила // ДП "Укрархбудінформ". Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 169 с.
5. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.
6. Куницький О. М. Моніторинг якості електричної енергії / О. М. Куницький, С. С. Чуйко, В. В. Миколишин // Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28-29 листопада 2018 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2018. — Том 3. — С. 44–45.
7. Технічна політика: Побудова та експлуатація електричних мереж. Технічна політика // Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Київ: ДП «НЕК «Укренерго», 2014. 250 с.
8. ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 169 с.
9. ДБН В.2.5-28:2018 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 137 с.

10. Інжинірингова компанія Івелсі: [Веб-сайт]. Київ, 2022. URL: <http://ivelsy-led.com.ua/> (дата звернення: 17.02.2022).
11. На якій висоті треба встановлювати світильники зовнішнього освітлення? // Схід-Будконструкція: [Веб-сайт]. Київ, 2020. URL: <https://sbk.ltd.ua/uk/lep-opori-osvitlennja/205-na-kakoj-vysote-nuzhno-ustanavlivat-svetilniki-naruzhnogo-osveschenija.html> (дата звернення: 17.02.2022).
12. ДСТУ Б А.2.4-18:2008. СПДБ. Електричне освітлення території промислових підприємств. Робочі креслення
13. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності: ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT). [Чинний з 1.10.2014]. - К.: Держстандарт України, 2014. – 27 с.
14. Лук'яненко Ю. В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні : Навч. посіб. / Ю. В. Лук'яненко, Ж. І. Остапчук, В. В. Кулик; Вінниц. держ. техн. ун-т. - Вінниця, 2002. - 111 с. 77 23.
15. ДСТУ EN 50575:2018. Кабелі силові, контрольні та зв'язку. Кабелі для загального використання в будівельних спорудах згідно з вимогами щодо реакції на вогонь. Київ, 2019. 65 с.
16. ГОСТ 28249-93 Короткі замикання в електроустановках. Методи розрахунку в електроустановках змінного струму напругою до 1 кВ
17. Компанія «УкрЕЛКОМ ЛТД»: [Веб-сайт]. Хмельницький, 2022. URL: http://ukrelcom.com/index_uk.php (дата звернення: 18.02.2022).
18. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом
19. Системи заземлення, типи, TN-C, TN-C-S, TN-S, TT, IT // Енергомаг: [Веб-сайт]. Київ, 2021. URL: <https://energomag.net/zazemlenie-dlya-doma/sistemi-zazemlennya-tipitn-c-tn-c-s-tn-s-tt-it> (дата звернення: 16.02.2022).
20. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.