

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**до кваліфікаційної магістерської роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр**

галузі знань 14 електрична інженерія

**зі спеціальності 141 електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

на тему: **Розрахунок електричних навантажень котеджного поселення**

Виконав:

студент групи ЕЕ-21зм

Петрушенко Є.О.

(підпис)

Керівник

доц. Філімоненко Н. М.

(підпис)

Завідувач кафедри

доц. Руднєв Є. С.

(підпис)

Київ
2022 р.

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії
Кафедра електричної інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри
доц. Руднєв Є. С.

« » _____ 2022 року

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКИЙ ПРОЕКТ
СТУДЕНТУ**

Петрушенко Євгену Олексійовичу

1. Тема проекту Розрахунок електричних навантажень котеджного поселення
Спец. завдання Релейний захист з боку високої напруги
Керівник проекту Філімоненко Ніна Миколаївна доц., к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу "12" жовтня 2022 року №
27/15.23-С
2. Строк подання студентом проекту 20 листопада 2022
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Вихідні данні визначені в переліку питань, що підлягають розробці в магістерській роботі
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз стану питання. Структура електропостачання котеджного поселення. Розрахунок електричних навантажень котеджного поселення. Вибір основних елементів трансформаторних підстанцій.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Плакати, що пояснюють суть магістерської роботи в кількості 5 шт.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 - 4	доц. Філімоненко Н. М.		

7. Дата видачі завдання 12 жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської роботи	Строк виконання етапів	При-мітка
1.	Структура електропостачання котеджного поселення	12.10-30.10.2022	
2.	Розрахунок електричних навантажень котеджного поселення	20.10-10.11.2022	
3.	Вибір трансформаторів і трансформаторних підстанцій	05.11-18.11.2022	
4.	Вибір основних елементів трансформаторних підстанцій	12.11-20.11.2022	
5.	Вибір обладнання на стороні 0,4 кВ	30.10-10.11.2022	
6.	Висновки. Оформлення магістерської роботи	18.11.22-20.11.2022	

Студент

_____ (підпис)

Петрушенко Є. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ (підпис)

доц. Філімоненко Н. М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: **Розрахунок електричних навантажень котеджного поселення** містить 96 сторінок тексту, 20 рисунків, 30 таблиць, 29 найменування літературних посилань.

Розглянуто система електропостачання котеджного селища, що включає обладнання на 6 кВ і 0,4 кВ, низьковольтне обладнання для внутрішнього освітлення і розеткову мережу.

Проведено розрахунок навантажень в житловому селищі. На основі отриманих результатів обрано тип, кількість та потужність силових трансформаторів. Обрана схема підстанції – одно-трансформаторна кінцева.

Проведено розрахунок струмів короткого замикання, за результатами якого обрані апарати захисту для встановлення на підстанції.

Наведено умови монтажу та введення в експлуатацію комплектних трансформаторних підстанцій, надано опис організаційно-технічних заходів за умовами праці.

Отримано систему електропостачання та зроблено вибір обладнання, що постачається на об'єкт комунального господарства – все це відповідає вимогам надійності та якості електроенергії.

ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, СИЛОВИЙ ТРАНСФОРМАТОР,
СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, АКТИВНА ПОТУЖНІСТЬ,
РЕАКТИВНА ПОТУЖНІСТЬ, ЛІНІЯ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ, РОЗПОДІЛЬЧІ
ПРИСТРОЇ, ПРИСТРОЇ ВВОДУ, ВНУТРІШНЬО-БУДИНКОВЕ
ОБЛАДНАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 СТРУКТУРА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОТЕДЖНОГО ПОСЕЛЕННЯ	10
1.1 Загальна характеристика	10
1.2 Вибір схеми електропостачання	14
1.3 Вибір повітряної лінії електропередач	13
1.4 Вибір типу силових трансформаторів	19
1.5 Вступні пристрої будинків із вузлом обліку	21
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ КОТЕДЖНОГО ПОСЕЛЕННЯ	24
2.1 Розрахунок електричної потужності	24
2.2 Вибір приладів освітлення вулиць селища	26
2.3 Розрахунок вуличного освітлення	30
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ТРАНСФОРМАТОРІВ І ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ	34
3.1 Вибір потужності та кількості трансформаторів з урахуванням компенсації реактивної потужності	34
3.2 Вибір типу КТП	41
3.3 Розташування КТП 6 / 0,4 кВ	45
РОЗДІЛ 4 ВИБІР ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ	48
4.1 Розрахунок струмів короткого замикання	48
4.2 Обґрунтування вибору електрообладнання та провідників на високому боці трансформаторної підстанції	58

4.3 Вибір обладнання на стороні 0,4 кВ	66
4.4 Внутрішньо-будинкове обладнання	72
РОЗДІЛ 5 РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ	79
5.1 Види ушкоджень і ненормальних режимів роботи мереж	81
5.2. Основні вимоги до релейного захисту	83
5.3. Захист лінії електропередач 6 кВ	84
ВИСНОВКИ	90
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ	92
SUMMERY	96

ВСТУП

В Україні щороку зростає кількість потенційних домовласників, що прагнуть до проживання в котеджному містечку з розвинутою інфраструктурою та охороною, особливо розбудова таких селищ буде актуальною після закінчення бойових дій.

Ми помічаємо, що в побутовій інфраструктурі нашої країни відбуваються суттєві зміни. Життя, особливо у великих містах, набирає стрімких обертів і тому, дедалі частіше, багато людей починають схилитися до того, що після закінчення напруженого робочого дня їм хотілося б приїхати у свій тихий та затишний будинок в селищі. Світова тенденція напряму в будівництві – є розвиток будівництва котеджних селищ, кондомініумів, сегментів.

Котедж – це індивідуальний міський, заміський або сільський малоетажний будинок (другий поверх передбачений тільки у вигляді мансарди зі скатними стелями) невеликої житлової площі (класичний котедж може складатися тільки з двох — передньої і задньої — кімнат) для проживання однієї родини з невеличкою присадибною ділянкою та загальною площею більше 100 й більше квадратних метрів.

Котедж призначений як для постійного, так і для тимчасового проживання. Більшою частиною котеджі в Україні – приналежність заміського пейзажу, або в межах міста в районах віддалених від центра.

Класичним будматеріалом є природний камінь, червона цегла. Проте сьогодні велике поширення одержали котеджі з газобетону (так званого, газоблоку) в силу високої ефективності цього матеріалу, а також котеджі з дерева (беручи до уваги особливості українського клімату, економічність і екологічність цього будматеріалу). Другий поверх, зазвичай, займає спальня, перший – вітальня, кухня, санвузол, котельня. Нерідко котедж

містить гараж для легкового автомобіля, часто перероблений зі старовинної комори.

За одною з існуючих класифікацій виділяються чотири основні категорії котеджних селищ / містечок:

- старі та нові будинки з присадибними ділянками на територіях районних міст, селищ і сіл (4-12 соток землі для обслуговування будинку, селищні комунікації і дороги);

- дачні селища 60-90 років забудови (5-10 соток землі для обслуговування будинку, садівницькі товариства радянського зразка, ґрунтові дороги, невпорядкована інженерна інфраструктура);

- нові, окремо розташовані сучасні котеджі різної архітектури, побудовані в період з середини 90-х до теперішнього часу, іноді об'єднані в «стихійні» котеджні містечка за ініціативи власників з метою організації спільних інженерних мереж та охорони території (4–30 котеджів, 10–20 соток землі для обслуговування будинку, підключення до мереж, сучасна інженерна інфраструктура, асфальтові дороги);

- організовані котеджні містечка від єдиного забудовника з єдиною інфраструктурою, хорошим рівнем інженерних мереж і розвиненою соціальною інфраструктурою (40-150 котеджів, 2-полосні асфальтові внутрішні дороги з тротуарами та газонами, упорядковані громадські зони, власна комунальна служба, охорона, кафе, торговельні центри тощо) [1].

Таким чином, сучасне котеджне селище – це комплексна заміська або приміська садибна забудова, яка формується за єдиним генеральним планом і містить не лише житлові котеджі, але й елементи інфраструктури. Сьогодні архітектори вже відійшли від хаотичної забудови територій різними будинками, а сповідують концепцію цілісного підходу до виділеної території, щоб забезпечити максимум зручності й комфорту для мешканців.

Актуальність роботи. Комплексна забудова передбачає не лише єдиний генеральний план раціонального розміщення житлових будинків і об'єктів інфраструктури, але і проекти будинків, які будуть розміщені згідно

з цими умовами. Під час проектування комплексно вирішуються питання забезпечення жителів необхідним обслуговуванням із максимальною автономією містечка, безпеки, транспортних сполучень, озеленення тощо.

Згідно із санітарними нормами, оптимально комфортні умови забезпечуються, якщо на одну людину припадає не менше за 30 м², але з урахуванням психологічної складової людині необхідно близько 40–50 м². Тобто для сім'ї з 3–4 осіб житло площею 120–180 м² буде достатньо комфортним [2].

Система електрогосподарства житлового масиву, що складається з мереж напругою до 1000 В і вище, а також трансформаторних підстанцій (ТП), служить для забезпечення споживачів електроенергією за рахунок передачі її від джерела живлення до місця споживання в необхідній кількості та відповідної якості у вигляді змінного струму.

Призначенням системи електрогосподарства селища є забезпечення електроенергією всіх живильних і розподільних мереж середніх номінальних напруг 6 (10) кВ до ТП, і зовнішніх і внутрішніх мереж напругою до 1000В.

Мета роботи – підвищення надійності електропостачання котеджного селища. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі *завдання*:

1. Проаналізувати типи електричних мереж, що використовуються для електропостачання котеджних селищ.
2. Здійснити проектування системи електрогосподарства житлового сектора котеджного селища.
3. Зробити вибір обладнання по низькій стороні та внутрішньо-будинкового обладнання.

Відповідно до поставлених завдань слід зробити наступне – зробити вибір із різних типів наведених нижче елементів електропостачання:

Вибір схеми електропостачання.

Вибір типу лінії електропередач (ЛЕП):

- повітряна лінія – ПЛ 10 кВ;
- кабельна лінія – КЛ 10 кВ.

Вибір силового трансформатора:

- трансформатор оливний серії ТМГ;
- вибір світильників для зовнішнього освітлення.
- світильники з газорозрядними лампами високого тиску;
- світлодіодні світильники.

В рамках проектування системи електрогосподарства житлового сектора котеджного селища необхідно:

- розрахувати потужність об'єкта проектування;
- зробити вибір потужності й кількості трансформаторів;
- розрахувати струми короткого замикання;
- вибір розташування КТП 6 / 0,4;
- розрахувати режим короткого замикання;
- розрахувати й вибрати електрообладнання.

При вирішенні поставлених завдань важливо врахувати електротехнічні та екологічні вимоги та обмеження, а також розвиток споживачів електроенергії, джерел живлення, електричних мереж і можливу невизначеність перспективної техніко-економічної інформації. Система електропостачання повинна бути гнучкою, допускати постійний розвиток селища, зростання числа будинків і загальної споживаної потужності.

У проекті необхідно передбачити електропостачання житлового масиву в складі двохсот тридцяти житлових котеджів.

Об'єкт дослідження – мережа електропостачання 6 кВ 0,4 кВ котеджного селища.

Предмет дослідження – процеси, що впливають на вибір обладнання та схем електропостачання житлового поселення.

Методи дослідження. Методи розрахунку електричних кіл, методи розрахунку електричних мереж, методи порівняльного аналізу.

Публікації під час навчання: всеукраїнська науково-практична конференція «Майбутній науковець 2022»: публікація тез доповіді «Види ушкоджень і ненормальних режимів роботи електричних мереж».

РОЗДІЛ 1

СТРУКТУРА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОТЕДЖНОГО ПОСЕЛЕННЯ

1.1 Загальна характеристика

Об'єктом електропостачання є житловий котеджний масив (котеджне поселення). Кількість житлових будинків на території селища – 237. Чисельність населення приблизно складає 1000 чоловік.

Схематичний план селища показано на рис. 1.1

Функція системи електропостачання селища є забезпечення електроенергією всіх технологічних процесів комунально-побутових споживачів. Об'єкт, що підключається, буде отримувати живлення від фідера підстанції ПС35/6.

Основні групи електроприймачів в даній системі електропостачання – побутові, комунальні, адміністративні споживачі, розташовані на території житлового району.

Категорія надійності електропостачання селища – III, тому що перерва в електропостачанні не спричинить за собою небезпеку для життя людей, порушення функціонування особливо важливих елементів господарства тощо.

Нижче наведений перелік основних побутових електроприймачів і їх середня витрата електроенергії (табл. 1.1).

Система електропостачання селища складається відповідно до класів напруги й підрозділяється на: перший рівень напруги, що дорівнює 6 кВ; другий рівень напруги – 0,4 кВ.

Кожен рівень включає в себе наступні елементи:

1 рівень:

- джерело живлення – ПС35/6 кВ;
- чотири комплектні трансформаторні підстанції 6/0,4 кВ, що забезпечують електропостачання житлового масиву;
- ПЛ-6кВ, що проходить від ПС 35/6 і потім по території селища.

2 рівень: електроприймачів 0,4 кВ:

- котеджі з плитами на природному газі в кількості 237 котеджів;
- ПЛ-0,4 кВ від КТП до кінцевих споживачів, розташована уздовж вулиць. На ПЛ-0,4 кВ змонтовано самонесучий ізольований провід (СП), а також на тих самих опорах встановлено лампи освітлення.

У житловому приміщенні комфортні умови для проживання забезпечують системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря забезпечують.

У холодні періоди року системи опалення підтримують необхідну температуру повітря в приміщеннях. Системи вентиляції подають в приміщення чисте повітря й одночасно видаляють забруднене, при незмінній температурі внутрішнього повітря.

Для чистоти та певного газового складу повітря незалежно від зовнішніх метеорологічних умов, також для автоматичної підтримки певних температури, відносної вологості, рухливості повітря в приміщенні застосовуються системи кондиціонування повітря.

Останнім часом серед опалювальних систем індивідуальних будинків широкий розвиток отримала автономна система опалення.

Поквартирне теплопостачання – це автономне забезпечення теплом і гарячою водою індивідуального будинку або окремої квартири в багатоповерховому будинку. У кожному будинку встановлюється настінний газовий двоконтурний котел, що забезпечує й опалення, й гаряче водопостачання.

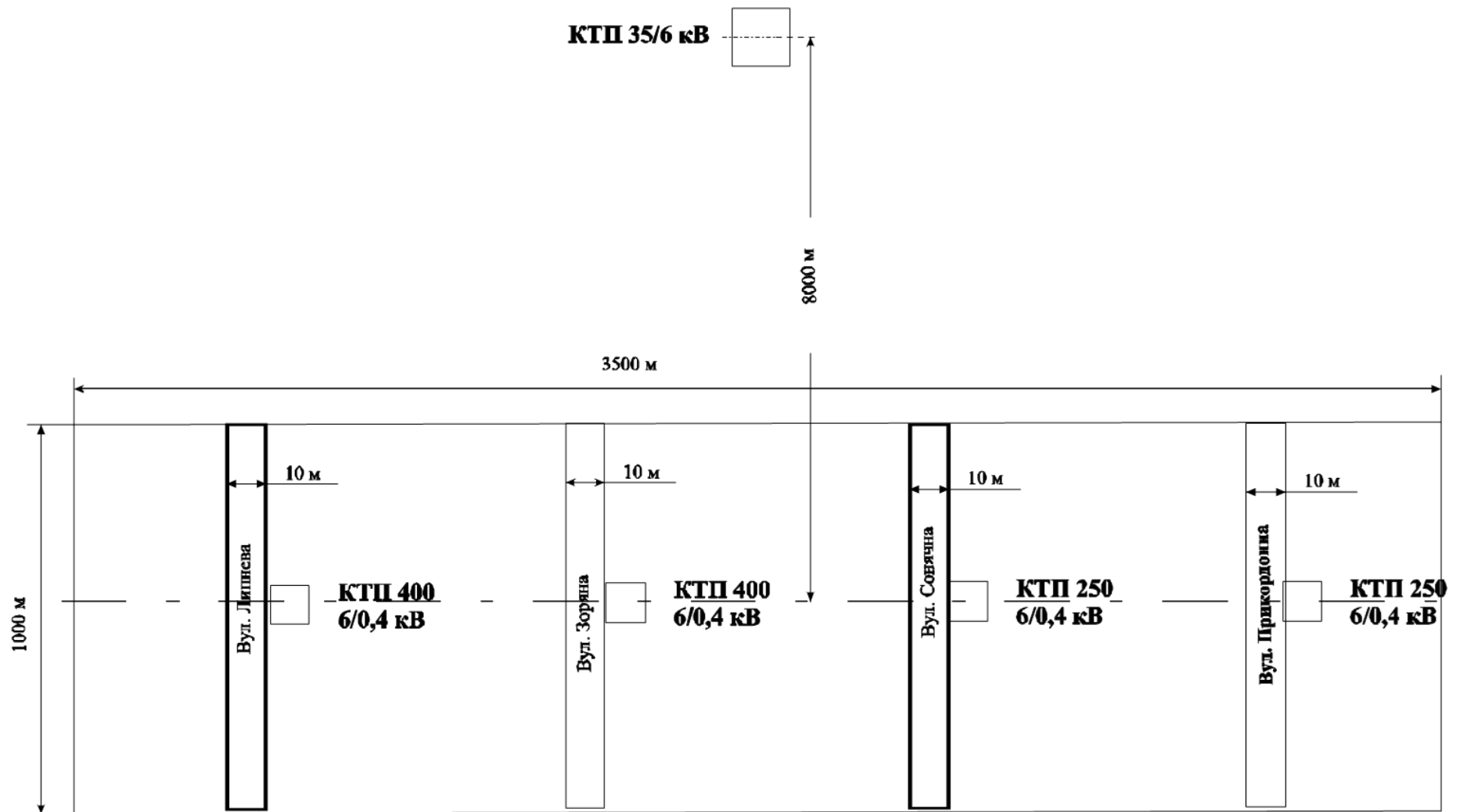


Рисунок 1.1 – Схематичний план котеджного поселення

Таблиця 1.1 – Перелік основних побутових електроприймачів і їх середня витрата електроенергії для одного котеджу

№ з / п	Найменування електроприймача	Потужність одного електроприймача кВт	Кількість/п	Потужність всіх електроприймачівкВт
1	холодильник	0,24	1	0,24
2	електрочайник	2	1	2
3	телевізор	0,1	4	0,4
4	комп'ютер	0,065	2	0,13
5	мікрохвильова піч	1	1	1
6	праска електрична	1,2	1	1,2
7	машина пральна	1,5	1	1,5
8	кондиціонер	1,5	2	3
9	освітлення	0,8-0,24	9	0,251
10	тепловий газовий котел	0,12	1	0,12
11	інші електроприймачі	-	-	4,359
	сумарне навантаження всіх електроприймачів			14,2

Поквартирне теплопостачання – це автономне забезпечення теплом і гарячою водою індивідуального будинку або окремої квартири в багатоповерховому будинку. У кожному будинку встановлюється настінний газовий двоконтурний котел, що забезпечує й опалення, й гаряче водопостачання.

В житловому приміщенні, що розглядається, передбачаємо місцеву систему опалення, коли теплогенератор, теплопроводи, опалювальні прилади – є складовими одного пристрою. Теплогенератор (котел) маємо в спеціальному (опалювальному) приміщенні.

В якості теплогенератора – двоконтурний газовий настінний опалювальний котел тепловою потужністю 30 кВт фірми Viessmann Vitopend 100W.

Опалювальні прилади розміщені під світловими прорізами в місцях, доступних для огляду, ремонту та очищення. Тип опалювального приладу – радіатор алюмінієвий 6-ти секційний Mirado [4].

1.2 Вибір схеми електропостачання

Схеми електропостачання підрозділяються на:

- радіальна схема;
- магістральна схема;
- радіально-магістральна.

Радіальна схема електропостачання представляє собою «променеподібну» схему електроживлення, при якій електроенергія передається від центру живлення (підстанції високого рівня) по лінії без відгалужень безпосередньо до кінцевого споживача (підстанції нижнього рівня) без проміжних відборів потужності. Подібна схема проста, надійна, але має головний недолік – висока вартість, пов'язана з тим, що доводиться

для кожного споживача створювати окремі лінії. Така схема доцільна для живлення потужних споживачів електроенергії.

Магістральна схема електропостачання на відміну від радіальної, протягом однієї лінії від центру живлення живить кілька кінцевих споживачів (підстанцій нижнього рівня). До плюсів даної схеми відноситься відносно дешеве виконання в порівнянні з радіальною, але недоліками є ускладнення схеми і низька надійність електропостачання.

Радіально-магістральна або змішана схема, як видно з назви, включає в себе ознаки вищезгаданих видів. В існуючій практиці рідко зустрічаються виключно радіальні або магістральні схеми електропостачання. Зазвичай великі споживачі або споживачі, яким важлива надійність, живляться за радіальною схемою, а середні і дрібні споживачі групуються для живлення по магістральній схемі [5-10].

При розробці схем підстанцій прагнуть до максимального спрощення схеми та застосування мінімуму комутаційної апаратури з урахуванням забезпечення надійності, перспектив розвитку, проведення ремонтних робіт та безпеки експлуатації.

Для даного об'єкта проектування вибирається змішана схема електропостачання (рис. 1.2), яка дозволяє поєднати в собі належним чином плюси радіальної та магістральної схем для досягнення поставлених завдань і отримати схему з найкращими техніко-економічними показниками. Підстанції, що забезпечують електроенергією споживачів III (третьої категорії), виконуються одно-трансформаторними. Тип підстанцій – кінцеві [9].

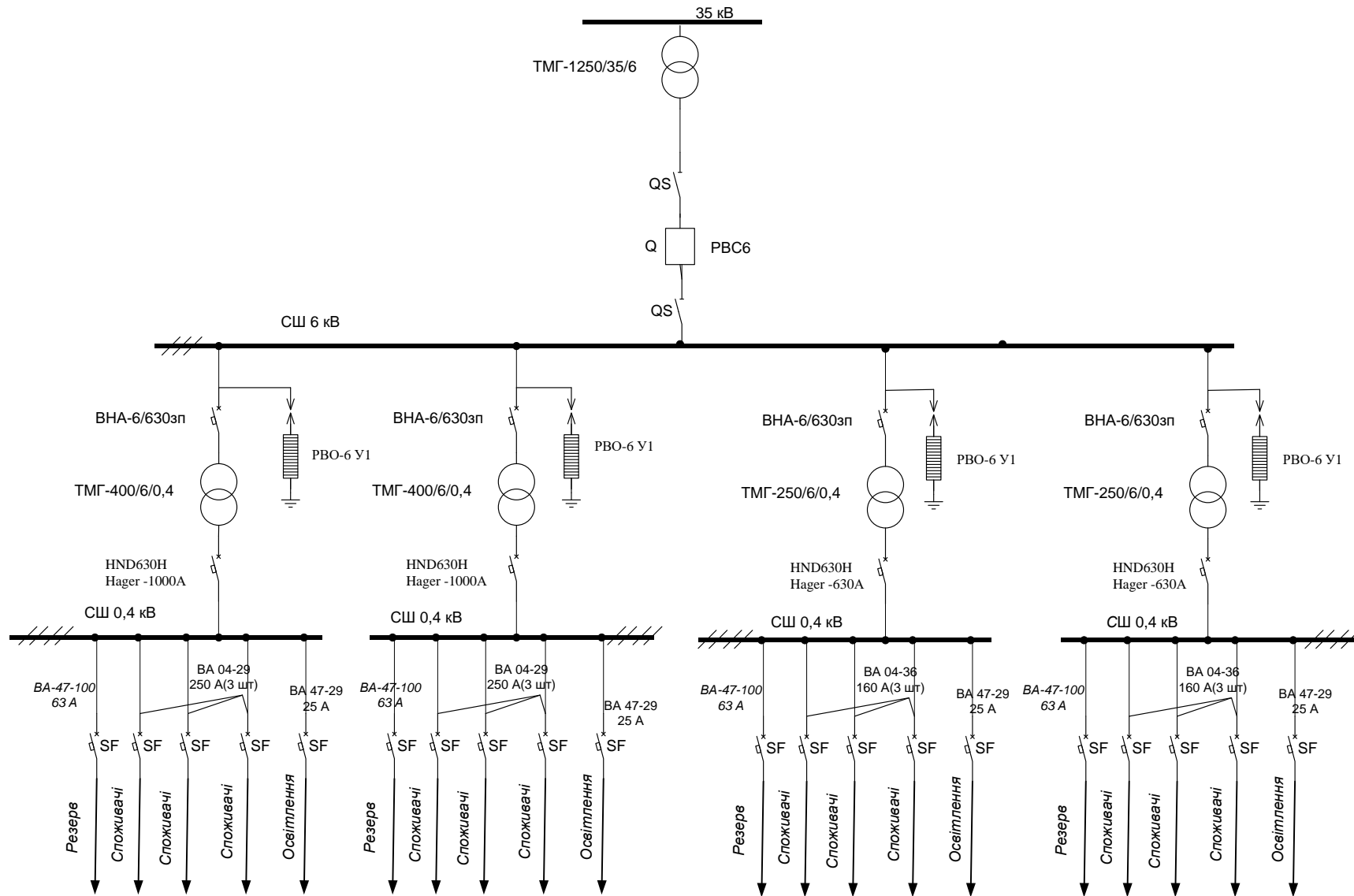


Рисунок 1.2– Однолінійна схема електропостачання житлового масиву

1.3 Вибір повітряної лінії електропередач

При проектуванні електропостачання кінцевого споживача від електричної підстанції з'являється досить важливе питання, яким чином слід виконати ЛЕП.

На даний момент існують два способи виконання ЛЕП[9,10]:

- кабельна лінія – КЛ 6 кВ;
- повітряна лінія – ПЛ 6 кВ.

Кабельна лінія – це лінія для передачі електроенергії, що складається з одного або декількох кабелів, які прокладені разом в земляній траншеї, блоках або естакадах зі сполучними, стопорними й кінцевими муфтами.

До переваг кабельної лінії можна віднести більш високий рівень надійності, вони менше схильні до впливу навколишнього середовища та менше на нього впливають, у зв'язку з більш низьким рівнем електромагнітного випромінювання, вони більш компактні й не псують навколишній ландшафт.

Значним недоліком КЛ є складність у виявленні та усуненні пошкодження кабельної лінії. У кабельної лінії пропускна здатність нижче, в порівнянні з аналогічними перетинами кабелів повітряної лінії, до того ж вартість споруди КЛ дорожче й вартість зростає зі збільшенням напруги.

Повітряна лінія – це лінія для передачі та розподілу електричної енергії по проводах, що знаходяться на відкритому повітрі, підвішених у повітрі до опор або інших споруд за допомогою ізоляторів та спеціальної арматури.

Повітряна лінія з самоутриманими ізольованими проводами – ПЛІ.

Перевагою повітряних ліній є низька вартість, простота у виявленні пошкоджень лінії, додавання нових відгалужень від основної лінії, велика пропускна здатність. Головним мінусом ПЛ є те, що вони схильні до впливу навколишнього середовища таких як сильний вітер, гроза, падіння дерев на проводи, ожеледь тощо [11,12,13].

Повітряна лінія з самоутриманими ізолюваними проводами – ПЛЛ.

При використанні самоутриманого ізолюваного проводу (СПП) в повітряних лініях плюси при використанні останніх тільки збільшуються:

- високий ступінь надійності при експлуатації та монтажі (на відміну від проводів АС, уникнення коротких замикань в разі торкання проводами дерев, будівельних споруд або жил між собою);
- значне зменшення впливу навколишнього середовища (утворення ожеледі, сильного вітру, падіння дерева) на пошкодження лінії;
- зменшення безпечних відстаней до інженерних споруд і будинків;
- зменшення витрат на монтаж ПЛЛ-0,4 кВ, в зв'язку з вирубкою більш вузької просіки в місцевості, що її потребує, можливість вести монтаж проводів по фасадах будівель, застосування більш коротких опор, відсутністю ізоляторів і дорогих траверс;
- можливість спільної підвіски декількох ланцюгів ПЛЛ з ПЛ 10 кВ і ліній зв'язку;
- збільшенні довжини прольотів;
- простота монтажу;
- різке зниження експлуатаційних витрат;
- скорочення обсягів і часу аварійно-відновлювальних робіт.

У зв'язку з перерахованими плюсами, для котеджного селища найбільш підходящий та вигідний варіант – це виконання лінії електропередач повітряною лінією з проводами СПП.

Пропонується застосувати для ПЛЛ:

- на напругу 6 кВ – СПП-3– самонесучий ізолюваний провід одножилний, в якому струмопровідна жила виконана з ущільненого алюмінієвого сплаву й має ізоляцію зі зшитого світло-стабілізованого поліетилену;
- на напругу 0,4 кВ – СПП-2 – самонесучий ізолюваний провід, в якому всі жили кабелю, зокрема й нульова несуча жила, виконані

уцільненими алюмінієвими сплавами із ізоляцією зі зшитого світло-стабілізованого поліетилену [13,14,15].

1.4 Вибір типу силових трансформаторів

Силові трансформатори за конструкцією поділяються на два основних типи: олійні та сухі.

Вибір масляного трансформатора є більш придатним в зв'язку з тим, що в герметичних масляних (олійних) трансформаторах типу ТМГ повністю відсутній контакт оливи з навколишнім середовищем, що виключає зволоження, окислення й шлакування оливи. Не потрібно проведення профілактичних, поточних і капітальних ремонтів протягом усього терміну експлуатації трансформатора.

Разом з тим в сухих трансформаторах блоки обмоток сухих трансформаторів в процесі експлуатації схильні до мікроруйнування. При цьому утворюються мікротріщини і, внаслідок, відбувається процес утворення безперервного тліючого пробою всередині мікротріщини. Ізоляція поступово обуглюється і потім переходить в міжвиткове або міжшарове коротке замикання, що веде до вигорання обмотки. Це є досить тривалий процес, який розвивається тижнями, іноді місяцями й до моменту аварії, практично, залишаючись непомітним.

Для встановлення на ТП селища найкраще застосовувати трансформатори типу ТМГ [3,8,9].

Гофровані баки цих трансформаторів забезпечують необхідну геометрію поверхні для найкращого охолодження без застосування змінних охолоджувачів, що значно збільшує надійність трансформаторів. Перед запуском в серійне виробництво гофровані баки піддаються механічним випробуванням на циклічність (10000 циклів на дію максимального і мінімального тисків) для підтвердження їх ресурсу роботи на розрахунковий

термін служби трансформатора – 25 років.

Трансформатори ТМГ виготовляються в герметичному виконанні (їхній внутрішній об'єм не має сполучення з навколишнім середовищем). Трансформатори повністю заповнені трансформаторною оливою. Розширювач і повітряна або газова "подушка" у цих трансформаторів відсутні. Це значно покращує умови роботи оливи, виключає його зволоження, окислення і шламоутворення. Трансформаторна олива перед заливкою в трансформатор дегазується. Завдяки цьому масло практично не змінює своїх властивостей протягом всього терміну служби трансформатора, тому проводити відбір проб масла не потрібно. Тому згерметизованих трансформаторів проб оливи не береться.

Трансформатори ТМГ практично не вимагають витрат на передпускові роботи й на обслуговування в експлуатації, не потребують профілактичних ремонтів і ревізій протягом всього терміну експлуатації.

Для контролю повноти заповнення бака маслом трансформатори ТМГ постачаються з поплавцевим оливо-вказівником, який розташований на кришці.

Внутрішній об'єм трансформаторів ТМ має сполучення з навколишнім середовищем. Температурні зміни об'єму олії, що відбуваються під час експлуатації, компенсуються за рахунок об'єму розширювача. Розширювач забезпечується осушувачем повітря, який призначається для очищення від вологи та промислових забруднень повітря, що поступає в розширювач при температурних коливаннях рівня масла.

Трансформатори ТМГ мають підвищену електричну міцність ізоляції внаслідок застосування глибокого вакууму при їх заливанні оливою, який повністю забезпечує видалення повітря з обмоток й ізоляційних деталей активної частини.

Фіксація положень перемикача відгалужень обмоток ВН, що дозволяє регулювати напругу ступенями по 2,5% в діапазоні $\pm 5\%$, здійснюється спеціальним фіксуючим пристроєм (розташованим в приводі всередині бака

трансформатора), а також додатковим фіксатором (розташованим в металевій рукоятці приводу).

На дно бака приварені пластини або швелери, що мають отвори для кріплення трансформатора на фундаменті. У нижній частині бака є вузол заземлення та зливна пробка.

Трансформатори поставляються з пробивним запобіжником (на замовлення споживача), призначеним для захисту мережі нижчої напруги від попадання підвищеного потенціалу.

1.5 Вступні пристрої будинків із вузлом обліку

Починається електропостачання приватного будинку з підведення електроживлення до будинку від місцевих ліній електропередач 0,4 кВ кабелем, який підходить для виконання зовнішньої проводки або проводами СІП. Підводиться живлення до будинку проводами СІП або будь-яким кабелем, відповідним для зовнішньої проводки. Кабель живлення заводиться до ввідного пристрою (ВП) або ввідно-розподільного пристрою (ВРП) на шляху від врізки в лінію електропередачі й будинком.

Ввідний пристрій є збірним електротехнічним пристроєм, який призначений для підключення та первинного захисту електроживлення будинку. Ввідний пристрій розташовується в металевому ящику з різними ступенями герметизації.

Для управління захисту електромережі будинку в металевому ящику зібрані комутаційні та захисні пристрої. Вступні пристрої за конструкцією відрізняються в залежності від виробника, при цьому принцип їх улаштування є однаковим.

Ввідний пристрій відрізняється від ВРП тим, що в ньому немає автоматів захисту для розподілу електроживлення по окремих

групах. Приклад ввідного пристрою на стовпі ЛЕП наведено на рис. 1.5. Підведення електроживлення до приватного будинку, коли ввідний пристрій встановлюється на стовпі ЛЕП показано на рис. 1. 6 або ВРП встановлюється безпосередньо в будинку (рис.1.7) [9, 10,22].



Рис. 1.5 – Приклад ввідного пристрою на стовпі ЛЕП

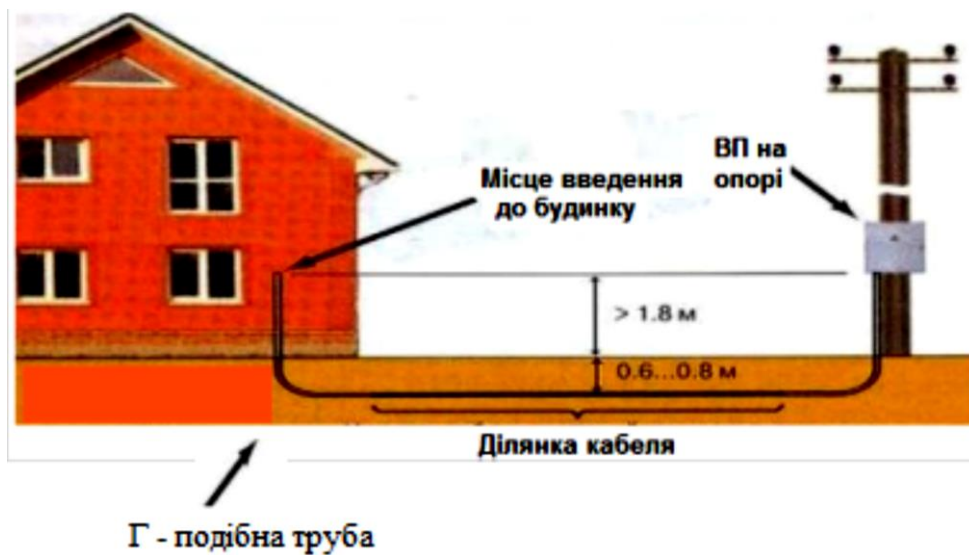


Рис. 1.6 – Підведення електроживлення до приватного будинку, коли ввідний пристрій встановлюється на стовпі ЛЕП

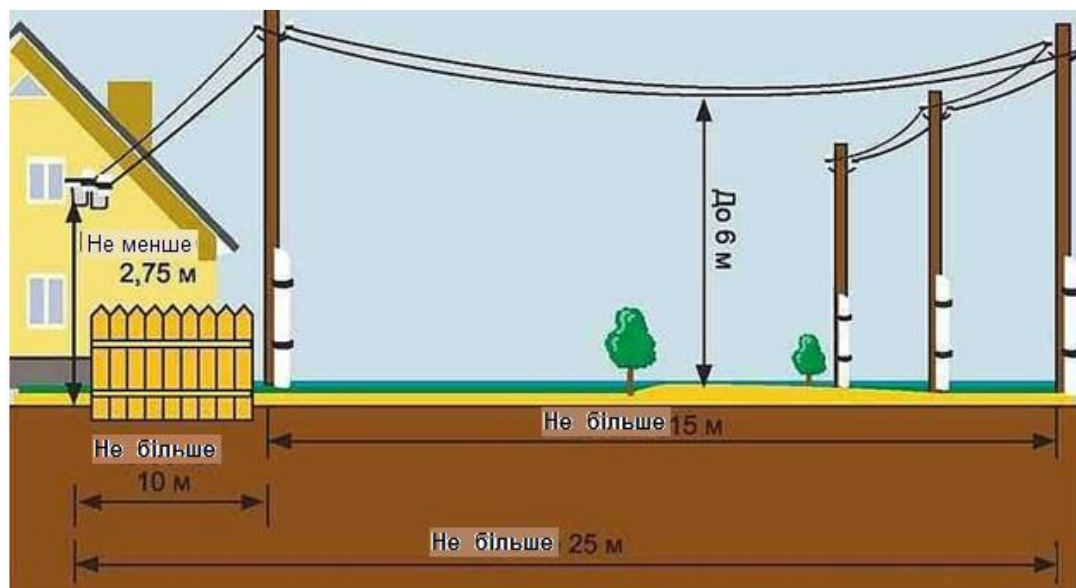


Рисунок 1.7 – Підведення електроживлення, коли ввідний пристрій встановлюється всередині приватного будинку

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ КОТЕДЖНОГО СЕЛИЩА

2.1 Розрахунок електричної потужності

Підрахунок електричних навантажень по житловому масиву виконаний на підставі даних ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення»[10], а також ГНД 341.004.003.001-2002 «Інструкція з проектування електромереж 110–0,38 кВ»[23].

$P_{p.mр} = P_{p.ж.б.пит} \cdot S \cdot 10^{-3},$	(2.1)
---------------------------------------------------	-------

де $P_{p.ж.б.пит}$ – питоме розрахункове навантаження житлових будинків, Вт/м², приведене в таблиці 2.1; S – загальна площа житлових будинків мікрорайону, м².

Тоді $P_{p.ж.б.пит} = 9,5 \cdot 1,3 \cdot 1,25 = 15,44$ кВт – розрахункове питоме навантаження одного житлового будинку, де 1,25 – коефіцієнт, що враховує перевищення площі житлового будинку за 55 м². За розрахункову середню площу житлового будинку приймаємо площа в 273 м².

Площа всіх будинків: $S = S_1 \cdot N = 273 \cdot 237 = 64766,84$ м².

Розрахункове навантаження житлового масиву (237 житлових котеджів):

$$P_{p.mр} = 15,44 \cdot 64766,84 \cdot 10^{-3} = 1000 \text{кВт} = 1 \text{МВт}.$$

Таким чином, розрахункове сумарне навантаження споживачів становить 1МВт.

Таблиця 2.1 – Питоме розрахункове навантаження житлових будинків

Поверховість забудови	Житловий будинок з плитами		
	на природному газі	на зрідженому газі або твердому паливі	електричними
1-2 поверхи	9,5 / 0,96	14,2 / 0,96	20,0 / 0,98
3-5 поверхів	9,3 / 0,96	12,3 / 0,96	10,2 / 0,98
більше 5 поверхів з часткою квартир вище 6-го поверху:			
20%	10,2 / 0,94	13,3 / 0,94	19,8 / 0,97
50%	10,9 / 0,93	14,0 / 0,93	20,4 / 0,97
100%	12,0 / 0,92	15,1 / 0,92	21,5 / 0,96

Примітки:

У таблиці 2.1 враховані навантаження насосів систем опалення, гарячого водопостачання та підкачування води, встановлені в центральному тепловому пункті (ЦТП), або індивідуально в кожному будинку, зовнішнього освітлення мікрорайону й не враховані навантаження електроопалення, електроводонагрівута побутових кондиціонерів повітря.

При застосуванні кондиціонерів повітря всередині житлових будинків слід визначати річний максимум електричних навантажень шляхом введення до даних табл.5 коефіцієнтів: для забудов 1-2 поверху при розрахунковій температурі, С⁰

- від 33 до 37⁰ 1,3;
- понад 37⁰ 1,4.

2.2. Вибір приладів освітлення вулиць селища

Вибір джерела світла визначається комплексом факторів, головні з яких – характер роботи (світлова віддача, термін служби, спектральні характеристики), умови середовища і розміри приміщення.

Селищні вулиці призначені для пересування по ним легкового автотранспорту зі швидкістю не більше 40 км/год, а також для пересування пішоходів.

В даному випадку головним завданням стоїть забезпечити освітленням вулиці селища в сутінковий та нічний час. Освітлення вулиць, доріг і площ з регулярним транспортним рухом у міських поселеннях слід проектувати виходячи з норм середньої яскравості удосконалених покриттів згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

Визначивши категорію селищних доріг, як дороги категорії В, у відповідності до [16–19] визначимо середню горизонтальну освітленість на рівні покриття доріг території мікрорайону в міських поселеннях, що дорівнює 4 лк. Включення освітлення ділянок автомобільних доріг необхідно проводити при зниженні рівня природної освітленості до 10 лк, а відключення – при його підвищенні до 15-20 лк.

Норми середньої яскравості удосконалених покриттів наведено у таблиці 2.2.

Порівняємо два різних типи світильників (таблиця 2.3):

- ЖКП з ДНаТ 70 – консольний світильник з натрієвої лампою високого тиску з потужністю 70 Вт (рис. 2.1);
- Focus 60 CW T – консольний світлодіодний світильник (рис.2.2).

Таблиця 2.2 – Норми середньої яскравості удосконалених покриттів

Категорія об'єкта з освітлення	Вулиці, дороги та площі	Найбільша інтенсивність руху транспорту в обох напрямки, од / год	Середня яскравість покриття кд / м ²	Середня горизонтальна освітленість покриття, лк
А	магістральні дороги	понад 3000	1,6	20
	магістральні вулиці загальноміського значення	понад 1000 до 2000	1,2	20
		від 500 до 1000	0,8	15
Б	магістральні вулиці районного значення	понад 2000	1,0	15
		понад 1000 до 3000	0,8	15
		від 500 до 1000	0,6	10
		менше 500	0,4	10
В	вулиці та дороги місцевого значення	500 і більше	0,4	6
		менше 500	0,3	4
		поодинокі автомобілі	0,2	4



Рисунок 2.1 – Консольний світильник з натрієвої лампою

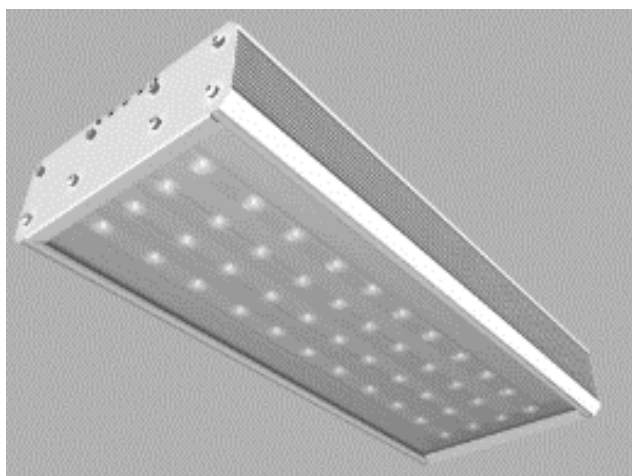


Рисунок 2.2 – Консольний світлодіодний світильник

Таблиця 2.3– Характеристики світильників

Параметри	Світильник з лампою ДНаТ 70	Focus 60
ресурс світильника	10000 * годин (\approx 2,3 року)	100000 * годин (\approx 22,9 року)
споживана потужність	70 Вт	57 Вт
напруга на лампі	220 В	176-264 В
світловий потік	5600лм	7250лм
світлова віддача	80 лм / Вт	127 лм / Вт

* При використанні 12 годин на добу.

Світлові віддача – важливий фактор при виборі світильників, що показує відношення випромінюваного світлового потоку до споживаної ним потужності та є показником ефективності й економічності джерел світла.

Незважаючи на те, що потужність світлодіодного світильника менше, світлові віддача його в півтора рази вище світильника з лампами ДНаТ, до того ж термін служби у Focus значно більше.

Крім цього, світлодіодні світильники мають додатковий ряд переваг перед іншими видами світильників. Вони не викликають стрибка напруги в момент їх включення (до відома: пікове навантаження при запуску газорозрядних ламп може призвести до виходу з ладу електромережі).

Вуличні LED світильники характеризуються крім довгого терміну служби ще й простотою в обслуговуванні. Вони не вимагають регулярної заміни ламп і не виходять з ладу: догляд полягає лише в регулярному очищенні прозорих елементів від пилу. Тому світлодіодний світильник Focus 60 є найкращим вибором для виконання зовнішнього освітлення котеджноселища [17, 18,21].

2.3 Розрахунок вуличного освітлення

Зовнішнє штучне освітлення містечка одночасно виконує естетичну, екологічну й економічну функції, тому що є одним із найважливіших елементів його благоустрою й архітектурно-художнього оформлення. Забезпечення світлового комфорту у вечірній і нічний час досягається за рахунок раціонально обраних кількісних й якісних характеристик штучного освітлення, що регламентуються нормами.

Освітлення житлових поселень передбачає як нормовану величину яскравість, або освітленість поверхонь дорожніх покриттів. Норми регламентують значення яскравості (освітленості) дорожніх покриттів залежно від інтенсивності руху транспорту, визначають припустимі величин нерівномірності розподілу яскравості по поверхні дорожнього покриття в поздовжньому й поперечному напрямках, а також припустиме значення характеристики сліпучої дії вуличних світильників.

Ці обмеження є граничними значеннями характеристик якості освітлення.

Оскільки зовнішнє освітлення міст є елементом середовища перебування городян, то воно може впливати на їхнє повсякденне життя. Залежно від характеристик освітлювальних установок останні мають позитивний і негативний вплив на якість життя городян і навколишнє середовище.

До негативного відносять так зване «світлове забруднення» міського середовища. «Світлове забруднення» — це ефект, що створюється освітлювальними установками, які крім освітлення зон, для яких вони призначені, додатково освітлюють інші, прилеглі зони. Наприклад, світильники зовнішнього освітлення або освітлювальні прилади спортивних споруд, площ, архітектурних об'єктів, освічують фасади прилеглих будинків і вікна житлових будинків, що порушує спокій мешканців.

Як було зазначено щодо аналізу вибору обладнання, вибираються світлодіодні світильники марки Focus 60Вт. Кількість світильників і розподіл їх по вулицях із загальним підрахунком потужності наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4– Розподіл світильників по вулицях

№	Найменування вулиць	Протяжність вулиці, м	Кількість світильників, шт.	Потужність світильника, кВт
1	Липнева	1010	26	0,06
2	Зоряна	970	25	0,06
3	Сонячна	1000	25	0,06
4	Прикордонна	950	24	0,06
Разом($P_{\text{св}\Sigma}$):		3930	100	60,0

Світлодіодні світильники монтуються спільно з підвіскою проводу СПП на залізобетонних стійках висотою 9,5 м (СВ-95) повітряної лінії 0,4 кВ. Монтаж СПП і світильників відбувається на висоті 8 метрів вище від землі, з таким розрахунком, що при перетині лінії дороги в найбільшому місці прогину відстань від СПП до полотна дороги була у відповідності з ПУЕ не менше 7м. Стійки встановлюються на відстані 40 метрів [16,20].

Для розрахунку освітлення всередині кожного котеджу можна дотримуватися методики розрахунку із застосуванням методу коефіцієнта використання світлового потоку. Застосування даного методу раціонально для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь.

Необхідний світловий потік кожного освітлювального приладу розраховується за такою формулою:

$$\Phi = \frac{EK_{зан} Sz}{N\eta} \quad (2.2)$$

де E – задана мінімальна освітленість;

$K_{зан}$ – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості;

S – освітлювана площа, м²;

N – число світильників;

η – коефіцієнт використання світлового потоку джерела світла в залежності від індексу приміщення, що визначається за виразом:

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

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – розрахункова висота, м, яка визначається за формулою:

$$h = H - h_p - h_c \quad (2.4)$$

де H – висота приміщення м;

h_p – висота розрахункової поверхні над підлогою м;

h_c – відстань від світильника до перекриття.

Число світильників в ряду визначається з виразу:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_{ном}}, \quad (2.5)$$

де $\Phi_{ном}$ – світловий потік ламп в кожному світильнику;

N – число світильників в ряду.

Освітлення приміщень виконується світлодіодними лампами фірми Люм'єрі EfLight, які мають вагомні переваги перед лампами розжарювання:

- великий термін служби;
- низьке енергоспоживання;
- заводська гарантія на світлодіодні лампи;
- стробоскопічний ефект усунемо завдяки розташованій в цоколі

апаратури, таким чином при пульсаціях напруги живлення світловий потік стабільний. При цьому відсутній ефект втоми очей при роботі за комп'ютером;

В зв'язку з тим, що ці лампи практично не нагріваються світлодіодні лампи можуть застосовуватися там, де є температурні обмеження. Управління освітленням здійснюється вимикачами та перемикачами, що встановлюються на стіні на висоті 0,8 м від підлоги [24].

Таким чином загальне навантаження:

$$P_{p\Sigma} = P_{p.cп} + P_{св\Sigma}.$$

$$P_{p\Sigma} = 1000 + 60 = 1060 \text{ кВт.}$$

РОЗДІЛ 3

ВИБІР ТРАНСФОРМАТОРІВ І ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ

3.1 Вибір потужності та кількості трансформаторів з урахуванням компенсації реактивної потужності

Для нормального функціонування системи електропостачання житлового масиву необхідно комплексно вибрати елементи мережі, а саме, трансформатори, струмопроводи, джерела реактивної потужності тощо, а також засоби компенсації для мереж напругою до 1000 В.

Вихідними даними є:

$$P_{p\Sigma} = 1060 \text{ кВт};$$

$$Q_{p\Sigma} = P_{p\Sigma} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 1060 \cdot 0,29 = 307,4 \text{ кВАр};$$

$$S_{p\Sigma} = 1104 \text{ кВА}.$$

З урахуванням категорії споживачів для забезпечення надійності живлення визначається число трансформаторів із виконанням наближеного розрахунку номінальної потужності трансформаторів, щообираються, (автотрансформаторів).

Для споживачів III категорії, якими є житлові будинки котеджного типу, зазвичай, вибирається одно-трансформаторна ПС, для якої номінальна потужність трансформатора наближено визначається з урахуванням перевантаження в нормальному режимі на 30% і допустимого перевантаження – на 15%, через нерівномірність річного графіка

навантаження.

Для головної живлячої підстанції селища обираємо трансформатор оливний герметичний типу ТМГ 1250 на напругу 35/6 кВ.

Трансформатори оливні герметичні типу ТМГ 1250 можуть бути встановлені як всередині приміщень, так і зовні.

На території селища приймаємо варіант установки трансформаторних пунктів з трансформаторами типу ТМГ потужністю 250 і 400 МВА.

Розглянемо три серії оливних трансформаторів з герметичним виконанням серій ТМГ11, ТМГ12, ТМГ33 [25,26].

Трансформатор серії ТМГ12 і ТМГ33 є останніми розробками, в яких рівень втрат холостого ходу і короткого замикання знижений, що дає значну економію в процесі експлуатації обладнання. До того ж, трансформатори цих серій мають менший рівень шуму. Порівняння характеристик ТМГ11, ТМГ12, ТМГ33 наведені в таблиці 3.1.

За наведеними характеристиками можна зробити висновок, що трансформатор ТМГ33 по втратах холостого ходу найбільш вигідний експлуатації на довгострокову перспективу.

Аналогічно для всіх енергозберігаючих трансформаторів ТМГ33 технічні характеристики значно кращі порівняно з попередніми серіями.

Усі ці трансформатори виробляються в Україні ПАТ "Укрелектроапарат" та ТОВ ЗАТмісто Запоріжжя.

Загальний вигляд трансформатора ТМГ33 показано на рис. 3.1.

Для трансформатора ТМГ33 потужністю 250 – 1250 кВА характерні найнижчий рівень втрат холостого ходу та короткого замикання серед трансформаторів подібного призначення, а також відсутність відмінностей за габаритами та масою від інших трансформаторів серії ТМГ. Останній показник виключає додаткові витрати на установку трансформатора.

Таблиця 3.1– Характеристики трансформатора ТМГ

№ з / П	Характеристики	ТМГ11-400 / 10- У1 (ХЛ1)	ТМГ12-400 / 10- У1 (ХЛ1)	ТМГ 33-400 / 10- У1 (ХЛ1)
1	потужність, кВА	400	400	400
2	втрати холостого ходу, кВт	0,83	0,61	0,56
3	втрати короткого замикання, кВт	5,6	4,6	4,5
4	рівень шуму, дБ	70	58	58



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд трансформатора ТМГ33

Причини зменшення втрат холостого ходу і короткого замикання в порівнянні з трансформаторами інших серій і виробників:

- виробництво зі спеціальних сортів високоякісних електротехнічних сталей, що мають найбільший опір вихровим струмам і знижені втрати на гістерезис;

- магнітопровід, що складається з пластин з косими стиками, без отворів, проводиться за спеціальною технологією Step-lap. Технологія Step-lap дозволяє покращити якість виготовлення та збірки магнітної системи. Силкові трансформатори, в яких була застосована шихтовка Step-Lap, по статистичним даним мають до 20% нижче втрати струму холостого ходу.

- для ізоляції пластини товщиною, що є не більшою за 0,3 мм лакуються;

- збірка магнітопроводу трансформатора здійснюється висококваліфікованими робітниками на новітньому обладнанні, й, як наслідок, відсутні можливі механічні пошкодження сталі, а отже, втрати мінімальні. Завдяки цьому трансформатори ТМГ33 – енергозберігаючі.

При несиметричних навантаженнях трансформатори такого типу досить надійні й, відповідно, більш рентабельні внаслідок економії через втрати електроенергії.

На території селища приймаємо варіант установки 4-х одно-трансформаторних ТП, що обумовлено великою площею об'єкта, що підлягає електропостачанню:

Два КТП із трансформаторами ТМГ250 кВА-6,3 / 0,4 кВ; два КТП із трансформаторами ТМГ 400 кВА-6,3 / 0,4 кВ.

Обґрунтуванням до вибору такої кількості трансформаторів є велика площа селища: 3500×1000м (3,5 км²). Була би нераціональною установка одного, або двох трансформаторів, тому що це могло призвести до зниження надійності електропостачання споживачів через відсутність можливості резервування з боку напруги 0,4 кВ. Також це призвело б до збільшення втрат в лініях.

Можливі два варіанти встановлення комплектних трансформаторних підстанцій (КТП): два КТП по 400 кВА і два КТП по 250 кВА (технічні характеристики представлені в таблиці 3.2); три КТП по 400 кВА – в таблиці 3.3.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики трансформаторів, що встановлюються на КТП

Тип	$S_{ном.Т},$ кВА	Каталожні данні					
		$U_{ном}$ обмоток, кВ		$u_{к},$ %	$\Delta P_{к},$ кВт	$\Delta P_{х},$ кВт	$I_{х},$ %
		ВН	НН				
ТМГ 400/6/0,4	400	6,3	0,4	4,5	4,6	0,61	1,1
ТМГ 250/6/0,4	250	6,3	0,4	4,25	2,96	0,42	0,35

Таблиця 3.3 – Характеристики трансформатора типа ТМГ 400 кВА

Тип	$S_{ном.Т},$ кВА	Каталожні данні					
		$U_{ном}$ обмоток, кВ		$u_{к},$ %	$\Delta P_{к},$ кВт	$\Delta P_{х},$ кВт	$I_{х},$ %
		ВН	НН				
ТМГ 400/6/0,4	400	6,3	0,4	4,5	4,6	0,61	1,1

При всій привабливості встановлення трьох підстанцій (менша загальна ціна трьох підстанцій), наявність чотирьох трансформаторів в першому випадку дозволяє збільшити надійність електропостачання селища, тому що стає можливим резервування трансформаторів по стороні 0,4 кВ. При меншій кількості трансформаторів це призвело б до збільшення втрат електроенергії в лініях. Тому вибираємо перший варіант: 2КТП з трансформаторами ТМГ×400кВА + 2КТП з трансформаторами ТМГ×250кВА.

Розглянемо варіант встановлення чотирьох підстанцій.

Розрахункове число трансформаторів:

$$N_T = \frac{P_{p\Sigma}}{K_3 \cdot \frac{(S_{H1} \cdot n_1 + S_{H2} \cdot n_2)}{n_1 + n_2}}; \quad (3.1)$$

$$N_T = \frac{1000}{0,85 \cdot \frac{(400 \cdot 2 + 250 \cdot 2)}{4}} = 3,62.$$

До встановлення обираємо число трансформаторів $N_T=4$.

Втрати у трансформаторах розраховуємо наступним чином:

$$\Delta P_T = N_{T1} \cdot (P_{xx1} + K_{K3}^2 \cdot P_{K31}) + N_{T2} \cdot (P_{xx2} + K_{K3}^2 \cdot P_{K32});$$

$$\Delta P_T = 2 \cdot (0,61 + 0,85^2 \cdot 4,6) + 2 \cdot (0,425 + 0,85^2 \cdot 3,25) = 13,413 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = N_{T1} \cdot (i_{01} + K_3^2 \cdot U_{K31}) \cdot \frac{S_{H1}}{100} + N_{T2} \cdot (i_{02} + K_3^2 \cdot U_{K32}) \cdot \frac{S_{H2}}{100}, \quad (3.2)$$

$$\Delta Q_T = 2 \cdot (1,1 + 0,85^2 \cdot 4,5) \cdot \frac{400}{100} + 2 \cdot (0,35 + 0,85^2 \cdot 4,5) \cdot \frac{250}{100} = 52,82 \text{ квар}.$$

Визначаємо розрахункове навантаження, враховуючи втрати в трансформаторах:

$$P_p = P_{p\Sigma} + P_T = 1060 + 13,41 = 1073,41 \text{ кВт}; \quad (3.3)$$

$$Q_p = Q_{p\Sigma} + Q_T = 307,4 + 52,82 = 360,22. \quad (3.4)$$

У відповідності до типового річного графіка електричних навантажень розраховуємо реактивну потужність у години мінімуму навантаження:

$$Q_{min} = 0,5 + Q_p = 180 \text{ кВАр} \text{— для побутового навантаження.}$$

Величина реактивної потужності, що не повинна бути скомпенсована та повинна передаватися із мережі високої напруги (6 кВ) в мережу низької напруги (до 1000 В):

$$Q_{ен} = Q_{e1} - (Q_p - Q_{p\Sigma}) = 231 \text{ кВАр.} \quad (3.5)$$

Величина реактивної потужності, яка може бути передана з мережі високої напруги (6 кВ) в мережу низької напруги (до 1000 В) без компенсації:

$$\begin{aligned} Q_T &= \sqrt{(N_T \cdot K_3 \cdot S_{HT})^2 - P_{p\Sigma}^2}; \\ Q_{T1} &= \sqrt{(N_{T1} \cdot K_3 \cdot S_{HT1})^2 - P_{p\Sigma1}^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,85 \cdot 400)^2 - 615^2} = \\ &= 290 \text{ кВАр}; \\ Q_{T2} &= \sqrt{(N_{T2} \cdot K_3 \cdot S_{HT2})^2 - P_{p\Sigma2}^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,85 \cdot 400)^2 - 385^2} = \\ &= 180 \text{ кВАр.} \end{aligned} \quad (3.6)$$

Визначимо потужність пристроїв компенсації реактивної потужності, які повинні бути встановлені на стороні ВН:

$$Q_{ку.н} = Q_{p\Sigma} - Q_T, \quad (3.7)$$

$$Q_{\text{КУ.Н1}} = Q_{\text{р}\Sigma} - Q_{\text{T1}} = 291,7 - 290 = 1,7 \text{кВАр},$$

$$Q_{\text{КУ.Н2}} = Q_{\text{р}\Sigma} - Q_{\text{T2}} = 291,7 - 180 = 111,7 \text{кВАр}.$$

Визначимо потужність пристроїв компенсації реактивної потужності, які повинні бути встановлені на стороні 6 кВ:

$$Q_{\text{КУ.В}} = Q_{\text{КУ.max}} - Q_{\text{КУ.Н}},$$

$$Q_{\text{КУ.В1}} = Q_{\text{КУ.max}} - Q_{\text{КУ.Н1}} = 95,21 - 1,7 = 93,5 \text{кВАр}, \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{КУ.В2}} = Q_{\text{КУ.max}} - Q_{\text{КУ.Н2}} = 95,21 - 111,7 = -16,5 \text{кВАр}.$$

Виходячи з умови $Q_{\text{КУ}} < 800 \text{кВАр}$, що величина отриманої потужності пристроїв компенсації реактивної на стороні 6 кВ виконується, то можна зробити висновок про недоцільність установки батарей конденсаторів на стороні 6 кВ.

3.2 Вибір типу КТП

Комплектні трансформаторні підстанції (КТП) – це трансформаторні підстанції, які майже повністю (до 95% заводської готовності) поставляються скомплектованими на місце їх встановлення та експлуатації.

КТП призначені для приймання електричної енергії трифазного змінного струму частотою 50 Гц напругою 6 або 10 кВ (значно рідше 20 або 35 кВ) і трансформації її до напруги 380/220 В та розподілу на цій напрузі по окремих лініях живлення між споживачами. Деякі КТП (прохідні) можуть виконувати й функцію транзиту електричної енергії високої напруги [9].

КТП класифікуються за такими ознаками:

- за місцем встановлення: внутрішнього та зовнішнього встановлення;

- за кількістю трансформаторів: одно- та дво-трансформаторні;
- за кількістю фаз мережі живлення: одно- та трифазні;
- за видом вводів: з кабельним, повітряним, повітряно-кабельним вводом;
- за конструктивним виконанням: шафові, стовпові, щоглові, кіоскові;
- за функцією виконання в схемі електропостачання: тупикового та прохідного типів.

За іншою класифікацією КТП можна поділити на:

- комплектні трансформаторні підстанції тупикового типу щоглові;
- комплектні трансформаторні підстанції тупикового типу з повітряним введенням;
- комплектні трансформаторні підстанції тупикового типу з кабельним вводом;
- комплектні трансформаторні підстанції для міських мереж;
- комплектні трансформаторні підстанції власних потреб;
- комплектні трансформаторні підстанції блочно-модульні;
- комплектні трансформаторні підстанції в бетонному корпусі;
- комплектні трансформаторні підстанції блокові;
- комплектні трансформаторні підстанції пересувні кар'єрні.

КТП використовуються в електропостачальних системах міських районів, але найбільшого поширення набули в сільській місцевості та котеджних селищах.

Промисловістю виготовляється велика кількість КТП для цих споживачів.

Для встановлення обираємо підстанції трансформаторні комплектні в бетонній оболонці БКТПБ - 100-1600 / 10 (6) / 0,4 (0,69) кВ виробництва Укрелком, м. Хмельницький[27]. Зовнішній вигляд показано на рис. 3.2.

Блокові комплектні трансформаторні підстанції в бетонній оболонці

(БКТПБ) призначені для прийому, перетворення і розподілу електричної енергії трифазного змінного струму частотою 50 Гц в мережах із ізолюваною нейтраллю на боці 6 (10) кВ і глухо заземленою нейтраллю на боці 0,4 кВ.

БКТПБ є комплексним рішенням для електропостачання житлово-комунальних, громадських та промислових об'єктів, а також котеджних селищ і промислової забудови. Широкі функціональні можливості побудови схем дозволяють застосовувати підстанції в різних варіантах розподільних мереж середньої напруги: петльових, неавтоматизованих і автоматизованих магістральних мережах в якості прохідних або тупикових підстанції, а також на основі БКТПБ можуть бути реалізовані швидко вироблювані розподільні пункти.



Рисунок 3.2 – Блокова комплектна трансформаторна підстанція в бетонній оболонці

Умови експлуатації:

- висота над рівнем моря до 1000 м;
- температура навколишнього повітря від -45° до $+45^{\circ}$ С;
- верхнє значення відносної вологості повітря – 100% при температурі повітря 25° С;
- навколишнє середовище вибухо- та пожежобезпечне, що не містить струмопровідного пилу, хімічно агресивне.

Технічні дані КТП наведені у табл. 3.4

БКТПБ розміщуються у бетонній оболонці та містять внутрішній коридор обслуговування, який дозволяє проводити регламентні роботи з обладнанням в будь-який час року.

Підстанції комплектуються як оливо-наповненими, так і сухими трансформаторами із діапазонами потужностей від 100 до 1600 кВА. Крім традиційних для такого типу підстанцій, кабельних вводів-виводів живильних та розподільних ліній ВН і НН, існує можливість реалізації повітряного вводу-виводу.

Відмінною особливістю БКТПБ є їх висока заводська готовність. Підстанції поставляються на місце установки із повністю змонтованими в межах модуля головними та допоміжними ланцюгами. Це дозволяє в значній мірі скоротити терміни й обсяг маніпуляцій, необхідних для введення підстанції в експлуатацію.

Замовнику на вибір надається широка гама колірних рішень і можливих варіантів обробки для забезпечення гнучкого архітектурного образу підстанції, а також пропонується широкий асортимент дахів і їх обробки.

Таблиця 3.4 Технічні дані КТП

Номінальна напруга, кВ на стороні ВН на стороні НН	10 (6) 0.4
Найбільша робоча напруга на стороні ВН, кВ	12 (7.2)
Номінальний струм збірних шин, А на стороні ВН на стороні НН	400, 630, 1000, 1250 1600, 6300
Номінальний струм головних ланцюгів, А на стороні ВН на стороні НН	630, 1000, 630, 2000.
Струм термічної стійкості (1с), кА на стороні ВН на стороні НН	16, 20 16, 20, 75
Струм електродинамічної стійкості, кА на стороні ВН на стороні НН	41, 51 35, 40, 200
Номінальна частота, Гц	50
Потужність силового трансформатора, кВА	100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1250, 1600
Кількість силових трансформаторів, шт.	1, 2 або більше
Ступінь захисту БКТПБ по ГОСТ 14254	IP 43
Кліматичне виконання і категорія розміщення по ГОСТ 15150	У1
Термін служби, років	40

Крім стандартних виконань БКТПБ існує можливість розробки індивідуальних проектів, що відрізняються від типових нетрадиційної електричною схемою та різноманітністю архітектурних рішень.

3.3 Розташування КТП 6 / 0,4 кВ

Розглядаючи найбільш підходяще місце для розміщення комплектної трансформаторної підстанції треба враховувати кілька моментів.

Зі збільшенням довжини лінії збільшуються втрати, через що доводиться збільшувати перетин силового кабелю, що веде до подорожчання лінії.

Так само важливо враховувати розташування КТП таким чином, щоб вони не заважали жителям селища або руху транспорту.

Розглянемо розташування КТП і довжину кабелів високої і низької сторони напруги.

Середня відстань від підстанції до однієї з передбачуваних КТП котеджного селища 8км. З боку ВЛ-6кВ при довжині лінії менше 11 кілометрів, ВЛ має невеликий рівень втрат відповідно до керівних документів із проектування повітряних ліній. У зв'язку з цим є можливість найбільш оптимально розташувати КТП з найменшою витратою кабелю та величини втрат по стороні низької напруги.

Є кілька варіантів розташування КТП. Один з таких варіантів припускає розташування на околицях, де КТП ніяким чином не завадять своєю присутністю або виглядом. Але в цьому випадку ми стикаємося з такого роду ситуацією, при якій у різних споживачів різні втрати в кабелі (в залежності від довжини кабелю втрати збільшуються прямо пропорційно як показано на рис. 2.1). Це може привести до переплати за електроенергію або

до заміни кабелю на кабель більшого перетину, що так само передбачає подорожчання прокладки лінії.

Другий варіант передбачає розміщення в центрі, на рівному віддаленні від споживачів, які перебувають на периферії цієї ділянки електропостачання. У цьому випадку збільшення втрат не відбувається. Таке розташування дозволяє зменшити й довжину ВЛ-6кВ, так як комплектні підстанції перебувають ближче та розміщені в місцях, де вони не заважають руху транспорту або людей. Таке розташування є найбільш оптимальним.

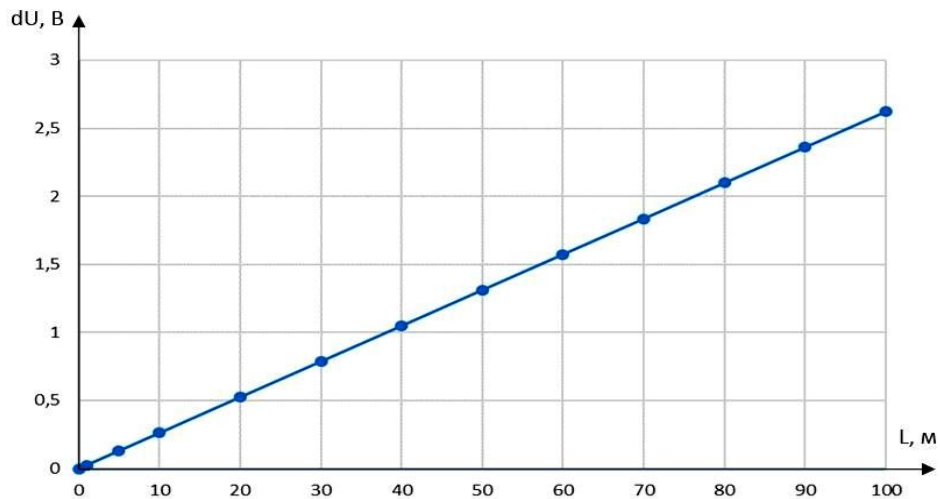


Рисунок 3.3 – Графік взаємозв'язку довжини кабелю та величини втрати напруги

РОЗДІЛ 4

ВИБІР ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ

4.1 Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунки струмів КЗ при проектуванні ПС потрібні для вибору електричних апаратів, струмоведучих частин, заземлюючих пристроїв, розрядників тощо[28]. Система представлена ПС 1250/35/6. Величина над перехідної ЕРС для системи $E''_{*б,с} = 1,0$, $S_б = 1000$ МВА.

Вихідні дані для розрахунків представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ

№	Найменування елемента	Потужність трансформатора, кВА	Протяжність ВЛ-6кВ, L, м	Протяжність ВЛ-0,4кВ, L, м
1	Система	1 250	–	40 м
2	КТП №1	400	7600	
3	КТП №2	400	7500	
4	КТП №3	250	8500	
5	КТП №4	250	8200	

Технічні параметри трансформаторів ТМГ-250, ТМГ-400 і ТМГ- 10000 представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні параметри трансформаторів ТМГ-250, ТМГ-400 і ТМГ-1250

Тип	$S_{ном.Т.},$ кВА	Каталожні данні					
		$U_{ном.обм},$ кВ		$u_k,$ %	$\Delta P_k,$ кВт	$\Delta P_x,$ кВт	$I_x, \%$
		ВН	НН				
ТМГ - 1250/35/6	1250	38,5	6,3	6,5	11,6	2	1,4
ТМГ - 400/6/0,4	400	6,3	0,4	4,5	4,6	0,61	1,1
ТМГ-250/6/0,4	250	6,3	0,4	4,5	3,25	0,42	0,35

Для розрахунку трифазного короткого замикання складемо дві схеми: розрахункову і заміщення, які наведені на рис 4,1.

Розрахунок опорів елементів схеми:

$$x_{*б,C} = \frac{U_{к.б1},\%}{100} \cdot \frac{S_{б}}{S_{номТ1}}, \text{ відн. од.}; \quad (4.1)$$

$$x_{*б,C} = \frac{6,5}{100} \cdot \frac{1000}{10} = 6,5.$$

Опір трансформатора ТМГ-400/6/0,4кВ:

$$x_{*б,T} = \frac{U_{к.б1},\%}{100} \cdot \frac{S_{б}}{S_{номТ}}, \text{ відн. од.}; \quad (4.2)$$

$$x_{*б,T1} = \frac{U_{к.б1},\%}{100} \cdot \frac{S_{б}}{S_{номТ1}} = \frac{4,5}{100} \cdot \frac{1000}{0,4} = 112,5.$$

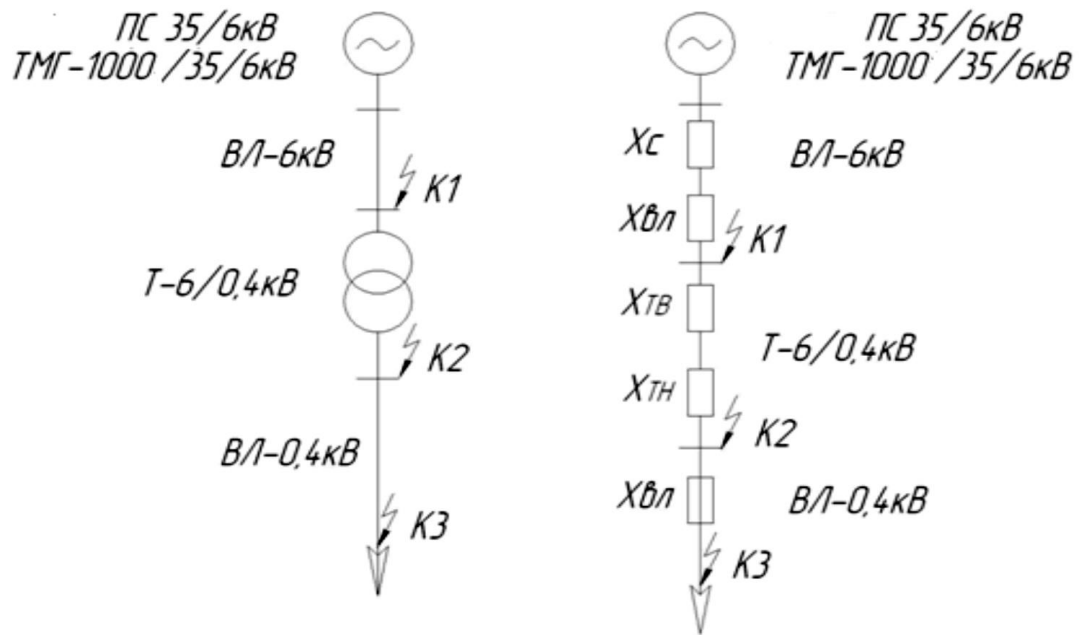


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б)

Опір трансформатора ТМГ-250/6/0,4кВ:

$$x_{*б,Т2} = \frac{U_{к.в2}, \%}{100} \cdot \frac{S_{б}}{S_{номТ2}} = \frac{4,5}{100} \cdot \frac{1000}{0,4} = 112,5.$$

Опір ВЛ1 – до КТПП№ 1 (ТМГ-400 кВ·А):

$$x_{*б,вл} = x_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_{б}}{U_{срh}^2}, \text{ відн. од.}; \quad (4.3)$$

$$x_{*б,вл1} = x_{уд} \cdot l_1 \cdot \frac{S_{б}}{U_{ср1}^2} = 0,4 \cdot 7,6 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 76,6.$$

Опір ВЛ2 – до КТП№ 1 (ТМГ-250 кВА):

$$x_{*б,вл2} = x_{уд} \cdot l_2 \cdot \frac{S_б}{U_{cp1}^2} = 0,4 \cdot 7,5 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 75,6.$$

Опір ВЛ3 – до КТП№ 3 (ТМГ-250 кВА):

$$x_{*б,вл3} = x_{уд} \cdot l_3 \cdot \frac{S_б}{U_{cp1}^2} = 0,4 \cdot 8,8 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 85,7.$$

Опір ВЛ4 – до КТП№ 4 (ТМГ-250 кВА):

$$x_{*б,вл4} = x_{уд} \cdot l_4 \cdot \frac{S_б}{U_{cp1}^2} = 0,4 \cdot 8,2 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 82,64.$$

Опір повітряної лінії 0,4 кВ:

$$x_{*б,вл0,4} = x_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_б}{U_{cp}^2} = 0,08 \cdot 0,04 \cdot \frac{1000}{0,4^2} = 20.$$

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання К1.

Визначимо значення результуючого опору до точки К1:

$$x_{*рез(б)1} = x_{*б,С} + x_{*б,вл1} = 6,5 + 76,6 = 83,1;$$

$$x_{*рез(б)2} = x_{*б,С} + x_{*б,вл2} = 6,5 + 75,6 = 82,1;$$

$$x_{*рез(б)3} = x_{*б,С} + x_{*б,вл3} = 6,5 + 85,7 = 92,2;$$

$$x_{*рез(б)4} = x_{*б,С} + x_{*б,вл4} = 6,5 + 82,64 = 89,14.$$

Величина базисного струму:

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_б}, \tag{4.4}$$

$$I_б = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 91,65 \text{ кА}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової СКЗ:

$$I_{n,o1}^3 = \frac{E''_{*б}}{x_{*рез(б)}} \cdot I_{б}, \quad (4.5)$$

$$I_{n,o1}^3 = \frac{E''_{*б}}{x_{*рез(б)1}} \cdot I_{б} = \frac{1}{83,1} \cdot 91,65 = 1,1 \text{ кА},$$

$$I_{n,o2}^3 = \frac{E''_{*б}}{x_{*рез(б)2}} \cdot I_{б} = \frac{1}{82,1} \cdot 91,65 = 1,12 \text{ кА},$$

$$I_{n,o3}^3 = \frac{E''_{*б}}{x_{*рез(б)3}} \cdot I_{б} = \frac{1}{92,2} \cdot 91,65 = 1 \text{ кА},$$

$$I_{n,o4}^3 = \frac{E''_{*б}}{x_{*рез(б)4}} \cdot I_{б} = \frac{1}{89,14} \cdot 91,65 = 1,03 \text{ кА}.$$

Ударний СКЗ:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o} \cdot k_{y\partial},$$

$$i_{y\partial 1} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o1} \cdot k_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 1,1 \cdot 1,9 = 2,9 \text{ кА}, \quad (4.6)$$

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o2} \cdot k_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 1,12 \cdot 1,9 = 3 \text{ кА},$$

$$i_{y\partial 3} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o3} \cdot k_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 1,9 = 2,69 \text{ кА},$$

$$i_{y\partial 4} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o4} \cdot k_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 1,03 \cdot 1,9 = 2,77 \text{ кА}.$$

де $k_{y\partial} = 1,9$ – значення ударного коефіцієнту.

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання в точці К2.
Визначимо значення результуючого опору до точки К2:

$$x_{*рез(б)1} = x_{*б,C} + x_{*б,е1} + x_{*б,Г1} = 6,5 + 76,6 + 112,5 = 195,6,$$

$$x_{*рез(\delta)2} = x_{*\delta,C} + x_{*\delta,в\tau 2} + x_{*\delta,T2} = 6,5 + 75,6 + 112,5 = 194,6,$$

$$x_{*рез(\delta)3} = x_{*\delta,C} + x_{*\delta,в\tau 3} + x_{*\delta,T3} = 6,5 + 85,7 + 112,5 = 204,7,$$

$$x_{*рез(\delta)4} = x_{*\delta,C} + x_{*\delta,в\tau 4} + x_{*\delta,T4} = 6,5 + 82,64 + 112,5 = 201,64.$$

Значення базисного струму:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1443,38 \text{ кА}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової струму:

$$I_{n.o1}^3 = \frac{E''_{*\delta}}{x_{*рез(\delta)1}} \cdot I_{\delta} = \frac{1}{195,6} \cdot 1443,38 = 7,38 \text{ кА},$$

$$I_{n.o2}^3 = \frac{E''_{*\delta}}{x_{*рез(\delta)2}} \cdot I_{\delta} = \frac{1}{194,6} \cdot 1443,38 = 7,4 \text{ кА},$$

$$I_{n.o3}^3 = \frac{E''_{*\delta}}{x_{*рез(\delta)3}} \cdot I_{\delta} = \frac{1}{204,7} \cdot 1443,38 = 7 \text{ кА},$$

$$I_{n.o4}^3 = \frac{E''_{*\delta}}{x_{*рез(\delta)4}} \cdot I_{\delta} = \frac{1}{201,64} \cdot 1443,38 = 7,16 \text{ кА}.$$

Ударний СКЗ:

$$i_{y\delta 1} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o1} \cdot k_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 7,38 \cdot 1,8 = 18,79 \text{ кА},$$

$$i_{y\delta 2} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o2} \cdot k_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 7,4 \cdot 1,8 = 18,84 \text{ кА},$$

$$i_{y\delta 3} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o3} \cdot k_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 7 \cdot 1,8 = 17,8 \text{ кА},$$

$$i_{y\delta 4} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o4} \cdot k_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 7,16 \cdot 1,8 = 18,23 \text{ кА},$$

де $k_{y0} = 1,8$ – значення ударного коефіцієнту.

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання у точці КЗ.

Визначимо значення результуючого опору у точці КЗ.

$$\begin{aligned}x_{*рез(\bar{\sigma})1} &= x_{*\bar{\sigma}.C} + x_{*\bar{\sigma}.вл1} + x_{*\bar{\sigma}.T1} + x_{*\bar{\sigma}.вл0.4(1)} = \\ &= 6,5 + 76,6 + 112,5 + 20 = 215,6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{*рез(\bar{\sigma})2} &= x_{*\bar{\sigma}.C} + x_{*\bar{\sigma}.вл12} + x_{*\bar{\sigma}.T2} + x_{*\bar{\sigma}.вл0.4(2)} \\ &= 6,5 + 75,6 + 112,5 + 20 = 214,6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{*рез(\bar{\sigma})3} &= x_{*\bar{\sigma}.C} + x_{*\bar{\sigma}.вл3} + x_{*\bar{\sigma}.T3} + x_{*\bar{\sigma}.вл0.4(3)} \\ &= 6,5 + 85,7 + 112,5 + 20 = 224,7\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{*рез(\bar{\sigma})4} &= x_{*\bar{\sigma}.C} + x_{*\bar{\sigma}.вл4} + x_{*\bar{\sigma}.T4} + x_{*\bar{\sigma}.вл0.4(4)} \\ &= 6,5 + 82,64 + 112,5 + 20 = 221,64\end{aligned}$$

Величина базисного струму:

$$I_{\bar{\sigma}} = \frac{S_{\bar{\sigma}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{\sigma}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1443,38 \text{ кА.}$$

Початкове діюче значення періодичної складової струму КЗ:

$$I_{n.o1}^3 = \frac{E''_{*\bar{\sigma}}}{x_{*рез(\bar{\sigma})1}} \cdot I_{\bar{\sigma}} = \frac{1}{215,6} \cdot 1443,38 = 6,7 \text{ кА}$$

$$I_{n.o2}^3 = \frac{E''_{*\bar{\sigma}}}{x_{*рез(\bar{\sigma})2}} \cdot I_{\bar{\sigma}} = \frac{1}{214,6} \cdot 1443,38 = 6,73 \text{ кА}$$

$$I_{n.o3}^3 = \frac{E''_{*\bar{\sigma}}}{x_{*рез(\bar{\sigma})3}} \cdot I_{\bar{\sigma}} = \frac{1}{224,7} \cdot 1443,38 = 6,43 \text{ кА}$$

$$I_{n.o4}^3 = \frac{E''_{*\bar{\sigma}}}{x_{*рез(\bar{\sigma})4}} \cdot I_{\bar{\sigma}} = \frac{1}{221,64} \cdot 1443,38 = 6,51 \text{ кА}$$

Ударний струм КЗ:

$$i_{y\partial 1} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o1} \cdot k_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 6,7 \cdot 1,8 = 17 \text{ кА},$$

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o2} \cdot k_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 6,73 \cdot 1,8 = 17,13 \text{ кА},$$

$$i_{y\partial 3} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o3} \cdot k_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 6,43 \cdot 1,8 = 16,4 \text{ кА},$$

$$i_{y\partial 4} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o4} \cdot k_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 6,51 \cdot 1,8 = 16,6 \text{ кА},$$

де $k_{y\partial} = 1,8$ – значення ударного коефіцієнту.

Початкове діюче значення періодичної складової струму КЗ:

Розрахунок максимального струму:

$$I_{\max} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (4.7)$$

$$I_{\max T1} = \frac{1,4 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 51,32,$$

$$I_{\max T2} = \frac{1,4 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 32 \text{ А},$$

$$I_{\max 2} = \frac{1,4 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 505,2 \text{ А}.$$

Розрахунок струму однофазного КЗ. Точка К1:

$$x_{*2\Sigma 1} = x_{*б,C} + x_{*б,вл1} = 83,1;$$

$$x_{*2\Sigma 2} = x_{*б,C} + x_{*б,вл2} = 82,1$$

$$x_{*2\Sigma 3} = x_{*б,C} + x_{*б,вл3} = 92,2$$

$$x_{*2\Sigma 4} = x_{*б,C} + x_{*б,вл4} = 89,14$$

$$x_{*0\Sigma 1} = x_{*б,C} + 3,5 \cdot x_{*б,вл1} = 6,5 + 3,5 \cdot 76,6 = 274,6$$

$$x_{*0\Sigma 2} = x_{*6,C} + 3,5 \cdot x_{*6,вЛ2} = 6,5 + 3,5 \cdot 75,6 = 271,1$$

$$x_{*0\Sigma 3} = x_{*6,C} + 3,5 \cdot x_{*6,вЛ3} = 6,5 + 3,5 \cdot 85,7 = 306,45$$

$$x_{*0\Sigma 4} = x_{*6,C} + 3,5 \cdot x_{*6,вЛ4} = 6,5 + 3,5 \cdot 82,64 = 295,74$$

$$I_{\kappa}^1 = m^n \frac{E_{*6}''}{x_{*\Sigma} + \Delta x^1}, \quad (4.8)$$

(4.9)

$$I_{n,o1}^1 = I_{\kappa 1}^1 \cdot I_{\sigma}^1.$$

$$I_{\kappa}^1 = m^n \frac{E_{*6}''}{x_{*\Sigma} + \Delta x^1} = 3 \cdot \frac{1}{83,1 + 274,6} = 0,0084,$$

$$I_{n,o1}^1 = I_{\kappa 1}^1 \cdot I_{\sigma}^1 = 0,0084 \cdot 91,65 = 0,77 \text{ кА},$$

$$I_{\kappa 2}^1 = m^n \frac{E_{*6}''}{x_{*\Sigma} + \Delta x^1} = 3 \cdot \frac{1}{82,1 + 271,1} = 0,0085,$$

$$I_{n,o2}^1 = I_{\kappa 2}^1 \cdot I_{\sigma}^1 = 0,0085 \cdot 91,65 = 0,78,$$

$$I_{\kappa 3}^1 = m^n \frac{E_{*6}''}{x_{*\Sigma 3} + \Delta x^3} = 3 \cdot \frac{1}{92,2 + 306,45} = 0,0075,$$

$$I_{n,o3}^1 = I_{\kappa 3}^1 \cdot I_{\sigma}^1 = 0,0075 \cdot 91,65 = 0,69,$$

$$I_{\kappa 0,4}^1 = m^n \frac{E_{*6}''}{x_{*\Sigma 3} + \Delta x^3} = 3 \cdot \frac{1}{89,14 + 295,74} = 0,0078,$$

$$I_{n,o4}^1 = I_{\kappa 4}^1 \cdot I_{\sigma}^1 = 0,0078 \cdot 91,65 = 0,72.$$

Данні розрахунків струмів короткого замикання зібрані до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Данні розрахунків струмів короткого замикання

Найменування	Точка КЗ	U_n , кВ	I_{max} , А	k_{y0}	$I^{(3)}_к$, кА	i_{y0} , кА
КТП №1- 400/6/0,4	К1	6	51,32	1,9	1,1	2,9
	К2	0,4	808,29	1,8	7,38	18,79
	К3	0,22	808,29	1,8	6,7	17
КТП №2- 400/6/0,4	К1	6	51,32	1,9	1,12	3
	К2	0,4	808,29	1,8	7,4	18,84
	К3	0,22	808,29	1,8	6,73	17,13
КТП №3- 250/6/0,4	К1	6	32	1,9	1	2,69
	К2	0,4	505,2	1,8	7	17,8
	К3	0,22	505,2	1,8	6,43	16,4
КТП №4- 250/6/0,4	К1	6	32	1,9	1,03	2,77
	К2	0,4	505,2	1,8	7,16	18,23
	К3	0,22	505,2	1,8	6,51	16,6

4.2 Обґрунтування вибору електрообладнання та провідників на високому боці трансформаторної підстанції

КТПБ - 100-1600 / 10 (6) / 0,4 має наступне обладнання:

вимикач навантаження ВНА-6/630зпЗУ2;

розрядники РВО-6 У1; запобіжники ПКТ 101-6-31,5-20У3;

трансформатори струму ТШП-0,66;

вимикачі автоматичні по стороні 0,4 кВ: HND1000H Hager-1000 А, HND630H Hager-630 А, ВА-47-100-63А; ВА-04-36-200А, ВА 04-36-80А; ВА

04-36-160А; ВА 47-29- 25А.

4.2.1. Вибір вимикачів навантаження КТП на стороні 6 кВ. Вибираємо вимикач ВНА 6 / 630зпЗУ2.

Вимикач навантаження автогазовий типу ВНА-10/630 із заземлюючими ножами та запобіжниками, призначений для включення й відключення під навантаженням ділянок ланцюгів трифазного струму напругою 6 (10) кВ, частотою 50 Гц, а також заземлення відключених ділянок за допомогою заземлюючих ножів.

Вимикач навантаження встановлюється в комплектних трансформаторних підстанціях (КТП), камерах обслуговування (КСО), комплектних розподільних пристроях (КРУ).

Вимикачі ВНА відносяться до комутаційних апаратів, забезпеченим автогазовим дугогасним пристроєм. Гасіння дуги здійснюється потоком газів, які виділяються зі стінок дугогасної камери при впливі на них дуги, яку він гасить.

Управління здійснюється окремим приводом, пов'язаним з вимикачем навантаження, що монтується на місці установки вимикача. Тип приводу: пружинний (ручний) або з електроприводом. По розташуванню приводу ВНА може бути з лівостороннім приводом (ВНА-Л) і з правостороннім приводом (ВНА-П).

Механічний ресурс до першого капітального ремонту не менше 2000 операцій. Міжремонтний ресурс 1000 циклів до першого середнього ремонту протягом терміну служби 4 роки. Термін служби вимикача навантаження – 25 років. Зовнішній вигляд вимикача показано на рис. 4.2, а технічні характеристики представлені в табл. 4.4.

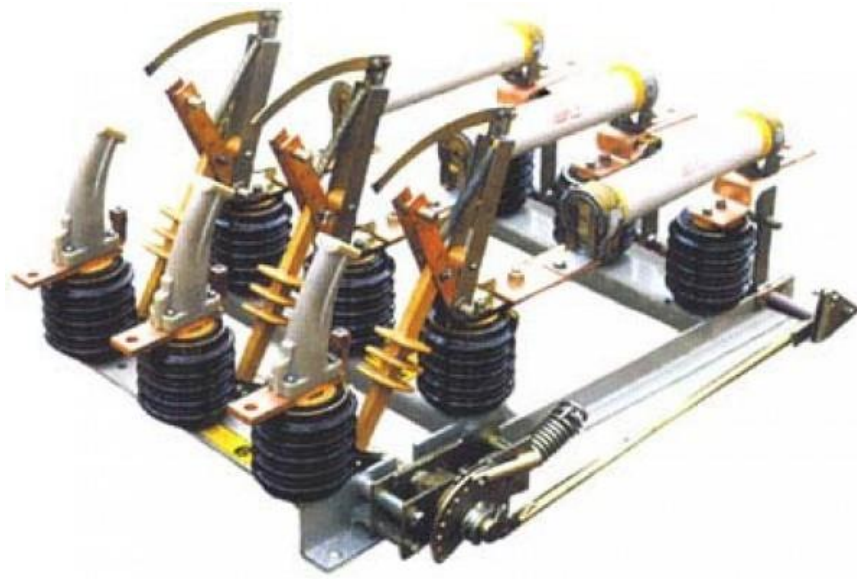


Рисунок 4.2 – ВимикачВНА

Вибір вимикачів виконують за наступними параметрами: за величиною номінальної напруги:

$$U_{\text{ном}} \leq U_{\text{сет.ном}} \quad (4.10)$$

$$U_{\text{ном}} = 6\text{кВ} \leq U_{\text{сет.ном}} = 6\text{кВ}$$

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики

Найменування параметру	Одиниця виміру	Значення
Номинальна напруга	кВ	10(6)
Номинальний струм	А	630
Номинальне початкове значення періодичної складової наскрізного струму короткого замикання	кА	20
Маса із заземлюючими ножами (із заземлюючими ножами та запобіжниками)	кг	52 (87)
Габаритні розміри (габаритні розміри із запобіжниками), довжина × ширина × висота	мм	613x740x480 (1112x740x480)
Термін служби до списання	років	25

за величиною номінального струму:

$$I_{\text{ном.дл}} \leq I_{\text{ном}}, \quad (4.11)$$

$$I_{\text{max}T1,2} = 1,4 \cdot \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 51,3 \text{ А},$$

$$I_{\text{max}T3,4} = 1,4 \cdot \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 32 \text{ А},$$

$$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}.$$

$$I_{\text{ном.дл}T1,2} = 51,3 \text{ А} \leq I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$$

$$I_{\text{ном.дл}T3,4} = 32 \text{ А} \leq I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$$

за спроможністю відключати:

1) на симетричний струм відключення:

$$I_{n,r} \leq I_{\text{отклном}},$$

$$I_{n,r2} = 1,12 \text{ кА} \leq I_{\text{отклном}} = 20 \text{ кА}$$

2) на відключення від аперіодичної складової СКЗ:

$$i_{a,\tau} \leq i_{a,\text{ном}} = (\sqrt{2} \cdot \beta_{\text{нор}} / 100) \cdot I_{\text{откл.ном}},$$

$$\tau = t_{\text{рз}} + t_{\text{ос}} = 0,025 + 0,05 = 0,075 \text{ с},$$

$$i_{a,\tau 2} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o} \cdot e^{-\tau / T_a} = \sqrt{2} \cdot 1,12 \cdot e^{0,075 / 0,1} = 2,83 \text{ кА};$$

3) за величиною повного СКЗ:

$$(\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + i_{a,\tau}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{\text{откл.ном}} \cdot (1 + \beta_{\text{ном}} / 100)$$

$$(\sqrt{2} \cdot 1,12 + 2,78) \leq \sqrt{2} \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$$

$$4,3 \text{ кА} \leq 39,6 \text{ кА}$$

4) за величиною граничного наскрізного СКЗ – перевірка на електродинамічну стійкість:

$$I_{n,o} \leq I_{\text{прс}},$$

$$I_{n,o} = 1,1 \text{ кА} \leq I_{\text{прс}} = 51 \text{ кА},$$

$$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{прс}},$$

$$i_{\text{уд}} = 3 \text{ кА} \leq i_{\text{прс}} = 51 \text{ кА}.$$

5) за тепловим імпульсом – на термічну стійкість:

$$B_{\kappa} = I_{n,o}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_a),$$

$$B_{\kappa} = 1,12^2 \cdot (0,05 + 0,1) = 0,188 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$B_{\kappa,\text{ном}} = 20^2 \cdot 0,05 = 20 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$B_{\kappa} = 0,188 \leq B_{\kappa,\text{ном}} = 20.$$

4.2.2. Вибираємо розрядник РВО-6 (10) У1. Розрядник РВО-6 (10) У1 призначений для захисту від атмосферних перенапруг ізоляції електрообладнання змінного струму частотою 50 і 60 Гц. Виготовляється для мереж з будь-якою системою заземлення нейтралі.

Розрядник РВО-6 (10) У1 складається з іскрових проміжків і нелінійних резисторів, укладених в герметично закриту фарфорову покришку, яка захищає внутрішні елементи розрядника від впливу зовнішнього середовища та забезпечує стабільність характеристик.

Зовнішній вигляд надано на рис. 4.3, а технічна характеристика наведена в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики розрядника РВО-6 і розрядника РВО-10

Найменування параметру	Тип розрядника	
	6	10
клас напруги мережі, кВ	6	10
номінальна напруга, кВ	7,5	12,7
пробивна напруга при частоті 50 Гц у сухому стані та під дощем, кВ, діюча		
- не менше	16	26
- не більше	19	30,5
імпульсна пробивна напруга при перед розрядному часі від 2 до 20 мкс, кВ		
- більше	32	48
остаточна напруга при хвилі імпульсного струму 8/20 мкс, кВ, не більше		
- з амплітудою струму 3000 А	25	43
- з амплітудою струму 5000 А	27	45
опір розрядника, Ом, не менше	750	1270



Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд розрядника РВО-6 (10) У1

4.2.3. Вибір запобіжників по стороні 6 кВ. Вибираємо запобіжник ПКТ-101-6 (10) -31,5-20 УЗ. Зовнішній вигляд та габаритні розміри показано на рис. 4.4.

Запобіжник ПКТ 111-6-5-20 У1/ УЗ призначений для захисту силових трансформаторів, повітряних і кабельних ліній номінальною напругою 6 кВ, номінальним струмом 5 А та з номінальним струмом відключення запобіжників – 20 кА.

Кліматичні виконання і категорія розміщення запобіжників У1, УЗ за ГОСТ 15150-69. Високовольтний запобіжник зовнішньої установки ПКТ-111-6-5-20 У1 категорії розміщення У1 відрізняється від запобіжників внутрішньої установки ПКТ 111-6-5-20 УЗ категорії розміщення УЗ типом опорних ізоляторів і наявністю в патроні додаткових деталей, які герметизують внутрішню порожнину патрона ПТ 111-6-5-20 У1.

Запобіжники повинні експлуатуватися в електроустановках за таких умов:

- робоча температура навколишнього повітря від -45 до $+40$ ° С;
- висота над рівнем моря – не більше 1000 м;
- робоче положення в просторі – вертикальне, допускається відхилення від вертикалі на 15 °;

- навколишнє середовище – не вибухонебезпечне, що не містить струмопровідного пилю, агресивних газів і пари в концентраціях, що руйнують метали й ізоляцію;

- запобіжники повинні бути захищені від різких поштовхів, ударів і вібрацій;

- якість електричної енергії, повинна відповідати вимогам ДСТУ EN 50160;

Запобіжник складається із замінного плавкого елемента (патрона) ПТ-111-6-5-20 У3 або У1, опорних ізоляторів і контактів. Плавкий елемент запобіжника ПКТ 111-6-5-20 У1 або У3 складається з одного патрона П (т) - 111-6-5-20 У1 або У3.

Патрон запобіжника оснащений пристроєм сигналізації, для спрацьовування має на одному торці втоплений підпружинений бойок (індикатор), закритий тонкою металевою мембраною. При спрацьовуванні бойок запобіжника пробиває мембрану патрона та висувається з патрона на висоту не менше за 8 мм.

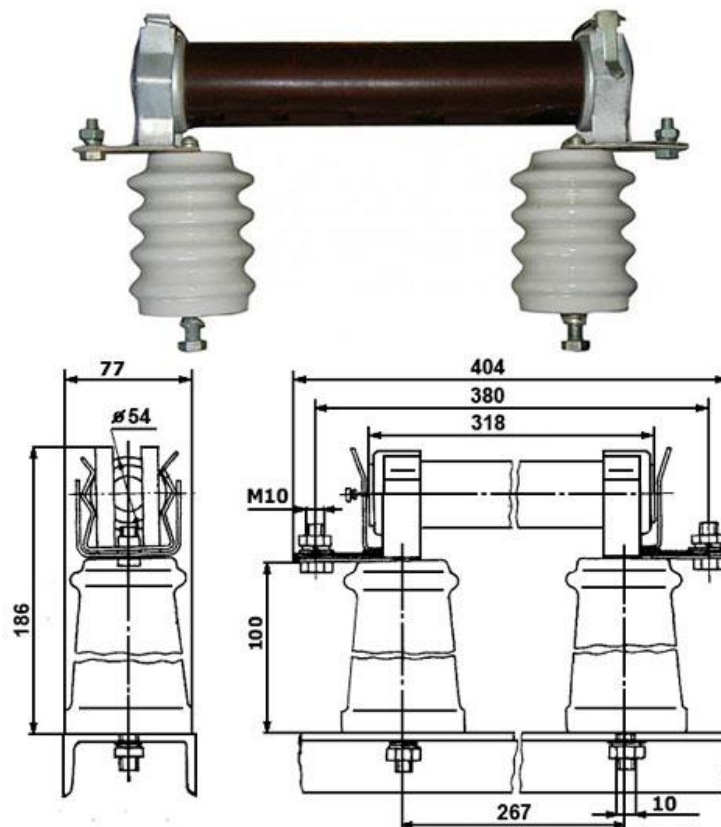


Рисунок 4.4 – Запобіжник ПКТ-101-6 (10) -31,5-20 УЗ – зовнішній
вигляд та конструкція

Запобіжники вибираються за такими параметрами:

1) за напругою установки $-U_{ном} \leq U_{мер.ном.}$;

6,3 кВ \leq 6,3 кВ

2) за струмом відключення $-I_{з.0} \leq I_{зап.від.ном.}$

$$I_{з, в Т1} = 1,1 \leq I_{зап. відкл. ном.} = 31,5;$$

$$I_{з, в Т2} = 1,12 \leq I_{зап. відкл. ном.} = 31,5;$$

$$I_{з, в Т3} = 1 \leq I_{зап. відкл. ном.} = 31,5;$$

$$I_{з, в Т4} = 1,03 \leq I_{зап. відкл. ном.} = 31,5;$$

4.2.4. Вибір гнучких шин і струмопроводів ВЛ-6 кВ і ПЛ-0,4 кВ.

Вибираємо струмопроводи ПЛ-6кВ марки СІП 2А.

Перетин гнучких шин (проводів) вибирається за такими параметрами:

1) Економічна щільності струму:

$$I_{расч} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 91,64 \text{ А} \quad (4.13)$$

$$S = \frac{I_{расч}}{j_{эк}} = \frac{91,64}{1} = 91,64 \text{ мм}^2,$$

де $j_{ек}$ – нормована щільність струму, А / мм².

Приймаємо провід СІП 2А: $S = 95 \text{ мм}^2$, $I_{доп} = 330 \text{ А}$.

2) Тривалий допустимий струм за умови нагріву: $I_{розр.} \leq I_{тр.доп.}$;

$91,64 \text{ А} \leq 330 \text{ А}$.

Провід проходить за тривалим допустимому струмові. Для ПЛ-0,4 кВ вибираємо самонесучий ізольований провід СІП 2А 3x95 + 1x95, що забезпечує високу надійність і безпеку мереж 0,4 кВ. Даний вид проводів набув широкого застосування у великих населених пунктах, тому що він

безпечний при зіткненні, має високу міцність і дозволяє знизити відсоток відключення вимикача за рахунок наявності ізоляційного зовнішнього шару.

4.3 Вибір обладнання на стороні 0,4 кВ

4.3.1. Вибір трансформаторів струму на стороні 0,4 кВ. Обираємо шинний трансформатор струму ТШП-0,66. Номінальна напруга до 0,66 кВ. Номінальний первинний струм 1000 А. Номінальний вторинний струм 5 А. Клас точності 0,5.

Трансформатор (ТТ) струму вибирається за такими умовами:

1) номінальною напругою $-U_{\text{ном}} \leq U_{\text{мер.ном.}}; 0,4 \text{ кВ} \leq 0,4 \text{ кВ};$

2) за номінальним тривалим (робочим) струмом $-I_{\text{ном.}} \leq I_{\text{Iном.}},$

$I_{\text{ном.Т1}} \leq I_{\text{ном.}}$;

$I_{\text{ном.Т1}} = 578 \text{ А} \leq I_{\text{ном.}} = 600 \text{ А};$

$I_{\text{ном.Т2}} = 361,3 \text{ А} \leq I_{\text{ном.}} = 600 \text{ А}.$

4.3.2. Вибір автоматичного вимикача (АВ) на стороні 0,4 кВ. Для КТП 400 вибираємо вимикач HND1000HNager-1000А, а для КТП 250 – HND630HNager-630 А [29].

Вимикачі призначені для захисту електричних ланцюгів змінного струму частотою 50 / 60 Гц напругою до 690В, споживачів електроенергії від струмів короткого замикання та перевантаження, для проведення струму в нормальному режимі, а також для нечастих оперативних включень і відключень (до 6 за годину) для зазначених ланцюгів. Зовнішній вигляд представлено на рис. 4.5.

Автоматичний вимикач вибираємо за номінальною напругою:

$U_{\text{ном}} \leq U_{\text{мер.ном.}}; U_{\text{ном.}} = 0,4 \text{ кВ} \leq U_{\text{мер.ном.}} = 0,4 \text{ кВ}$ і номінальним струмом: $I_{\text{ном.тр}} \leq I_{\text{ном.}}$

$$I_{\max T1,2} = 1,4 \cdot \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 808,29 A$$

$$I_{\max T3,4} = 1,4 \cdot \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 505,2 A$$

$$I_{\text{ном.дл}T1,2} = 808,29 A \leq I_{\text{ном}} = 1000 A$$

$$I_{\text{ном.дл}T3,4} = 505,2 A \leq I_{\text{ном}} = 630 A$$



Рисунок 4.5 – Автоматичний вимикач HND630H Hager-630A

Обираємо АВ за спроможністю відмикати на симетричний струм відключення:

$$I_{n,\tau} \leq I_{\text{откл.ном}}$$

$$I_{n,\tau 2} = 7,4 \text{кА} \leq I_{\text{откл.ном}} = 85 \text{кА}$$

За аперіодичною складовою струму КЗ:

$$i_{a,\tau} \leq i_{a,\text{ном}} = (\sqrt{2} \cdot \beta_{\text{нор}} / 100) \cdot I_{\text{откл.ном}}$$

$$\tau = t_{\text{рз}} + t_{\text{св}} = 0,025 + 0,05 = 0,075 \text{с}$$

$$i_{a,\text{ном}} = 19,5 \text{кА}$$

$$i_{a,\tau 2} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o} \cdot e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 7,4 \cdot e^{0,075/0,1} = 18,7 \text{кА}$$

За повним струмом КЗ:

$$(\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + i_{a,\tau}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{откл.ном} \cdot (1 + \beta_{ном} / 100)$$

$$(\sqrt{2} \cdot 7,4 + 18,66) \leq \sqrt{2} \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$$

$$29,09 \text{ кА} \leq 39,6 \text{ кА}$$

За граничним наскрізним струмом КЗ – на електродинамічну стійкість:

$$I_{n,o} \leq I_{прс}$$

$$I_{n,o} = 7,4 \text{ кА} \leq I_{прс} = 85 \text{ кА}$$

$$i_{y\delta} \leq i_{прс}$$

$$i_{y\delta} = 18,84 \text{ кА} \leq i_{прс} = 85 \text{ кА}$$

За тепловим імпульсом – на термічну стійкість:

$$B_k = I_{n,o}^2 \cdot (t_{откл} + T_a)$$

$$B_k = 7,4^2 \cdot (0,05 + 0,1) = 8,17 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$B_{k,ном} = 85^2 \cdot 0,05 = 361,25 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$B_k = 8,17 \leq B_{k,ном} = 361,25$$

Вимикач випускається з установленим на ньому незалежним розчеплювачем із регульованими уставками за струмом від 0,4 до 1,0 $I_{ном}$.

4.3.3. Вибір апаратів захисту в РП - 0,4 кВ КТП. Для захисту ліній 0,4 кВ обираємо автомати: ВА-04-36-200А; ВА 04-36-160А; ВА-04-36-80А; ВА-47-29-25А; ВА 47-100-63А.

Перевірка відбувається за:

- номінальною напругою: $U_{ном} \leq U_{мер.ном.}$;

$$U_{ном} = 0,4 \text{ кВ} \leq U_{мер.ном.} = 0,4 \text{ кВ.}$$

- номінальним струмом: $I_{ном.тр} \leq I_{ном.}$;

$$I_{\max 1} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{117}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 169 \text{ А}$$

$$I_{\max 2} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{86,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 110 \text{ А}$$

$$I_{\max 3} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{42}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 60 A$$

$$I_{\max 4} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 44 A$$

$$I_{\max 5} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{12,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 18 A$$

$$I_{\text{ном.тр1}} = 169 A \leq I_{\text{ном}} = 200 A$$

$$I_{\text{ном.тр2}} = 110 A \leq I_{\text{ном}} = 160 A$$

$$I_{\text{ном.тр3}} = 60 A \leq I_{\text{ном}} = 80 A$$

$$I_{\text{ном.тр4}} = 44 A \leq I_{\text{ном}} = 63 A$$

$$I_{\text{ном.тр5}} = 18 A \leq I_{\text{ном}} = 25 A$$

- здатність до відключення на симетричний струм відключення:

$$I_{n,\tau} \leq I_{\text{відк.ном.}}$$

$$I_{n,\tau} = 7,4 \text{ кА} \leq I_{\text{відк.ном.}} = 10 \text{ кА.}$$

- на відключення аперіодичною складовою струму КЗ:

$$i_{a,\tau} \leq i_{a,\text{ном}} = (\sqrt{2} \cdot \beta_{\text{ном}} / 100) \cdot I_{\text{откл.ном.}}$$

$$\tau = t_{\text{рз}} + t_{\text{св}} = 0,025 + 0,05 = 0,075 \text{ с}$$

$$i_{a,\text{ном}} = 19,5 \text{ кА}$$

$$i_{a,\tau 2} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o} \cdot e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 7,4 \cdot e^{0,075/0,1} = 18,7 \text{ кА};$$

- по повному струму КЗ:

$$(\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + i_{a,\tau}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{\text{откл.ном.}} \cdot (1 + \beta_{\text{ном}} / 100)$$

$$(\sqrt{2} \cdot 7,4 + 18,66) \leq \sqrt{2} \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$$

$$29,09 \text{ кА} \leq 39,6 \text{ кА}$$

- за граничним наскрізним струмом КЗ – на електродинамічну стійкість:

$$I_{n,o} \leq I_{nрс}$$

$$I_{n,o} = 7,4 \text{ кА} \leq I_{nрс} = 20 \text{ кА}$$

$$i_{y\partial} \leq i_{nрс}$$

$$i_{y\partial} = 18,84 \text{ кА} \leq i_{nрс} = 20 \text{ кА}$$

- за тепловим імпульсом – на термічну стійкість:

$$B_x = 8,17 \leq B_{x,ном} = 39,6$$

Результати вибору по КТП-250 кВА зведені в таблицю 4.6 і по КТП-400 кВА в таблицю 4.7.

Таблиця 4.6– Результати вибору по КТП-250 кВА

№	Група ЕП	Апарат захисту	Кількість	Розрахунковий струм, А
1	група споживачів 1	ВА 04-36-160А	1	110
2	група споживачів 2	ВА 04-36-160А	1	110
3	група споживачів 3	ВА 04-36-80А	1	60
4	освітлення вулиць селища	ВА 47-29-25А	1	18
5	резерв	ВА 47-100-63А	1	44

Таблиця 4.7– Результати вибору по КТП-400 кВА

№	Група ЕП	Апарат захисту	Кількість	Розрахунковий струм, А
1	група споживачів 1	ВА 04-36-200А	1	169
2	група споживачів 2	ВА 04-36-200А	1	169

3	група споживачів 3	ВА 04-36-200А	1	169
4	освітлення вулиць селища	ВА 47-29-25А	1	18
5	резерв	ВА 47-100-63А	1	44

4.4 Внутрішньо-будинкове обладнання

Під час проектування обладнання у середині будинку необхідно користуватися основною нормативною документацією [3,10,31].

4.4.1. Виконання, монтаж і заземлення електрообладнання. За останніми нормативними документами електролічильник повинен встановлюватися на вулиці в герметичному корпусі з прозорим віконцем. Це необхідно для простоти огляду показань, але, в той же час, із захистом від несанкціонованого доступу безпосередньо до лічильника.

Разом із лічильником всередину герметичного корпусу поміщаються комутаційні та захисні пристрої, призначені для підключення й первинного захисту електроживлення котеджу, таким чином виконуючи призначення ввідного пристрою (ВП). Сам ВП розташовується на залізобетонній опорі на висоті $h = 1,5$ м від землі.

Для захисту електричного обладнання та людей від різких перепадів напруги в електромережі, які можуть виникнути із різних причин: атмосферні явища (грозові розряди, кульова блискавка), сполучення низьковольтних ліній електропередач з високовольтними, перехідними процесами потужного реактивного навантаження, неправильна робота певного електрообладнання тощо, використовуються пристрої захисту від імпульсних перенапруг[30]. Такі захисні пристрої використовуються в житлових, комерційних та промислових будівлях, а також на виробництві. Основною вимогою для встановлення пристроїв захисту від перенапруг є наявність ефективної системи заземлення. Принципова схема ВП з пристроєм



Рисунок 4.7 – Загальний вигляд пристрою ПЗІП

Основна система живлення, а, отже, й заземлення, в приватному секторі України – схема TN-C.В системі живлення (заземлення) TN-C нульовий робочий провід і захисний провід об'єднані в один провідник PEN.

Усередині ввідного пристрою (ВП) на головній заземлювальній шині (ГЗШ) провідник PEN розділяється на нульовий робочий провідник (N) і захисний провідник (PE), при цьому вони ізольовані один від одного. У межах однієї ділянки поділ можна робити один раз. З'єднувати провідники PE і N є неприпустимим.

Отже, при трифазному живленні приватного будинку 380 В до ВП підходять 4 живильні дроти (L1, L2, L3, PEN), а від ВП до внутрішнього щита будинку відходять 5 провідників (L1, L2, L3, N, PE).

Якщо монтаж ввідного пристрою здійснюється на стовпі, то заземлення робиться від стовпа.

При використанні вступного розподільного пристрою в будинку або біля нього головна заземлювальна шина встановлюється у ВРП, біля будинку

робиться повторне заземлення [3,10,31].

Мансардний житловий будинок живиться по III категорії надійності електропостачання. Всередині будинку, в тамбурі, на стіні на висоті $h = 1,5$ м від підлоги встановлюється ввідний пристрій ЩКУ – квартирний щиток, обліково-груповий з вбудованим вузлом обліку –лічильником NIK2303 AP3T/1000/M1. За допомогою ЩКУ здійснюється розподіл електроенергії по дому.

Внутрішня електропроводка котеджу виконується по стінах III поверхів кабелем ВВГнг-LS в трубах із самозагасаючого ПВХ в шарі негорючої мінераловатної ізоляції «ISOVER» і гіпсокартону. Заводське кольорове маркування проводів і кабелів згідно з ПУЕ.

Розетки в кухні встановлюються на висоті $h = 0,95$, в санвузлі й для пральної машини – на висоті $h = 0,7$ м, в решті в на $h = 0,2$ м від підлоги зі ступенем захисту IP20.

Всі металеві корпуси електрообладнання, світильники заземлюються, використовуючи захисний провідник кабелю та знов спроектований контур заземлення будинку.

Контур заземлення будинку являє собою трикутник з розмірами $3 \times 3 \times 3$ метри, що складається з вертикального заземлювача – сталь кругла Ст3пс5 $\varnothing 18$ мм, $L = 5$ м в кількості 3шт.; і горизонтального заземлювача – сталь штабова Ст3пс5 довжиною 9 метрів і перетином 40×5 мм. Відстань між вертикальними заземлювачами – 3 метри, з'єднання з горизонтальними заземлювачами виконується зварюванням, глибина залягання – 0,7 метрів. З'єднання контуру заземлення будинку з головним заземлення корпусу ЩКУ так само виконується сталлю штабовою перетином 40×5 мм.

Контур заземлення ВП на опорі виконується за таким же принципом, що й біля будинку. Єдина відмінність – це з'єднання контуру заземлення з ВП, яке виконується у вигляді дроту, що опущений від герметичного корпусу, виконаний з гарячекатаної сталі $\varnothing 10$ мм. Опір заземлення ЩКУ та

ВУ відповідно до ПУЕ не повинен перевищувати 4 Ом з урахуванням опору природних заземлювачів.

4.4.2. Вибір апаратів, що встановлюються у внутрішньобудинкових розподільчих щитках. У якості ввідного пристрою приймаємо обліково-груповий квартирний щиток ЩКУ8-сч/5 1УХЛЗ, що встановлюється в стінну нішу вдома. У щитку приймемо до установки вступної автомат ВА 04 -36 - 80 А.

На кожену групу електроприймачів у щитку встановлюємо автомати захисту з пристроєм захисного відключення (УЗО)[32], представлені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8– Автомати захисту з пристроєм захисного відключення

№	Група ЕП	Апарат захисту	Кіл-ть
1	освітлення	АЕ-2043-6А	4
2	розеткова мережа 1	АЕ-2043-6А УЗО22-С10-2-010 (10А)	2 1
3	розеткова мережа 2	АЕ-2043-6А УЗО22-С10-2-010 (10А)	2 1
4	розеткова мережа 2	АЕ-2043-6А УЗО22-С10-2-010 (10А)	2 1
5	ванна кімната	АЕ-2043-6А УЗО22-С10-2-010 (10А)	1 1

Пристрій захисного відключення (ПЗВ) – комутаційний апарат або сукупність елементів. Під час експлуатації за певних умов ці елементи при досягненні або перевищенні диференційним струмом заданого значення мають спричинити розмикання контактів.

При виборі ПЗВ керуються наступною умовою: сумарна величина струму витоку мережі з урахуванням приєднаних стаціонарних і переносних електроприймачів у нормальному режимі роботи не повинна перевищувати $1/3$ номінального струму ПЗВ. При відсутності даних про струми витоку електроприймачів їх слід приймати з розрахунку $0,3 \text{ мА}$ на 1 А струму навантаження, а струм витоку мережі – з розрахунку 10 мкА на 1 метр довжини провідника.

Єдиним електро-захисним засобом, який забезпечує надійний захист людини від ураження електричним струмом, служить пристрій захисного відключення. При випадковому зіткненні людини з елементами електроустановки, які знаходяться під напругою, ПЗВ досить надійно та швидко забезпечує безпеку людини.

РОЗДІЛ 5

РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ

Системи електропостачання - це складний виробничий комплекс, усі елементи якого беруть участь у єдиному виробничому процесі, основними специфічними особливостями якого є швидкоплинність явищ і неминучість ушкоджень аварійного характеру.

При експлуатації електроустаткування ушкодження, що виникають внаслідок пробою ізоляції, обривів проводів, помилкових дій персоналу й інших причин, приводять до коротких замикань (КЗ), що супроводжується зниженням напруги й високотемпературною дугою. Черговий персонал не в змозі за необхідний малий час відзначити виникнення КЗ, виявити ушкоджений елемент і дати сигнал на відключення його вимикачів. У той час швидке відключення ушкодженого елемента дозволяє суттєво скоротити розміри ушкоджень, а іноді й запобігти їм. Надійне й економічне функціонування систем електропостачання можливо тільки при використанні автоматично діючих обладнань, що здійснюють керування, захист від ушкоджень і деяких ненормальних режимів роботи. Для цієї мети використовується комплекс автоматичних обладнань, серед яких першорядне значення мають обладнання релейного захисту й автоматики.

Збільшення споживання електроенергії й ускладнення схем електропостачання вимагають постійного вдосконалювання цих обладнань. Спостерігається тенденція створення автоматизованих систем керування на основі використання цифрових універсальних і спеціалізованих обчислювальних машин. Разом з тим широко застосовуються й найпростіші засоби захисту й автоматики: плавкі запобіжники, автоматичні вимикачі, магнітні пускачі, реле прямої дії, магнітні трансформатори струму,

обладнання змінного оперативного струму й ін. Найпоширеніші струмові захисти, прості обладнання автоматичного повторного включення (АПВ), автоматичного включення резерву (АВР) і автоматичного частотного розвантаження (АЧР), використовувані в установках з вимикачами обладнаними пружинними приводами.

На кожному елементі системи електропостачання звичайно встановлюють основний і резервний захисту. Основний захист призначений для дії при короткому замиканні в межах усього елемента, що захищається, із часом, меншим ніж у інших захистів, а резервний захист працює замість основного у випадку його відмови або усунення з роботи.

Таке резервування називається близьким. До резервного захисту звичайно пред'являються вимоги спрацювати й при ушкодженнях на суміжних елементах у випадку відмови їх власного захисту або вимикачів. При цьому резервний захист виконує далеке резервування. В умовах експлуатації через ряд причин захист може не спрацювати із заданими функціями: не спрацювати при ушкодженні в межах елемента, що захищається (відмова спрацювання); спрацювати при зовнішніх коротких замиканнях (зайве спрацювання) і при відсутності ушкоджень у системі електропостачання (неправильне спрацювання).

Таким чином, основним призначенням релейного захисту є виявлення місця виникнення КЗ і швидке відключення ушкодженої ділянки мережі.

Крім ушкоджень можливі такі порушення нормальних режимів роботи, як перевантаження, замикання на землю в мережах з незаземленої нейтралі й інші, які не представляють безпосередньої небезпеки для устаткування.

Другим призначенням релейного захисту є виявлення порушень нормальних режимів роботи устаткування й подача попереджувальних сигналів.

На підстанціях без обслуговуючого персоналу в таких режимах релейний захист робить відключення устаткування з витримкою часу, тому що порушення нормальних режимів роботи найчастіше бувають

короткочасними й можуть самоусуватися.

5.1 Види ушкоджень і ненормальних режимів роботи мереж

Ушкодження в електричній системі найчастіше виникають на лініях мереж. Ушкодження в обмотках електричних машин, і особливо таких апаратів, як трансформатори та автотрансформатори, бувають рідше, іноді мають специфічний характер, обумовлений їхнім виконанням (межвіткове КЗ) і можуть привести до важких наслідків.

При *багатофазних КЗ* в ушкоджених лініях протікають великі струми, які повинні відключатися релейним захистом.

Однофазні КЗ представляють для системи в цілому також важкий вид ушкодження, хоча й не такий небезпечний з погляду стійкості й збереження навантаження, ніж багатофазні КЗ. Тому уставка досить швидкодіючого захисту від цього виду ушкодження є також необхідною. Захист може діяти на відключення трьох фаз або тільки однієї ушкодженої з наступним її автоматичним повторним включенням.

Однофазні КЗ характеризуються появою симетричних складових усіх послідовностей. Особливо ефективним виявляється використання для захисту від коротких замикань на землю, що складають нульову послідовність (незалежність від робочих струмів, напруг тощо)

При *однофазному замиканні на землю* в мережах з малим струмом замикання на землю спотворюються тільки фазні напруги. Трикутник міжфазних напруг залишається незмінним. Тому до фаз навантаження продовжують підводити нормальні напруги й безперебійна робота споживачів не порушується. Струми в місці пробою мають невеликі значення й швидко зробити більші порушення не можуть.

Таким чином, однофазні замикання при правильно підтримуваному режимі заземлення нейтралі безпосередньої небезпеки для споживачів і

мережі в цілому не представляють. Тому захист від замикання на землю в розглянутих мережах виконують звичайно діючої тільки на сигнал. У найбільш простому виді – це обладнання контролю ізоляції, встановлені на шинах живильних установок (наприклад, на шинах нижчої напруги 6-10 кВ знижувальних підстанцій).

Режим не є небезпечним видом ушкодження, тому допускається робота на протязі двох годин.

У мережах з ізольованою нейтраллю небезпечним видом ушкодження є *подвійне замикання на землю*. Вимагає негайного відключення. Доцільно автоматично відключати тільки одне місце пробією. При цьому передбачається, що пробій у другому місці може самоліквідуватися або буде усунутий обслуговуючим персоналом.

Відключення одного місця ушкодження підвищує надійність електропостачання споживачів. Забезпечення відключення по можливості одного місця ушкодження (приблизно в 2/3 випадків) здійснюється за допомогою двофазного (а не трифазного) виконання захистів.

Подвійні замикання на землю виникають звичайно в місцях з ослабленою ізоляцією, в основному внаслідок перенапруг, що з'являються в системі при однофазних замиканнях на землю.

При відмові в роботі частини фаз автоматичних вимикачів (характерно для повітряних вимикачів з пофазним приводом) може виникнути *розрив фази*.

Розрив фази лінії на відміну від КЗ безпосередньої небезпеки для системи може не представляти й не вимагати негайної ліквідації, однак, що з'являються при цьому складові струмів і напруг зворотної й нульової послідовності можуть обумовити ряд небажаних наслідків. Тому розрив фази в ряді випадків було б бажане автоматично селективно ліквідувати (так часто й вдається робити, якщо розрив сполучається із КЗ на тій ж ділянці).

Деякі типи захистів зворотної й нульової послідовності сприймають появу несиметрії від розриву подібно КЗ на тій ж ділянці й поза нею. Якщо їх

спрацьовування неприпустиме, повинні ухвалюватися відповідні заходи.

Ненормальні режими

1) Перевантаження або КЗ, що виникають де-небудь на інших елементах системи надструми, що обумовлюють (тобто струми перевищуючі номінальні для даної лінії).

Приводять до нагрівання машин і апаратів, виявляють термічний вплив і прискорене зношування проводів. Від надструмів, викликаних зовнішніми КЗ, звичайно використовується захист, що діє як резервний у випадках відмови захистів або вимикачів ушкодженого елемента. При надструмах перевантаження негайного відключення не потрібно. Необхідна сигналізація.

2) Коливання напруги й струмів при хитаннях і порушеннях синхронізму. Підвищення або зниження напруги.

Найбільше часто інтенсивні хитання виникають внаслідок недостатньо швидкого відключення КЗ у системі. У найбільш важких випадках можливе виникнення короткочасного або затяжного порушення синхронізму.

Небезпечний режим, контролюються обладнанням автоматики.

3) Зниження частоти.

Небезпечний режим, контролюється обладнанням автоматики – автоматичним частотним розвантаженням.

5.2. Основні вимоги до релейного захисту

Основними вимогами до релейного захисту є:

1) Швидкодія.

Швидке відключення релейного захисту зменшує розміри ушкоджень, зберігає нормальну роботу споживачів неушкодженої частини установки, запобігає порушенню паралельної роботи генераторів. Сучасні обладнання релейного захисту мають час дії 0,02-0,1 с.

2) Селективність.

Селективністю називають здатність релейного захисту відключати

тільки ушкоджені елементи.

Вимога селективності не повинне виключати можливість дії інших захистів, як резервних, у випадку відмови захистів або вимикачів суміжних елементів.

Захисти, що можуть за принципом дії працювати в якості резервних при КЗ на суміжних ділянках називають захистами з абсолютної селективністю.

Захисту з абсолютної селективністю працюють тільки при КЗ на елементі, що захищається.

3) Чутливість.

Захист повинен мати чутливість до тих видів ушкоджень і порушень нормального режиму, на які він розраховано, щоб була забезпечена його дія на початку виникнення ушкодження.

Чутливість захисту повинна так само, як правило, забезпечувати його дію на суміжних ділянках. Така дія захисту називається далеким резервуванням суміжної або наступної ділянки.

Чутливість захистів у більшості випадків оцінюється коефіцієнтом чутливості. Це відношення мінімального значення струму при металевому КЗ у зоні, що захищається, до встановленого на захисті параметра спрацьовування.

4) Надійність.

Захист повинен безвідмовно діяти лише в режимах, для яких він призначений (надійність спрацьовування) і не діяти в тих випадках, коли повинен спрацювати інший захист (надійність неспрацьовування).

5.3 Захист лінії електропередач 6 кВ

Струмовий захист з відносною селективністю завдяки своїй простоті знайшов поширення в мережах з одностороннім живленням. Цей захист у поєднанні з АВР та АПВ забезпечує високий рівень надійності

електропостачання. Розрізняють два види захистів з відносною селективністю Максимальний струмовий захист (МСЗ) та Струмову відсічку (СВ).

Селективність дії МСЗ досягається ступінчатим вибором часу спрацювання, а для СВ селективність досягається вибором струму спрацювання.

МСЗ – основний захист від багатофазних КЗ в лініях мережі. При недостатній чутливості $K_{\text{ч}} \leq 1.5$ МСЗ виконується разом з СВ, а інколи може бути створений багатоступеневий захист

I ступінь – СВ без витримки часу:

II ступінь – СВ з невеликою витримкою часу:

III ступінь – МСЗ з витримкою часу.

Основні органи та принцип дії МСЗ

Пристрої МСЗ встановлюють в комірках КРП. Для цього комірки обладнані вимикачем з електромагнітним приводом і трансформатором струму. Основними органами МСЗ є вимикач, вимірювальні трансформатор струму ТА і електричне реле часу КТ.

Вимірювальний орган складається з вимірювального трансформатора ТА і реле струму КА. Трансформатор струму ТА забезпечує захист вторинних кіл від високої напруги та узгодження параметрів реле струму з силовими засобами об'єкту захисту (ОЗ). Незалежно від номінальних струмів первинної обмотки трансформатора струму *струм вторинної обмотки - 5А*. Вимірювальне реле струму КА живиться від вторинних обмоток ТА. Реле безпосередньо здійснює вимірювання струму і порівняння його з струмом уставки спрацювання реле. Високовольтний вимикач слугує виконавчим органом МСЗ (рисунок 5.1).

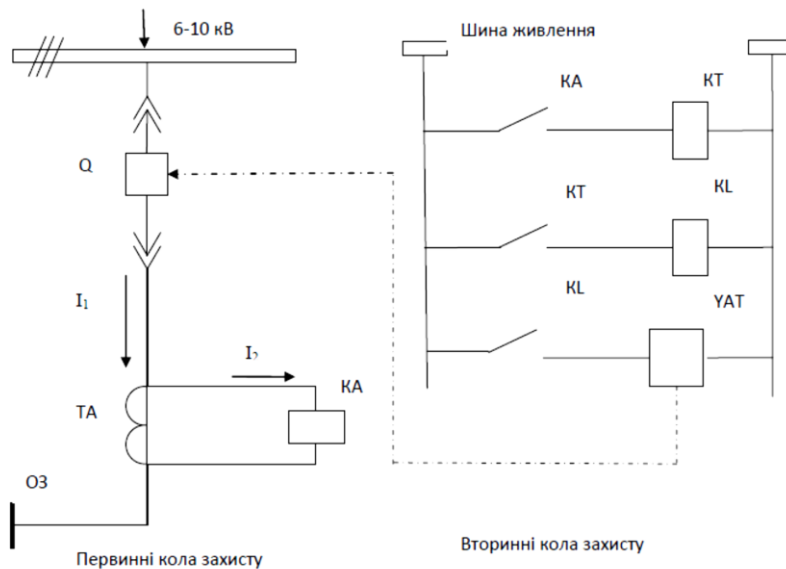


Рисунок 5.1 – Однолінійна схема захисту та схема вторинних кіл МСЗ.

Для МСЗ лінії обираємо реле струму типу ТОЛУ -10 150\5.

Визначимо первинний струм спрацьовування захисту:

$$I_{CЗ} = \frac{K_{отс} \cdot K_3}{K_B} \cdot I_{max.роб} = \frac{1,2 \cdot 2,0}{0,9} \cdot 51,32 = 136,85 \text{ A.} \quad (5.1)$$

де: $K_{отс} = 1,2$ – коефіцієнт відбудування;

$K_B = 0,9$ – коефіцієнт повернення по типу реле;

$K_3 = 2-3$ для КЛ-6кВ із руховим навантаженням 0,4 кВ.

Визначимо розрахунковий вторинний струм спрацьовування захисту – струм спрацьовування реле:

$$I_{ср} = \frac{K_{сх}}{n_T} \cdot I_{CЗ} = \frac{1}{30} \cdot 136,85 = 4,57 \text{ A.} \quad (5.2)$$

Час спрацьовування МТЗ вибирається з умов селективності захисту й термічної стійкості елемента, що захищається. Час спрацьовування наступного захисту (розташованого ближче до джерела живлення):

$$t_{сз.носл.} = t_{сз.перед.} + \Delta t = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ с,}$$

де $t_{\text{сперед.}} = 0\text{с}$ - час спрацьовування попереднього захисту (запобіжники ПКІ-10);

Δt - ступень селективності ухвалюється рівної (0,4-0,6)с для захистів з незалежною характеристикою витримки часу й (0,6-0,7)с для захистів з обмежено залежною характеристикою, ухвалюємо $\Delta t = 0,5\text{с}$.

Коефіцієнт чутливості в основній зоні перевіряємо по струму двох фазного КЗ наприкінці кабельної лінії

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗМІН}}^{(2)}}{I_{\text{сз}}} = \frac{\sqrt{3}/2 \cdot 1100}{136,85} = 16,4 \geq 1,5 \quad (5.3)$$

де $I_{\text{к.мін}}^{(2)}$ - струм двофазного КЗ наприкінці ділянки мережі, що захищається, в мінімальному режимі;

$K_{\text{ч}}$ повинен бути не менш 1,5. Захист задовольняє вимогам чутливості.

Спрощена схема МСЗ ЛЕП 6 кВ представлена на рисунку 5.2.

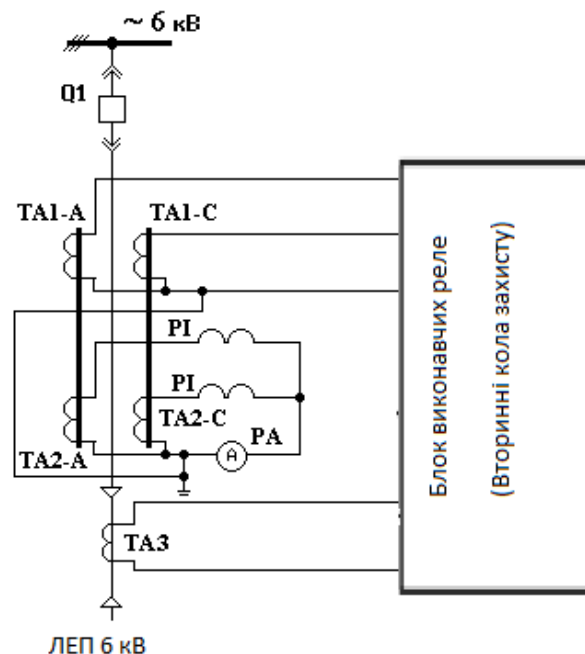


Рисунок 5.2 – Спрощена схема МСЗ ЛЕП 6 кВ

5.4 Захист трансформатора 10/0,4 кВ зі сторони 10 кВ

На закритих трансформаторних підстанціях на стороні високої напруги, разом зі запобіжниками, встановлюють вимикачі навантаження – роз'єднувачі з примітивними дугогасними пристроями та автоматичним приводом, що вимикає три фази після згоряння запобіжника хоча б в одній з фаз. Це запобігає недопустимому режиму роботи мережі 0,4 кВ – за втрати трансформатором фази живлення високої напруги. Для захисту трансформатора 10/0,4 кВ зі сторони 10 кВ використовуємо запобіжники типу ПК 10 разом з вимикачем навантаження типу ВНА-6/630зпЗУ2 (пункт 4.2 цієї роботи).

$$I_{п.в.} = k_n \cdot I_p, A, \quad (5.4)$$

де k_n – коефіцієнт надійності ≥ 2 , приймаємо 2,4[3];

I_p – максимальний робочий струм високої сторони трансформатора 10/0,4 кВ, А .

$$I_{пв} = k_n \cdot I_p = 51,3 \cdot 2,4 = 123 A.$$

За розрахованим за формулою (2.2) струмом плавкої вставки приймають плавку вставку зі стандартним номінальним струмом, найближчим до розрахункового значення в більшу або меншу сторону з урахуванням похибки спрацьовування запобіжника $\pm 20\%$. Обираємо плавкий запобіжник ПКТ-103 , 6,3 кВ, 160 А. Приклад монтажу запобіжників з боку високої напруги показано на рисунку 5.3.



Рисунок 5.3 – Приклад монтажу запобіжників з боку високої напруги

ВИСНОВКИ

У виконаній магістерській роботі було вирішено задачі, що були поставлені, та досягнуті наступні результати:

1. Розглянуто систему електропостачання котеджного селища, що включає обладнання на напругу 6кВ і 0,4 кВ: два КТП із трансформаторами ТМГ 250 кВА-6,3 / 0,4 кВ; два КТП із трансформаторами ТМГ 400 кВА-6,3 / 0,4 кВ; низьковольтне обладнання внутрішньо-будинкового освітлення та розеточної мережі.

2. Для вибору обладнання й автоматів, що встановлюються в КТП і силових щитках будинків, було проведено розрахунок навантажень по житловому поселенню. На підставі отриманих результатів був зроблений вибір типу, числа та потужності силових трансформаторів і за техніко-економічними показниками обрано трансформаторна підстанція БКТПБ - 100-1600/10(6)/0,4(0,69) кВ. Схема підстанції – одно-трансформаторна кінцева, в зв'язку з тим, що споживачі є споживачами III категорії електропостачання, та резервного живлення не потребують.

3. Було виконано розрахунок струмів короткого замикання, за результатами якого обрано апарати захисту, що встановлюються в КТП.

Було обрано груповий квартирний щиток ЩКУ8-сч/5 1УХЛЗ, що встановлюється в стінну нішу вдома. У щитку приймемо до установки вступний автоматичний вимикач ВА 04 -36 -80 А з вбудованими автоматами і пристроями захисного відключення.

4. Розглянуто систему теплогазопостачання двоповерхового котеджу загальною площею 270 м², зроблений розрахунок опалювальних приладів, обрано двоконтурний газовий котел тепловою потужністю 30 кВт фірми Viessmann Vitopend 100W, опалювальні прилади – радіатор алюмінієвий секційний Mirado.

5. Наведено особливості монтажу і введення в експлуатацію блокових комплектних трансформаторних підстанцій, опис організаційних і технічних заходів щодо створення безпечних умов праці.

6. Обрано та розраховано релейний захист ЛЕП 6 кВ та трансформатора з боку високої напруги.

Зроблено розрахунок заземлення КТП.

Отримана в результаті система електропостачання та вибору обладнання задовольняють вимогам по надійності й якості електроенергії, що підводиться до об'єкта комунально-побутового призначення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Якубовський В. Б., Павлівський Я. А. Тенденції розвитку сучасного садибного житла в Україні: Національний університет «Львівська політехніка» [електронний ресурс] – Режим доступу до журн.: <http://ena.lp.edu.ua>
2. Крумеліс Ю. В., Мітягін А. О. Деякі аспекти котеджного будівництва. Київський національний університет будівництва і архітектури: [електронний ресурс] – Режим доступу до журн.: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=
3. Правила улаштування електроустановок. – 5-те вид., переробл. й доповн. – Х.: Вид-во «Форт», 2014. – 736с.
4. Каталог «Радіатори Mirado» [електронний ресурс] /– Режим доступу: <https://ktk.kiev.ua/mirado/>
5. Харченко В.Ф. Електропостачання міст і промислових підприємств: [Конспект лекцій для студентів напряму підготовки «Електротехніка та електротехнології»] – Харків: Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 168с.
6. Мілих В. І., Павленко Т. П. Електропостачання промислових підприємств : [підручн.] – Харків : ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с.
7. Шкрабець Ф. П. Електропостачання : [навч. посібник] Держ. вищий навч. закл. "Нац. гірничий ун-т". Ін-т електроенергетики. – Дніпропетровськ : НГУ, 2015. – 539 с.
8. Бурбело М. Й., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : [навчальний посібник] – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.
9. Василега П.О. Електропостачання: [навч. посібник]– Суми: ВТД

«Університетська книга», 2008. – 415 с.

10. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення: ДБН В.2.5-23:2010. – Офіц. вид. – К.: Мінбуд України Київ, 2010.[електронний ресурс] / Режим доступу:<https://www.google.com/search?q=%D0%94%D0%91%D0%9D+%D0%92.2.5-23%3A2010&oq=%D0%94%D0%91%D0%9D+%D0%92.2.5-23%3A2010&aqs=chrome..69i57.1576j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

11. Силові кабелі. Збірник нормативних документів і методичні вказівки до їх використання при самостійному вивченні курсу «Кабельні та повітряні лінії електропередачі» (для студентів напряму «Електротехніка та електротехнології») зі спеціальності «Електротехнічні системи електроспоживання») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Є. Д. Дьяков. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 55 с.

12. Технический справочник: кабели, провода и материалы для кабельной индустрии, 3 изд. – НПП НКР Элипс, 2006. –360 с.

13. Каталог кабельной продукции[електронний ресурс] /Режим доступу: https://www.sferaline.ua/upload/iblock/65a/interkabel_katalog_sferaline.ua.pdf

14. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. Офіц. вид. – Київ: Мінбуд України, 2006. –96с.

15. Вернигора В. Д. Методичні вказівки до практичного заняття «Розрахунок штучного освітлення робочих місць» з дисципліни "Охорона праці в галузі та цивільний захист для здобувачів вищої освіти магістерського рівня / В. Д.Вернигора. – Кам'янське: ДДТУ, 2017. – 16 с.

16. Гоман В. В., Тарасов Ф. Е. Проектирование и расчет систем искусственного освещения [Учебн. пособ.] – М.: УрФУ, 2013. – 76 с.

17. Методи розрахунку освітлення [електронний ресурс] / Режим доступу: <http://malahit-irk.ru/index.php/2011-01-13-09-04-43/122-2011-05>

18. Вуличні LED світильники. Каталог. [електронний ресурс] / Режим доступу: <https://prom.ua/ua/Vulichn-led-svtilniki.html>

19. Швець С. В., Рум'янцев Д. В. Електричні апарати: [навч.

посібн.]:[електронний ресурс] / Режим доступу:
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKewjW8IrnSbXmAhWSqIsKHawiAS4QFjABegQIBRAC&url=http%3A%2F-2002>

20. Інструкція з проектування електромереж 110–0,38 кВ: [електронний ресурс] /Київ: Міненерго 2002. – 44 с. / Режим доступу:
http://bib.convdocs.org/v22626/%D0%B3%D0%BD%D0%B4_341.004.003.001-2002_%D1%96%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%B7_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%

21. Анчарова Т. В., Рашевская М. Аю Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений : [учеб. для студентов вузов] / – М. : Форум : ИНФРА-М, 2016. – 414с.

22. Укрелектроапарат продукція:[електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.uea.com.ua/categories/transformators>

23. Підстанції Укрелком, м. Хмельницький [електронний ресурс] / Режим доступу: <http://ukrelcom.com/bktpb.php>

24. Автоматичний вимикач 630А, HND630H.[електронний ресурс] / Режим доступу: Hager<https://shop220.com.ua/products/avtomaticheskii-vykliuchatel-630a-hnd630h-hager?tab=tabOptions>

25. Обмежувач перенапруг:[електронний ресурс] / Режим доступу: http://shop.topelectro.com.ua/electrical_network_protection/zahist-vid-impulsnih-perenaprug

26. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, уведені в дію наказом Держнагляд охоронпраці України 09.01.98№4. НПАОП 0.00-1.21-98. – К.: Міністерство праці та соціальної політики України, 1998. – 91 с.

27. Устройство защитного отключения УЗО Д 63:[електронний ресурс] / Режим доступу: <http://ues.com.ua/index.php/nizkovoltnoe-oborudovanie/uzo-difrele/55-ustrojstva-zashchitnogo-otklyucheniya-uzo-1-63>

28. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем:

Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013. – 533 с.

29. Сокол Є.І., Сендерович Г.А., Гриб О. Г. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Харків: ФОП Бровіін О.В.. 2020. – 306 с.

SUMMERY

Master's paper by the theme: «Analysis and calculation of electrical loads for cottage settlement» VOLODYMYR DAHL EAST UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY, ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT, group EE-22mz. – Kyiv, 2022

Pages – 96; Drawings – 19; Tables –20; Sources – 29.

The power supply system of the cottage settlement is considered, including equipment for 6 kV and 0.4 kV, low-voltage equipment for indoor lighting and socket network.

The calculation of loads in the residential settlement was carried out. Based on the results obtained, the choice of type, number and capacity of power transformers was made. The scheme of the substation was chosen - one-transformer terminal.

The calculation of short-circuit currents was carried out, according to the results of which the following protection devices were selected to be installed in the substation.

The conditions of installation and commissioning of complete transformer substations, description of organizational and technical measures for working conditions are given.

The resulting system of power supply and selection of equipment supplied to the utility facility meets the requirements of reliability and quality of electricity.

TRANSFORMER SUBSTATION, POWER TRANSFORMER, POWER SUPPLY SYSTEM, ACTIVE POWER, REACTIVE POWER, SWITCHGEAR, INPUT DEVICES, IN-BUILDING EQUIPMENT, LIGHTING NETWORK, SOCKET'S NETWORK, SHORT-CIRCUIT CURRENTS.

