

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
В.о. завідувача кафедри

Олександр ЮРЧЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Обґрунтування оптимальної кількості живлячих підстанцій в системі електропостачання частини м. Суми»

Виконав

(підпис)

Євгеній ЄГОРЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Група:

ЗЕТЕ 2401м

Науковий керівник:

(підпис)

Ганна БАРСУКОВА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:

(підпис)

Олена ДОВЖИК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент _____ Чепіжний А.В.
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 202__ року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ
Єгоренку Євгенію Васильовичу
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування оптимальної кількості живлячих підстанцій в системі електропостачання частини м. Суми

керівник роботи: Барсукова Ганна Володимирівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджено наказом по закладу вищої освіти від « _____ » _____ 202__ р. № _____

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи « _____ » _____ 202__ р.

3. Вихідні дані до роботи державні стандарти, ПУЕ, ПБЕ, нормативні документи для проведення досліджень, література з основ електропостачання, станцій та підстанцій, методичні рекомендації до виконання проекту (роботи).

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

Вступ; Розділ 1. Аналіз стану питання; Розділ 2. Теоретичні та експериментальні дослідження; Розділ 3. Обґрунтування параметрів систем; Розділ 4. Охорона праці; Розділ 5. Економічне обґрунтування; Висновки; Список використаних джерел.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Презентація:

Актуальність роботи; Умови проектування районів електропостачання; Характерні особливості для систем електропостачання; Задачі дослідження; Обґрунтування параметрів системи; Район електропостачання; Схеми первинних з'єднань КТП-546 та КТП-547 6/0,4 кВ; Схеми первинних з'єднань КТП-546 6/0,4 кВ; Схеми первинних з'єднань КТП-547 6/0,4 кВ; Публікації; Висновки.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
Охорона праці		
Економічне обґрунтування		

КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 20.12.2022	
2	Складання плану роботи	до 30.12.2022	
3	Написання вступу	до 23.01.2023	
4	Підготовка розділу «Розділ 1»	до 01.03.2023	
5	Підготовка розділу «Розділ 2»	до 03.04.2023	
6	Підготовка розділу «Розділ 3»	до 11.09.2023	
7	Підготовка розділів «Розділ 4», «Розділ 5»	до 06.10.2023	
8	Написання висновків та пропозицій	до 10.10.2023	
9	Подання роботи на перевірку унікальності	до 11.10.2023	
10	Подання роботи до експертної ради факультету	до 13.11.2023	
11	Подання роботи на рецензування	до 20.11.2023	
12	Подання до попереднього захисту	до 27.11.2023	

Здобувач вищої освіти

_____ (Єгоренко Є.В.)
(підпис) (прізвище, ініціали)

**(Науковий) керівник
дипломної роботи**

_____ (Барсукова Г.В.)
(підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел. Роботу викладено на 44 аркушах друкованого тексту, складається з 3 таблиць та 5 рисунків.

Метою даної роботи обґрунтування оптимальної кількості живлячих підстанцій в системі електропостачання частини міста Суми, а саме вулиці Криничної.

В зв'язку з представленою метою у дослідженні поставлені такі задачі:

- обґрунтувати принцип вибору трансформаторних підстанцій для різних споживачів;
- провести класифікацію трансформаторних підстанцій в залежності від потужності;
- привести класифікацію в залежності від типу трансформації трансформаторними підстанціями;
- представити чисельні показники роботи системи електропостачання представленого району;
- указати кількість трансформаторних підстанцій в заданому районі та здійснити аналіз їх розташування відносно споживачів різних категорій;
- представити графічні матеріали щодо функціонування системи електропостачання заданого району з рахуванням схем, карт, а також відповідності з локаціями на місцевості.

Ключові слова: трансформаторна підстанція, електрична енергія, споживачі електричної енергії, витрата електричної енергії кількість трансформаторних підстанцій, місцезнаходження, потужність трансформаторної підстанції, будівництво, ремонт, технічне обслуговування.

ABSTRACT

The master's thesis consists of an introduction, 5 chapters, conclusions, a list of sources used. The work is presented on 44 sheets of printed text, consists of 3 tables and 5 figures.

The purpose of this work is to substantiate the optimal number of power substations in the power supply system of a part of the city of Sumy, namely Krynychna Street.

In connection with the presented goal, the following tasks are set in the study:

- to substantiate the principle of choosing transformer substations for different consumers;
- to classify transformer substations depending on the power;
- to provide a classification depending on the type of transformation by transformer substations;
- to present numerical indicators of the operation of the power supply system of the presented area;
- to indicate the number of transformer substations in a given area and to analyze their location relative to consumers of different categories;
- to present graphic materials on the functioning of the power supply system of a given area, taking into account diagrams, maps, as well as correspondence to locations on the ground.

Keywords: transformer substation, electric energy, consumers of electric energy, electric energy consumption, number of transformer substations, location, transformer substation capacity, construction, repair, maintenance.

ЗМІСТ

1. ВСТУП.....	7
2. РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ.....	9
3. РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	20
4. РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ.....	30
5. РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	37
6. РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	39
7. ВИСНОВКИ.....	41
8. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	42

ВСТУП

На етапі проектування кожного з районів електропостачання або його реконструкції важливе місце посідає ряд особливостей, якими визначається функціонування досліджуваного району електропостачання, задоволення потреб населення тощо. До таких особливостей відносимо:

- споживану електричну енергію на етапі проектування;
- фактичну кількість споживаної електричної енергії;
- площа території окремо узятото підрозділу;
- кліматичні особливості району електропостачання.

В такий спосіб, функціонування електроенергетичного підприємства, за рахунок якого здійснюється електропостачання певної місцевості, не важко оцінити за параметрами відповідності указаним вище особливостям.

Кожна територіальна зона району електропостачання є по-своєму різною. Цим характеризуються як кліматичні особливості, так і рельєф, функціональні завдання, які будуть виконуватися розміщеними на даній території організаціями, установами тощо. Одним словом, - споживачами електричної енергії. Для прикладу певний район електропостачання може містити лише побутових споживачів у вигляді поодиноких житлових будинків або багатоповерхівок, а інший район електропостачання має на своїй території заводи, фабрики, бази відпочинку тощо.

В такий спосіб, характеристика представленого району є важливою, а обґрунтування його параметрів – невід'ємною складовою в процесі проектування питань в забезпеченні потреб населення необхідною кількістю електричної енергії і, як наслідок, ефективного функціонування усіх наявних установ та підприємств з точки зору необхідної кількості електричної енергії.

Темою даної роботи є «Обґрунтування оптимальної кількості живлячих підстанцій в системі електропостачання частини м. Суми». Даний район міста не є новим, однак, на сьогоднішній день, лише розпочинає набирати оберти в насиченні

своїї територіальної зони споживачами електричної енергії, різного роду установами, базами відпочинку тощо.

У житлових районах стоять понижуючі трансформатори, які перетворюють струм високої напруги у побутовий - 220 В із частотою 50 Гц. Число й потужність трансформаторних підстанцій (ТП) несе істотний вплив на техніко-економічні показники системи з електропостачання міста у цілому. Від правильного вибору числа й потужності трансформаторів ТП, а також від розміщення ТП в території мікрорайону залежатиме ефективність функціонування системи.

Тому, актуальним завданням є обґрунтування оптимальної кількості підстанцій досліджуваного району електропостачання міста Суми, що лише розбудовується і набирає обертів як окремий район з великою кількістю потужних споживачів.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

Як правило, електрична енергія передається на великі відстані від місця генерації. Тому електроенергія, що виробляється атомними електростанціями, гідроелектростанціями, теплоелектроцентралями, вітровими установками або сонячними електростанціями, має надходити до національної мережі з метою її транспортування і розподілу.

Будівництво трансформаторних підстанцій є занадто складним процесом з огляду на структуру даної операції.

Кожен з елементів цих об'єктів виконуватиме певну функцію й проектуватиметься у відповідності до суворих інженерних вимог.

Особливої уваги заслуговує будівництво повітряних ліній електропередачі, які забезпечують транспортування електричної енергії до ТП й кінцевих споживачів.

Етапи будівництва трансформаторних підстанцій

Сучасні підстанції складаються із комплексу електроустаткування, включаючи і безпосередньо трансформатори, складні пристрої з контролю й захисту.

У даний час доступними є конструктивні рішення із різними конфігураціями в обладнанні, а використання уже комплектних підстанцій (КТП) стає усе більш поширеним.

Після закінчення етапу проектування розпочинається цивільне будівництво і, в залежності від вимог, будуються дороги.

Згодом зводяться усі фундаменти й споруди з метою контролю й моніторингу. Нарешті, встановлюється трансформатор й підключається електрообладнання.

Увесь цикл будівельно-монтажних робіт завершуються проведенням випробувань усього обладнання й прийманням із наступним підключенням ТП в національну електромережу.

Перелік робіт із будівництва трансформаторних підстанцій:

- демонтаж існуючого обладнання (за потреб);
- будівництво внутрішніх приміщень заданого типу;
- постачання й монтаж силових, контрольних й комунікаційних кабелів;
- електромонтажні роботи: встановлення трансформатору або кількох їх одиниць, розподільчих пристроїв, а також обладнання низької/середньої напруги й конденсаторного обладнання і монтаж щитів керування й живлення;
- контрольні випробування новоустановленого обладнання;
- проектування й програмування системи SCADA;
- монтаж заземлювального устаткування і обладнання;
- монтаж кліматичного обладнання;
- монтаж освітлювальної системи;
- монтаж й налаштування охоронної системи;
- випробування й введення підстанції у експлуатацію.

Планування трансформаторної підстанції

Першим кроком є ретельний аналіз потреб споживача. Інженери допомагають формулюванню вимог до підстанцій та виконують різні техніко-економічні обґрунтування.

Згодом проектується розподільні й трансформаторні підстанції в суворій відповідності до вимог замовника. Важливим є використання новітніх європейських технологій та інженерних рішень, щоб забезпечувати надійність й безпеку, енергоефективність й тривалий термін в експлуатації об'єктів.

Вибір місця для майбутнього будівництва

Будь-яке будівництво трансформаторної підстанції потребує порівняно значної площі. Велика відстань між різними елементами електроустановки є необхідною для надійної ізоляції струмопровідних частин й забезпечення безпечної роботи.

Очевидно, що уже нові підстанції мають бути побудованими на маршрутах запланованої повітряної лінії електропередачі. При виборі ділянок фахівцями знаходяться найбільш підходящі майданчики. Там немає суттєвих природних й антропогенних перешкод. Із міркувань безпеки виключаються і заболочені ділянки.

Будівельний майданчик повинен бути максимально віддаленим від житлової зони, аби відповідати усім вимогам з захисту довкілля й здоров'я людей. Також приділяють велику увагу транспортній інфраструктурі з метою підвезення необхідного обладнання та матеріалів.

Отримання офіційних дозволів

Будівництво нової трансформаторної підстанції затверджується відповідальними органами, що ліцензують документацію для будівництва енергообладнання, у відповідності до чинних місцевих норм.

Окрім професійного звіту щодо безпеки об'єкту, влада зазвичай вимагає подачу докладного проекту й інших документів, що стосуються дотримання усіх наявних і діючих будівельних норм.

Основні будівельні роботи

Будівництво трансформаторних підстанцій зазвичай займає 2-3 місяці, у залежності від складності проекту.

Протягом усього періоду з будівництва завданням є забезпечення безперебійної роботи та уникнення простоїв. Інженерами має гарантуватися повна

відповідність будівництва усім вимогам бізнесу й дотримання стандартів з якості продукції.

Оскільки роботами передбачається зведення паливних фундаментів, то будівельний шум на майданчиках є неминучим. Однак, більшість монтажних робіт виконується різними кранами на висоті понад кількох метрів, а тому слід намагатися зводити до мінімуму незручності для сусідів.

Установка трансформатора та електромонтажні роботи

Трансформатор є серцем проекту. Вибір, доставка, перевірка й встановлення трансформатора потребує великих знань й практичного досвіду.

Відповідальність за проектування, закупку, виготовлення й встановлення усього необхідного електрообладнання покладається на фірму чи організацією, якою здійснюються платні послуги з підключення споживача, групи споживачів або певного району електропостачання до електромережі. Фахівці мають швидко та якісно встановити трансформатори, сполучні елементи й пристрої захисту, а також керування і наявне різне допоміжне електрообладнання.

Проводимо всі передбачених випробувань та введення об'єкту в експлуатацію також покладається на сертифіковану та ліцензовану структуру з будівництва та енергооснащення. За рахунок передових технічних рішень має гарантуватися безперебійне постачання споживача із можливістю розширень ТП з метою підключення нових підприємств.

Експлуатація та технічне обслуговування ТП

Після завершення етапу будівництва компанією, що здійснювала певний перелік послуг і виконання функцій має виконуватися контроль над питаннями, пов'язаними з:

- обслуговуванням;
- ремонтом;

- модернізацією;
- розширенням підстанції.

Готова трансформаторна підстанція зазвичай вимагатиме обслуговуючого персоналу. Керування сучасними об'єктами складатиме відстані із використанням комп'ютеризованих систем.

Уже після завершення етапу будівництва співробітниками здійснюється об'їзд підстанції не лише для перевірок, а і також для обслуговування й ремонтних робіт. Даний підхід заощаджуватиме компанії значні кошти уже протягом тривалого періоду в експлуатації.

Модернізація трансформаторних підстанцій

Рано чи пізно кожна із підстанцій має бути переобладнаною чи модернізованою.

Причин з модернізації ТП часто пов'язують із віковим зносом, а іноді і із посиленням правових норм чи зростаючим попитом в електроенергії.

В низці ситуацій переобладнання старих підстанцій може бути набагато складнішим із завдань, ніж будівництво нового об'єкту. Доцільність у кожного проекту має оцінитися індивідуально із урахуванням численних факторів.

Загалом, трансформаторні підстанції повинні залишатися у мережі якомога довше. А це означає, що і модернізацію іноді слід проводити «під напругою». Така технологія потребує підвищеної обережності, а також досвіду та компетентності.

Замовниками часто вимагається об'єднання старих та нових технологій моніторингу й управління. Інженерами компанії можуть запропоновуватися найефективніші з технічних рішень для інтеграції.

Замовникам не потрібен пошук кількох підрядників з метою виконання окремих робіт з модернізації ТП. Для планування процесу з модернізації трансформаторної підстанції й визначення вартості робіт, необхідним є аналіз

недоліків існуючого обладнання. Фахівцями є можливий виїзд на об'єкт в будь-який час, аби провести інспектування й складання попереднього кошторису.

Проектування повітряних ліній електропередач

Впродовж багатьох десятиліть усі повітряні лінії електропередачі були однією із найважливіших частин в енергетичній системі. Вони призначаються для подачі електричної енергії від електростанцій і до підстанцій й промислових підприємств.

Із розширенням економічних регіонів за межами національних кордонів з'являються умови для подачі електричної енергії на ще більші відстані, ніж існували до цього.

Повітряні лінії електропередачі вважаються надзвичайно довгостроковими активами, що вимагають великих інвестицій із тривалим терміном окупності.

Однією із основних проблем в момент будівництва ЛЕП буде ефективне використання площ під нею. Тому, фахівцями приділяється особлива увага проведенню польових досліджень, а також вибору й погодженню маршрутів.

Першим етапом проектування повітряної лінії електропередач є визначення найкращого маршруту в залежності від наслідків для порушених районів і витрат.

Повітряні лінії електропередачі біля аеропортів мають бути відміченими на картах й підсвічені відбивачами й нічними вогнями, що тягнутиме за собою додаткові витрати.

Будівництво повітряної лінії електропередачі у приміських районах могло б негативно вплинути й на навколишнє середовище й біорізноманіття. Зокрема, будівництва змінюють маршрути міграцій тварин, порушують екологію озер, а також річок.

Усі ці фактори необхідно взяти до уваги при виборах маршрутів. Можливою є близькість до трансформаторних підстанцій й доріг, а також ще і витрати на технічне обслуговування й експлуатацію також слід взяти до уваги.

Далі слідуватиме етап з точного визначення маршруту ЛЕП, що включає запис й оцінку характеристик місцевості. Дана процедура виконується поетапно, й на кожному наступному з етапів розглядатимуться дедалі для більш конкретних з деталей.

Із огляду на результати попередніх етапів складатиметься докладний план з будівництва повітряної лінії електропередачі. Із огляду на усі результати геологічної розвідки інженерами вибирається оптимальна конструкція опор.

Конструкція опори ЛЕП значною мірою залежатиме від наступних факторів:

- топографічних умов (мінімальні відстані від споруд та дерев);
- ландшафтних аспектів (допустима висота в населених районах);
- метеорологічних чинників (вітер, зледеніння, ризик сходження лавин);
- кількість й передбачувана вага проводів.

Аби забезпечити максимально можливі безпекові рівні для праці, проводиться ще і поглиблене вивчення вітрових умов по протяжності всьому маршруту. Визначаються і райони з підвищеним вітровим навантаженням з метою правильного розрахунку полюсів.

Особливу увагу слід приділити й ділянкам, рельєф у яких сприятиме так званім і ефектам вирви із підвищеними швидкостями вітру.

Місця в перетинах гірських хребтів також вважають критичними ділянками.

Аналогічні зонування маршрутів ЛЕП виконуються щодо статичних навантажень від зледеніння, так як траверси й проводи у зонах із підвищеним ризиком зледеніння мають бути посилені. В районах, що є схильними до ризику сходів лавин, опори повинні комплектуватися спеціальними конструктивними елементами, що відхилятимуть снігові маси.

На початкових з етапів проектування ЛЕП визначатимуться точна довжина дроту із урахуванням розташувань, метеорологічних умов, топографії маршрутів та інших чинників.

Етапи будівництва повітряних ліній електропередач

Після закінчення стадії проектування й отримання дозволів можливим є початок фактичних робіт із будівництва лінії електропередачі домів.

Однак, перед початком робіт слід виконати деякі підготовчі процедури, а саме:

- вирубання дерев в момент проходження маршруту через лісисті місцевості;

- будівництво доріг й допоміжних споруд.

Фундаменти опор ЛЕП можуть бути дорогими, особливо за несприятливих геологічних умов. Наприклад, на заболоченій місцевості. Конструкція може бути посиленою за рахунок натяжних тросів з метою зняття навантаження із дротів.

Геологічні умови матимуть ключове значення для розмірів фундаменту опор, а тому експерти проводять поглиблені геологічні дослідження із особливою увагою до рівню ґрунтових вод, типу ґрунтів й різних агресивних умов.

В дуже агресивних умовах рекомендовано використання спеціального бетону, аби підвищити надійність й довговічність фундаменту опори ЛЕП. Екстремальні погодні умови також вимагатимуть збільшення площі й міцності фундаменту для спорудження нових компонентів енергосистеми.

Якщо лінію зводить у прибережній зоні, слід зазначати, що вітри тут значно сильніші, ніж всередині континенту. Розміри опори вважаються найважливішим чинником у оцінці навантаження фундамент й визначенні його розмірів.

Після проведень земляних робіт може знадобитись встановлення шпунтових стін в вузьких просторах, а після того фундамент заливають поетапно. Стіни з шпунтових паль служитимуть для посилення котловану й запобігання обвалу земляних мас.

Кожен з типів ґрунту вимагатиме індивідуальних інженерних рішень аби забезпечити довговічність, надійність й безпеку конструкції за проектних навантажень.

Будівництво опор ЛЕП

Силові опори вважаються найпомітнішою частиною в системі з передачі електричної енергії.

Функція опор полягатиме в тому, аби підтримувати й відокремлювати високовольтні дроти від уже інших, окремо узятих елементів, що споруджені в конструкції.

Конкретні вимоги до проектувань будівництва опори ЛЕП визначатимуться напругою.

Враховуючи й розміри, найважливішою вимогою до опори є забезпечення міцності конструкцій для підтримки необхідної відстані під навантаженням від ваги провідника, вітрових й сейсмічних навантажень, зледеніння й інших впливів.

Зрозуміло, що інженери повинні забезпечити відповідність ЛЕП до даних вимог за найбільш економічно ефективним способом. Цим економічним й надійним варіантом залишаються гратчасті опори ЛЕП, що гарантують високу міцність за використання мінімальної кількості в конструкційного матеріалу.

Останньою вимогою вважається будівництво відповідного бетонного фундаменту, що розрахований на високі проектні навантаження з високовольтних ліній електропередачі.

В момент будівництва необхідно враховувати екологічні, санітарні й інші нормативні вимоги. Зокрема, наші інженери визначають оптимальний маршрут ЛЕП з дотриманням мінімальних відстаней щодо природних й антропогенних об'єктів.

Часто для того, аби дотримуватись даних відстаней, необхідно видаляти чи обрізати рослинність в момент будівництва й експлуатації.

Для будівництва фундаменту опор високовольтних ліній електропередачі проводять значні обсяги земляних робіт й заливання фундаменту. Це вимагатиме безперешкодного під'їзду будівельної техніки й машин.

Часи застигання фундаментів залежатимуть від пори року й погодних умов. В помірному кліматі улітку фундамент опор ЛЕП може бути уже повністю готовим за 1-2 тижні, а узимку застигання може тривати і до 3-4 тижнів.

В той час, коли круглі бетонні й сталеві опори поставляють в готовому вигляді, ґратчасті опори ЛЕП зазвичай транспортують в вигляді окремих сегментів, що потім збирають на місці. В залежно від маси елементів, монтажі здійснюють за допомогою автокранів чи спеціально обладнаних вертольотів.

Зазвичай, сталеві ґратчасті опори ЛЕП монтують частинами прямо уже на ділянці будівництва. В такий спосіб є можливість будівництва опор висотою понад 100 метрів без залучень дорогих великогабаритних напівпричепів.

Монтаж дротів повітряних ліній

Існує і безліч конструкцій дротів, що можуть задовольняти широкий спектр конкретних вимог у замовника.

В минулому мідь використовували для виготовлення дротів усіх практично без винятку через електропровідність. Проте, діаметр мідних проводів визначають, більшою мірою, за необхідністю у забезпеченні механічної міцності, ніж міркуваннями провідності.

Низьку міцність та високу щільність міді обмежують прийнятними відстанями між полюсами. Тому, сьогодні провід виготовляють з алюмінію, що має більш високе співвідношення міцності й ваги.

Хоча, мідь матиме більш високу провідність, а ніж алюміній, низька щільність алюмінія забезпечуватиме вдвічі більше співвідношення провідності/ваги у порівнянні з міддю. Також, суттєвим стимулом у використанні алюмінію в ЛЕП є вартість.

Звісно, природні й штучні перешкоди (хребти, міста, озера, гірські території, які охороняються) можуть перетинати маршрути ЛЕП. Це потребуватиме взаємодії із владою із метою отримання відповідних дозволів.

Тоді, коли маршрут ЛЕП перетинатиме транспортні шляхи, такі як автомагістралі й залізниці, захисні ліси у зоні перетинів можуть запобігти ризику руху.

Напрямки діяльності міжнародних та регіональних компаній з будівництва енергосистем:

- проектування й будівництво трансформаторних підстанцій під ключ;
- постачання й монтаж електрообладнання, модернізація й реконструкція існуючих підстанцій й сервісне обслуговування усіх подібних об'єктів;
- проектування, виготовлення й монтаж електричних шаф усіх типів;
- електромонтажні роботи, а також будівництво електроустановок середньої й низької напруги будь-якої складності в побутових й промислових замовників;
- проектування й будівництво фотоелектричних, геотермальних, вітряних, теплових й біомасових електростанцій, а також гідроелектростанцій;
- будівництво силових й освітлювальних систем житлових й промислових об'єктів;
- влаштування систем з моніторингу, охорони й відеоспостереження.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Трьохтрансформаторні підстанції використовують рідко, у якості вимушених рішень:

- при реконструкції;
- при розширеннях підстанцій;
- при системах роздільного живлення силової й освітлювальної мережі;
- при живленнях різкоперемінних навантаженнях.

Однотрансформаторні ТП 6-10/0,4 кВ, мова про які ітиме в розділі 3 даної роботи, застосовуються при живленні електроспоживачів, що допускають перерву в електропостачанні на деякий час, та не більше 1 доби, необхідну для ремонтів або заміन пошкодженого елемента (живлення електроприймача III категорії). Також для живлення електроприймача II категорії, при умові резервувань потужності по перемичках у вторинній напрузі чи за наявності складських резервів трансформаторів.

Трансформаторні підстанції в системах електропостачання

Однотрансформаторні ТП вигідні ще і у тому відношенні, що якщо роботи підприємств супроводжуються періодами малих навантажень, то є можливість за рахунок наявності перемичок у трансформаторних підстанцій на вторинній напрузі відключити частину трансформаторів, при цьому створюючи цим економічно доцільні режими роботи трансформаторів.

Під економічними режимами роботи трансформаторів розуміють режим, що забезпечує мінімальні втрати за потужністю в трансформаторах. У даному випадку вирішуються завдання по вибору оптимальної кількості наявних працюючих трансформаторів.

Дані трансформаторні підстанції могли б бути економічними і в плані максимальних наближень напруги 6-10 кВ до електроприймача, зменшуючи

протяжності мереж до 1 кВ за рахунок децентралізацій трансформації електричної енергії. У цьому випадку питання вирішуються на користь застосувань двох однострансформаторних у порівнянні із однією двохтрансформаторною підстанцією.

Двохтрансформаторна ТП застосовується при переважанні електроприймача I й II категорій. При цьому, потужність наявних трансформаторів обирають такою, щоб при виході із роботи одного, інший з трансформаторів із урахуванням допустимого перевантаження узяв би на себе навантаження всіх споживачів (в цій ситуації можливим є тимчасове відключення електроприймача III категорії). Такі з підстанцій є бажаними і в незалежності від категорій споживачів по наявності нерівномірного добового чи річного графіків навантаження. В цих випадках вигідною була б зміна приєднаної потужності трансформаторів, наприклад, при наявності сезонних навантажень або одне чи двозмінної роботи із значним завантаженням зміни, що розрізняється.

Області використання одно- і двохтрансформаторних підстанцій

Електропостачання населених пунктів, мікрорайонів міста, цехів, груп цехів чи усього підприємства можна забезпечити від однієї чи декількох трансформаторних підстанцій.

Доцільність спорудження одно- чи двохтрансформаторних підстанцій визначають у результаті техніко-економічних порівнянь декількох варіантів схеми електропостачання. Критеріями по вибору варіантів є мінімуми приведених витрат по спорудженню системи електропостачання. А порівнювані варіанти мають забезпечити необхідний рівень з надійності електропостачання.

Області застосування одно- та двохтрансформаторних підстанцій.

В системах з електропостачання промислових підприємств найбільшого застосування знайшли наступні з одиничних потужностей трансформатори:

- 630 кВ×А;

- 1000 кВ×А;

- 1600 кВ×А;

в електричних мережах міст:

- 400 кВ×А;

- 630 кВ×А.

Практика проектування й експлуатація показали необхідність в застосуванні однотипних трансформаторів з однаковою потужністю, так як різноманітність їх створюватиме незручності у обслуговуванні й викликатиме додаткові витрати для ремонту.

Вибір потужностей трансформаторів трансформаторних підстанцій

В загальному випадку вибір потужностей трансформаторів виконують на підставі таких основних початкових даних:

- розрахункового навантаження об'єктів електропостачання;
- тривалості максимумів навантаження;
- темпів росту навантажень;
- вартості електричної енергії;
- здатності навантаження трансформаторів;
- їх економічних завантажень.

Основним з критеріїв по вибору одиничної потужності у трансформаторів є, як й за вибору кількості трансформаторів, мінімум по приведеним витратам, отримані на основі наявних техніко-економічного порівнянь варіантів.

Орієнтовно, вибір одиничної потужності в трансформаторів можна виконати по питомій щільності з розрахункового навантаження (кВ×А/м²) й повного розрахункового навантажень об'єкту (кВ×А).

За питомої щільності навантаження до 0,2 кВ×А/м² й сумарного навантаження до 3000 кВ×А доцільним застосування трансформаторів 400; 630; 1000 кВА із вторинною напругою 0,4/0,23 кВ. За питомої щільності й сумарного

навантаження, що є вищим за вказані значення, більш економічними є трансформатори з потужністю 1600 й 2500 кВА.

Проте, ці рекомендації не вважаються досить обґрунтованими у наслідок швидкозмінюваної ціни на електроустаткування й зокрема ТП.

В проектній практиці трансформатори в трансформаторних підстанціях часто обирають по розрахунковому навантаженню об'єктів і рекомендованим коефіцієнтам економічних завантажень трансформаторів $K_{зе} = S_p / S_{н.т.}$, у відповідності до даних таблиці.

Таблиця 1. Рекомендовані коефіцієнти завантаження трансформаторів цехових ТП

Коефіцієнт по завантаженню трансформатора	Вид трансформаторної підстанції й характер навантажень
0,65 ... 0,7	Двохтрансформаторні ТП із переважаючим навантаженням I категорії
0,7 ... 0,8	Однотрансформаторні ТП із переважаючими навантаженнями II категорії при наявності взаємних резервувань по перемичках із іншими підстанціями по вторинній напрузі
0,9 ... 0,95	Трансформаторні підстанції із навантаженням III категорії чи із переважаючим навантаженням для II категорії за нагоди використання складського резерву трансформаторів

Важливі значення за вибору потужності трансформаторів відіграють правильний облік по їх здатності навантажень. Під здатністю навантажень трансформаторів розуміють сукупність допустимих навантажень, а також систематичних й аварійних перевантажень із розрахунку теплових зносів ізоляції трансформатору. Якщо не врахувати здатність навантажень трансформаторів, то є

можливість необґрунтовано завищувати при виборі їх номінальні потужності, що буде економічно недоцільним.

У значній більшості підстанцій навантажень трансформаторів змінюють і впродовж тривалого часу залишають нижчим за номінальну. Значну частину трансформаторів вибирають із урахуванням післяаварійних режимів, і тому нормально їх залишають тривалий час недовантаженими. Більше того, силові трансформатори розраховують на роботу за допустимої температури довкілля, що є рівною $+40^{\circ}\text{C}$. А насправді вони працюють у звичайних умовах за температури середовища до $20 \dots 30^{\circ}\text{C}$. Отже, силові трансформатори в певний час можуть бути перенавантаженими із урахуванням розглянутих вище наявних обставин і без жодного збитку у встановленому йому терміну служби (20 - 25 років).

На підставі дослідження різних режимів роботи трансформатора розроблено ГОСТ 14209, який регламентує допустиму систематичну норму навантаження й аварійні перевантаження у силових масляних трансформаторів із загального призначення з потужністю до $100 \text{ мВ} \times \text{А}$, що є включно із видами охолодження М, Д, ДЦ й Ц із урахуванням температур охолодження середовища.

З метою визначення систематичних навантажень й аварійних перевантажень у відповідності до ГОСТ 14209 необхідним є також знання початкового навантаження, передуючого перевантаженню й тривалість перевантаження. Такі дані визначають по реальному початковому графіку навантажень (повній потужності чи струму), перетвореному у еквівалентний у тепловому відношенні у прямокутний двох- або багатоступеневий графіки.



Рисунок 1. Різні види комплектних трансформаторних підстанцій

В зв'язку із необхідністю мати реальні початкові графіки навантажень, розрахунок допустимих навантажень й перевантажень відповідно може бути виконано для діючих підстанцій із метою перевірки допустимого існуючого графіку по навантаженню, а також із метою визначень можливих варіантів у добових графіків із максимальним значенням по коефіцієнтам завантаження у попередній момент режиму з перевантаження й у режимі перевантаження.

Ще на стадії проектування підстанції можна використати й типові графіки навантажень чи відповідно до рекомендацій, а також пропонованих у ГОСТ 14209 обирати потужність трансформатора за умовами аварійних перевантажень.

Тоді у підстанцій, на яких можливі аварійні перевантаження трансформатора (двохтрансформаторні, однострансформаторні із резервними зв'язками за вторинною стороною), якщо відомі розрахункові навантаження об'єкту S_p й коефіцієнт допустимих аварійних перевантажень $K_{з.ав}$, номінальну потужність трансформатора визначають, як:

$$S_{н.т.} = S_p / K_{з.ав} \quad (1)$$

Слід також відмітити і те, що навантаження трансформатору понад його номінальної потужності допускають тільки при справній й повністю включеній системі з охолодження трансформатора.

А що стосується типового графіка, то на теперішні часи вони розроблені й для обмеженої кількості з вузлів навантажень.

Так як вибір кількості й потужності трансформаторів, а особливо споживчих підстанцій 6-10/0,4-0,23 кВ, визначають часто у основному економічними чинниками, то істотно при цьому являє облік з компенсації реактивної потужності у електричних мережах споживачів.

Компенсуючи реактивну потужність у мережах до 1 кВ, є можливість зменшити кількість діючих трансформаторних підстанцій 10/0,4 і їх номінальну потужність. Особливо, це істотним є для промислових споживачів, у мережах до 1 кВ, що доводиться компенсувати значними величинами реактивних навантажень. Існуюча ж методика за проектуванням компенсації реактивної потужності у електричних мережах для промислових підприємств й припускає вибір потужності компенсуючого пристрою з одночасним вибором у кількості трансформаторів підстанцій й їх потужності.

Таким чином, з врахуванням вищевикладеного, складність у безпосередніх економічних розрахунках, зважаючи на швидкозмінні вартісні показники будівництва підстанцій й вартості електроенергії, за проектування нових й реконструкції діючих споживчих підстанцій 6-10/0,4-0,23 кВ для вибору потужності силових трансформаторів можна користуватися таким алгоритмом:

- у мережах для промислових підприємств:
 - одиничну потужність трансформатора вибирати у відповідності до рекомендацій з питомої щільності з розрахункового навантаження й повного розрахункового навантаження об'єктів;
 - кількість трансформаторів у підстанції й їх номінальну потужність обирати у відповідності до вказівок за проектуванням компенсації у реактивної потужності у електричних мережах для промислових підприємств;
 - вибір потужності трансформаторів має здійснюватись із урахуванням рекомендованих коефіцієнтів по завантаженню і допустимих аварійних перевантажень у трансформаторів;
 - за наявності існуючих типових графіків навантажень вибір потрібно вести у відповідності до ГОСТ 14209-85 із урахуванням компенсації у реактивної потужності у мережах до 1 кВ;
- у міських електричних мережах:
 - маючи у наявності типові графіки з навантаження підстанцій, вибір потужностей трансформаторів потрібно виконувати у відповідності до ГОСТ 14209;
 - знаючи види навантажень підстанції, при відсутності типових графіків ТП, вибір доцільно виконати у відповідності до методичних вказівок.

Трансформаторна підстанція є електричною установкою, яка використовується з метою прийому й зміни напруги у мережі із змінною подачею

струму. Також обладнанням виконується завдання розподілу й перерозподілу електричної енергії у загальній системі електрозабезпечення.

Трансформаторні кіоски поставляються в металевому захисному корпусі з зовнішнім й внутрішнім лакофарбовим покриттям. В залежності від цільового призначення, користувачами може бути замовлено пристрої з глибокого введення із можливістю роботи за напруги 6 - 110 кВт, а також:

- обладнання, яке працює на підвищення (тягові) чи зниження;
- пристрої, що розраховані для експлуатації у виробничих умовах (промислових);
- підстанції, що розраховані на роботу у міських умовах для стандартного споживання (для міських мереж).

Тобто, якщо для об'єкту необхідна трансформаторна підстанція, то ціна обладнання буде варіюватись в залежності від цілі що враховуватиметься, а також типу установки. Тому, для різного об'єкту пропонуються мачтові, тупикові, прохідні, бетонні й стовпові установки із гарантійним терміном від 2 років.

Підстанції ж класифікуються між собою і за видами перетворення напруги у мережі:

- понижуючі;
- підвищуючі.

Останні встановлюють при електростанціях й можуть підвищувати напругу, що отримується від генератора до 1 або і більшої кількості значень, аби забезпечити стабільну передачу електричної енергії далі, по ЛЕП.

Понижуючі переводять у напрямки, що отримуються у більш низьких, для вторинного споживання.

В залежності від розмірів отриманої напруги й її типу (вторинного чи первинного), трансформаторні підстанції можуть бути:

- місцевою;
- районною;

- ГОЛОВНОЮ;

- ОСНОВНОЮ.

Суть роботи підстанцій на різних рівнях полягатиме у наступному: комплектними трансформаторами приймається енергія від ЛЕП й передається на понижуючі підстанції, а потім - до споживача.

Понижуючі, в свою чергу, можуть передавати електричну енергію на цехові чи місцеві підстанції із зниженням напруги до 1-3 фаз 0,4 кВ й подальшим розподілом струму до споживачів.

РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ

Аналіз функціонування системи електропостачання частини міста Суми здійснимо на прикладі окремо узятого району електропостачання, що піддається реконструкції на сьогоднішній день. Даним районом електропостачання є район Кринична.

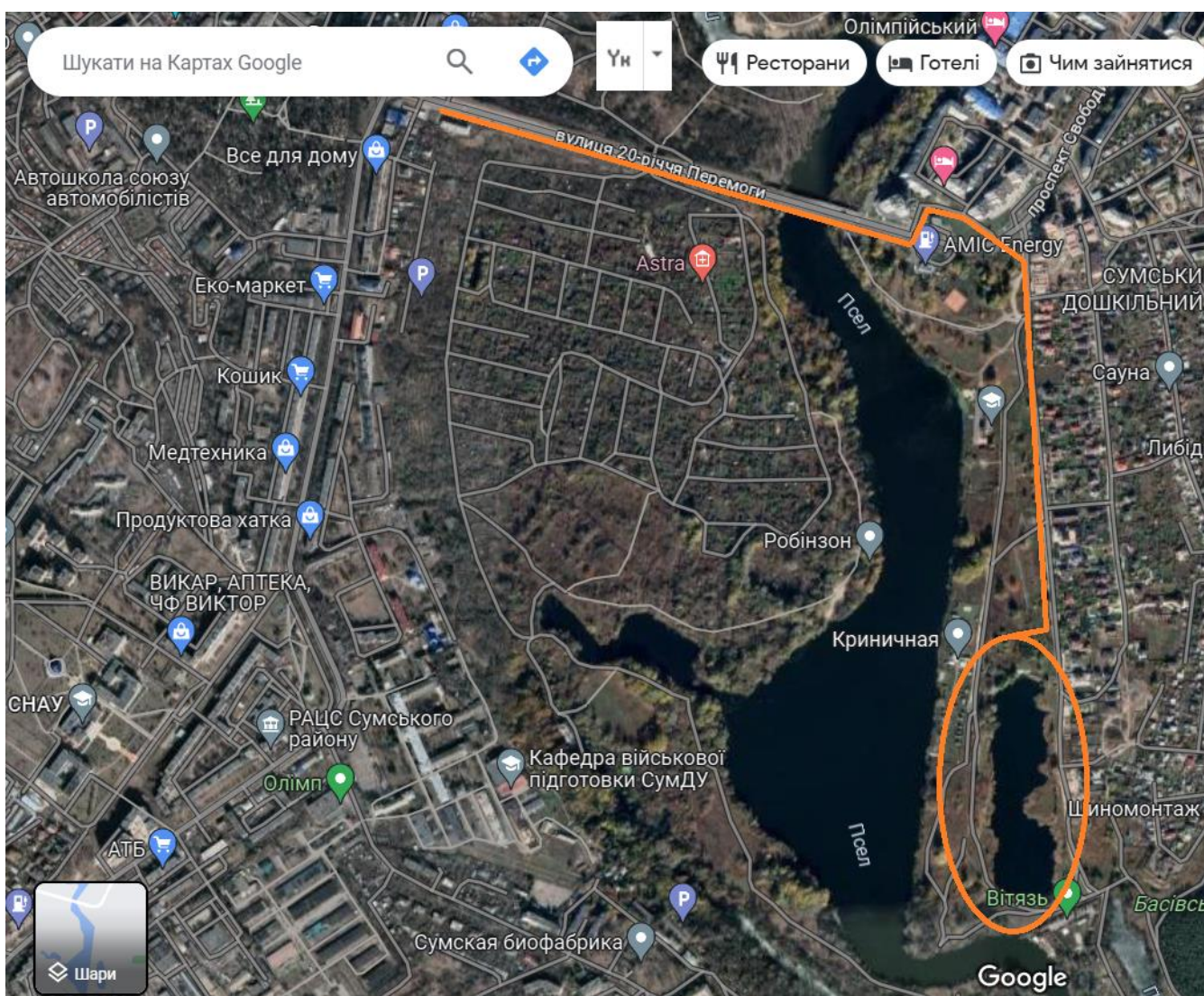


Рисунок 2. Досліджуваний район електропостачання

Поруч із досліджуваним районом електропостачання межують інші райони зі своїми підстанціями. Як бачимо з рисунку 2, район електропостачання є досить насиченим на споживачів електричної енергії. Окремо слід відмітити, що на перспективу район електропостачання має все більші можливості на розбудову з огляду на елітність та бази відпочинку. У зв'язку із цим, актуальність обґрунтування параметрів такої системи підтверджується в черговий раз.

Як бачимо район електропостачання є відносно віддаленим від центральної частини міста. Відстань від центру міста Суми до району електропостачання складає 4,6 км у разі руху вулицями Петропавлівська та 20-річчя Перемоги та, частково, проспектом Свободи. Або іншим маршрутом протяжністю 4,3 км у разі руху вулицями Харківською, Холодноярської бригади, Української Народної Республіки та проспекту Свободи.

Поблизу району електропостачання знаходиться, як було сказано вище, велика кількість споживачів. Розглядаючи окремо від приватних споживачів, слід виокремити наявні на території району електропостачання Водно-веслувальну базу СумДУ, зону відпочинку Кринична, оздоровчий центр Вітязь, магазин квітів Галерея, парк і т. п. Крім того, до району електропостачання частково доєднуються одразу дві АЗС - АЗС ANP та АМІС Energy, що розташовані відповідно на проспекті Свободи з одного боку та одночасно на прспекті Свободи на вулиці Криничній з другого боку, однак із живленням електричною енергією від різних КТП.

На території розглянутого району електропостачання знаходяться дві діючі КТП, кожна 6/0,4 кВ.

Серед них:

- КТП-546 6/0,4кВ;
- КТП-547 6/0,4кВ.

Відповідні характеристики щодо кількості споживачів та споживаної потужності в районі електропостачання кожною із КТП представлено нижче, в таблиці 2.

Таблиця 2. Характеристики споживачів електроенергії КТП

КТП	юр (потужн.)	юр (кільк.)	побут (потужн.)	побут (кільк.)
КТП-546 6/0,4кВ	98,5	5	504,7	49
КТП-547 6/0,4кВ	50	1	879,5	53

Як зазначалося вище, живлення споживачів в досліджуваному районі електропостачання відбувається від двох трансформаторних підстанцій. Передача електричної енергії від них до споживачів відбувається за рахунок повітряних ліній електропередачі. На території району електропостачання наявні і інші джерела електричної енергії, зокрема сонячні електростанції.

Загалом, центральну частину вулиці, а саме її повітряну лінію електропередачі виконано ізольованим, самонесучим проводом СІП-4, 4х95, що застосовується в житлових будинках і господарствах. Даний провід складається із чотирьох жил із алюмінієвого сплаву, з круглою формою, багатодротяної структури. Використовується з метою передачі електричної енергії повітряними шляхами. Ізоляція струмопровідної жили проводу виконана зі світлостабілізованого поліетилену. Окремі споживачі живляться електричною енергією за рахунок проводу СІП-4, 4х50, 4х70, 4х35, СІП-2, 2х25 та ін.

Окремі технічні характеристики проводу СІП-4, 4х95, використовуваного для передачі електричної енергії в досліджуваному районі електропостачання, представлено в таблиці 3.

Таблиця 3. Технічні характеристики проводу СІП-4, 4х95

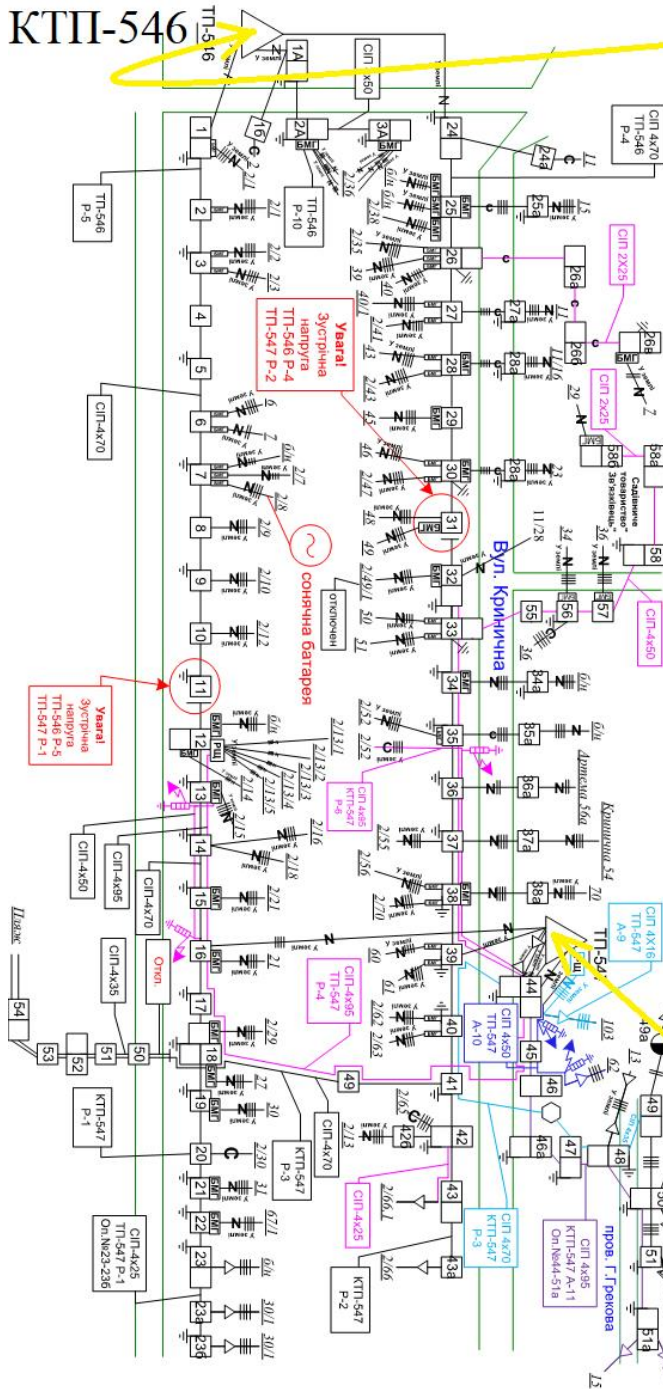
№	Найменування	Характеристика
1.	Кількість жил	4

2.	Переріз, мм ²	95
3.	Матеріал жили	багатодротяні жили з алюмінію
4.	Оболонка	відсутня
5.	Ізоляція	світлостабілізований термопластичний поліетилен
6.	Температура експлуатації	від -60 °С до +50 °С
7.	Стійкість до горіння	не поширює горіння, проте потребує додаткового захисту в пожежонебезпечних місцях.

Відповідним чином, схему повітряної лінії 0,4 кВ, вулиці Кринична та відповідний вигляд вулиці зображено на рисунку 2.

Схеми первинних з'єднань КТП-546 та КТП-547 6/0,4 кВ зображено на рисунках 4 та 5 відповідно. На схемах указано споживачів електричної енергії від кожної окремо узятій трансформаторної підстанції, а також окремі джерела енергії, такі, як, наприклад, зустрічна напруга від сонячних батарей за адресою вулиця Кринична 2/8 (рисунок 4).

КТП-546



КТП-547

Рисунок 3. Схема ПЛІ 0,4 кВ, вул. Кринична

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Роботи в енергоустановках вимагають від людини підвищеної уваги та дотримання правил техніки безпеки. У зв'язку із цим, роботи з електроустаткуванням передбачають кілька важливих документів, якими регламентується будівництво, ремонт, технічне обслуговування та експлуатація електроенергетичного обладнання. Серед таких документів - правила безпечної експлуатації, правила улаштування електроустановок, будівельні норми і правила і т. п. Тому, актуальним питанням даного розділу є розгляд небезпечних факторів впливу на людину, як на оператора, роботи з електроустаткуванням, а саме - трансформаторними підстанціями, повітряними лініями електропередачі і т. п.

Метою даної роботи є обґрунтування параметрів системи електропостачання окремого району електропостачання міста Суми - вулиці Криничної. Тому, в даній роботі розглянуто місцевість району електропостачання, кількість споживачів електричної енергії, кількість трансформаторних підстанцій, потужність і т. п.

Серед небезпечних факторів, що можуть негативно вплинути на здоров'я людини при роботі з трансформаторними підстанціями є:

- надмірна вологість;
- шум високої частоти;
- перепади температури;
- вібрації;
- електрообладнання великих розмірів;
- устаткування великої ваги;
- небезпека ураження електричним струмом;
- ризик отримання нервових розладів та алергії.

Для зменшення такого впливу на людину слід дотримуватися усіх наявних норм та правил техніки безпеки. Це стосується як оператора установки чи

обслуговуючого персоналу, що на пряму контактує з установкою, так і заступника директора з питань охорони праці.

Серед можливих заходів по зменшенню негативного впливу на людину можемо виділити такі:

- проведення інструктажів;
- відвідування курсів підвищення кваліфікації;
- оснащення персоналу засобами індивідуального захисту;
- оснащення груп персоналу засобами колективного захисту;
- проведення поточних і регламентованих навчань та практичних занять з набуття навичок роботи з новим обладнанням тощо.

В результаті зменшення такого впливу на людину є можливість покращити якість виконуваних робіт та умов праці.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

З метою введення в експлуатацію указаної системи електропостачання частини м. Суми є доцільність приведення техніко-економічних показників, а саме, - затрат на комплектування на запуску такої системи.

Розрахунок затрат для впровадження системи електропостачання здійснимо за такою схемою:

Структура капіталовкладень K ділиться на три основні елементи:

$$K = K_{об} + K_{бмр} + K_{ін}, \quad (5.1)$$

де: $K_{об}$ – капіталовкладення на придбання устаткування;

$K_{бмр}$ – капіталовкладення на виконання будівельно-монтажних робіт;

$K_{ін}$ – капіталовкладення на інші види робіт, що не передбачені в $K_{об}$ та $K_{бмр}$.

Розглянемо більш детально кожен із даних складових по певному переліку позицій.

Витрати $K_{об}$ включають вартість:

- обладнання, яке потребуватиме монтажні роботи (попередні складання, встановлення й налагоджень);
- обладнання, яким не передбачено монтаж;
- необхідні КВП та інструмент.

Знаходимо капіталовкладення:

$$K_{об} = \sum n, \text{ грн} \quad (5.2)$$

$$K_{об} = 750000 \text{ грн}$$

Капіталовкладення для виконання будівельно-монтажних робіт $K_{\text{бмр}}$ включають:

- витрати в будівництво нових, розширення, реконструкції й технічного переозброєння постійної і тимчасової будівель та споруд;
- монтаж конструкцій і обладнання;
- спорудження інфраструктури та комунікацій.

$$K_{\text{бмр}} = \frac{K_{\text{об}}}{3}, \text{ грн} \quad (5.3)$$

$$K_{\text{бмр}} = \frac{750000}{3} = 250000 \text{ грн}$$

Інші витрати $K_{\text{ін}}$ включають вартість:

- проведення науково-дослідної роботи;
- виконання проектно-вишукувальної роботи;
- здійснення технічного та авторського контролю за будівництвом;
- підготовку персоналу об'єкту будівництва.

$$K_{\text{ін}} = \frac{K_{\text{об}}}{7} \cdot 100, \text{ грн} \quad (5.4)$$

$$K_{\text{ін}} = \frac{13920}{7} \cdot 100 = 107143 \text{ грн}$$

Знаходимо загальну суму капіталовкладень:

$$K = 750000 + 250000 + 107143 = 1107143 \text{ грн}$$

ВИСНОВКИ

В результаті правильно організованих та виконаних дій з електроустаткуванням є можливість забезпечення споживача достатньою кількістю електричної енергії. В такий спосіб досягається повна відповідність наданої електричної енергії потребам людини та навіть запас при цьому. Згодом, збільшення показників використання електричної енергії матиме на меті вдосконалення системи та її розвиток.

В даній роботі розглянуто окремий район електропостачання міста Суми - вулиця Кринична. На території району знаходяться дві живлячі підстанції 6/0,4 кВ - КТП-546 та КТП-547. Представлено статистичні дані щодо кількості споживачів та споживаної потужності ними для двох даних підстанцій. В результаті, проаналізовано місце розташування району електропостачання відносно центру міста Суми, представлено схеми повітряних ліній електропередачі до споживачів, з'єднання їх т. п.

В розділі з питань охорони праці проаналізовано фактори негативного впливу на здоров'я людини від роботи з даним видом обладнання та методи зменшення такого впливу.

В цілому, визначено, що система електропостачання району є надійною та функціонує у повній мірі. Майбутні вдосконалення системи електропостачання передбачають збільшення наданої потужності споживачеві та покращення якості електропостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ. Зміни та доповнення. 2016
2. Правила безпечної експлуатації електроустановок. НПАОП 40.1-1.01-97
3. Сегеда М. С., Олійник М. Й., Лисяк В. Г., 2021, Режими систем пересилання та споживання електричної енергії, 304 с., Львівська політехніка
4. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О., 2017, Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів, 376 с., Львів
5. Журахівський А. В. та ін., 2016, Надійність електричних систем і мереж, 280 с., Львівська політехніка
6. Zhu, Q., Xu, S., Sun, J., Li, X., & Zhou, D. (2022). Energy efficiency evaluation of power supply system: A data-driven approach based on shared resources. *Applied Energy*.
7. В. П. Миклуш, А. С. Сайганов, 2014, Організація технічного сервісу в агропромисловому комплексі, 670 с., ІОЦ Мінфіну
8. Журахівський А. В. та ін., 2018, Оптимізація режимів електроенергетичних систем, 180 с., Львівська політехніка
9. Kotb, S.A., Zaky, M.M., Elbaset, A.A., & Morad, M. (2022). Application of hybrid renewable energy for supplying the emergency power supply system in case of station blackout in nuclear power plant. *Annals of Nuclear Energy*.
10. В. Є. Шестеренко, 2004, Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Видавництво - Нова книга. Вінниця
11. Сегеда М. С., Дьяченко Н. Б., Козовий А. Б., 2020, Лінії електропересилання, трансформатори та обчислення їх параметрів, 176 с., Львівська політехніка
12. Jacobsen, B. (2022). Transition of energy system by regulating of Power Quality for efficiency improvements. *Procedia CIRP*.
13. Електропостачання промислових підприємств, Електропостачання промислових підприємств

14. Xu, Z., Liu, H., Sun, H., Ge, S., & Wang, C. Power supply capability evaluation of distribution systems with distributed generations under differentiated reliability constraints. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 134, 107344.
15. Устаткування трансформаторних підстанцій, як влаштовані підстанції. URL <http://electricalschool.info/elstipod/1663-oborudovanie-transformatornykh.html>
16. Liu, J., Zhou, X., Xu, Y., & Fan, Z. (2025). Intensive hierarchical optimal water allocation with uncertainties based on Non-stationary Transformers. *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.133646>
17. Hussan, U., Wang, H., Peng, J., Jiang, H., & Rasheed, H. (2026). Transformer-based renewable energy forecasting: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116356>
18. Hoanh, N., & Pham, T.V. (2025). End-to-end transformer-based detection with density-guided query selection for small objects. *Neurocomputing*, 656, 131554. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2025.131554>
19. Lu, J., & Chen, Z. (2025). Spatio-temporal graph attention network and graph-based Transformer architecture for distributed urban wind sequence reconstruction and forecasting. *Measurement*. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2025.117400>
20. Xu, K., Zhang, X., Zhang, M., Zhang, L., & Chen, Z. (2025). Fabrication of pH-sensitive cellulose colorimetric papers for rapid detection of water content in transformer oil. *International journal of biological macromolecules*, 146598 . <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.146598>
21. ДСТУ 3465-96: Системи електропостачальні загального призначення. Терміни та визначення.
22. ДСТУ 3429-96: Електрична частина електростанції та електричної мережі. Терміни та визначення.
23. ДСТУ EN IEC 62586-2:2018: Вимірювання якості електроенергії, функціональні випробування.

24. ДСТУ EN IEC 62040-2:2019: Системи безперебійного живлення (ДБЖ). Вимоги до електромагнітної сумісності.
25. ДСТУ EN IEC 60664-1:2022: Координація ізоляції обладнання в системах низької напруги.
26. ДСТУ 2105-92 (Технічні умови на масляні силові трансформатори до 35 кВ).
27. ДСТУ 3270-95 (Терміни та визначення, що стосуються силових трансформаторів).
28. ДСТУ 2105-92 "Трансформатори силові масляні загального призначення напругою до 35 кВ включно. Технічні умови".
29. ДСТУ 2976-95 "Трансформатори струму та напруги. Терміни та визначення".
30. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Правила визначення вартості будівництва.