

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Розробка заходів щодо зниження навантаження**

електричних мереж 10/0,4 кВ

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТ-42

спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Тендюк С. О.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Бабюк С. М.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Коваль В. П.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Коваль В. П.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Пісьціо В. П.

(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В. П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 27 » січня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Тендюку Степану Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка заходів щодо зниження навантаження електричних мереж 10/0,4 кВ

Керівник роботи Бабюк Сергій Миколайович, к.т.н.

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

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2025 року № 4/7-51

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Карта електричних мереж, реєстр споживання електричної енергії споживачами за 2019 - 2024 року, перелік і характеристика трансформаторних підстанцій.

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

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

Схема мережі 10/0,4 кВ. Коефіцієнти завантаження трансформаторних підстанцій. Гістограма щомісячного завантаження трансформаторних підстанцій. Заходи щодо зниження завантаженості трансформаторних підстанцій. Загальні висновки

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 27 січня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2025	
2	Аналітичний розділ	28.02.2025	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2025	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2025	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2025	
6	Висновки	10.06.2025	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2025	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2025	

Студент

(підпис)

Тендюк С. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бабюк С. М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тендюк Степан Олександрович. Розробка заходів щодо зниження навантаження електричних мереж 10/0,4 кВ.

Стор. – 55; рис. - 11; табл. - 19; джерел - 21; додатків - - .

В даній роботі проведено розробку заходів щодо зниження завантаженості електричних мереж 10/0,4 кВ.

Розглянуто особливості та значення мереж 10/0,4 кВ, а також представлено характеристику об'єкта.

Проведено аналіз та розрахунок електричних навантажень трансформаторних підстанцій селища щодо споживання електроенергії споживачами, були побудовані графіки завантажень ТП за роками, та проведений більш детальний аналіз проблемних підстанцій протягом кількох місяців, також були побудовані графіки навантаження.

Наведено заходи щодо зниження навантаження ТП, було розраховано кілька варіантів модернізації мережі.

Практична значимість роботи полягає в тому, що дані дослідження та отримані результати можуть бути використані для розробки проектної документації на модернізацію електричних мереж 10/0,4 кВ, що дозволить підвищити надійність та якість електропостачання.

Перелік ключових слів: ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, СПОЖИВАЧ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ, , КОЕФІЦІЄНТ ЗАВАНТАЖЕННЯ, КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Особливості та значення електричних мереж 10/0,4 кВ як сполучного елемента	8
1.2 Причини перевантаження електричних мереж і визначити основні фактори, що впливають на їхню роботу	9
1.3 Сучасні методи оптимізації електромереж, включаючи автоматизовані системи керування навантаженням	11
1.4 Технологічні рішення, які дозволять зменшити навантаження на розподільчі станції та трансформаторні підстанції	13
1.5 Висновки до розділу 1	14
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Розрахунок освітлення	16
2.2 Аналіз річної завантаженості ТП	18
2.3 Аналіз динаміки зміни навантажень проблемних трансформаторних підстанцій на місяці	27
2.4 Висновки до розділу 2	36
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	37
3.1 Заходи щодо зниження завантаженості ТП	37
3.1.1 Компенсація реактивних навантажень ТП	38
3.2 Реконструкція електричної мережі 10/0,4 кВ	41
3.2.1 Варіант 1 – Заміна трансформатора з врахуванням компенсації реактивної потужності	41
3.2.2 Варіант 2 – Заміна трансформатора без компенсації реактивної потужності	43
3.2.3 Варіант 3 – Заміна одотрансформаторної ПС на двотрансформаторну ПС	44

3.3 Висновки до розділу 3	45
4 БЕЗПЕКА ЖИТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1 Техніка безпеки при виконанні робіт з обслуговування діючих електричних установок	46
4.2 Вимоги під час обслуговування електричних установок	48
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	53

ВСТУП

Електричні мережі 10/0,4 кВ є ключовим компонентом розподільчих електросистем, що забезпечують живлення споживачів у промисловому, комерційному та житловому секторах. В умовах зростання попиту на електроенергію та підвищення навантаження на розподільчі мережі актуальність питання оптимізації їхньої роботи постійно зростає. Основними проблемами, що виникають у процесі експлуатації таких мереж, є перевантаження трансформаторних підстанцій, значні втрати електроенергії, погіршення якості електропостачання та ускладнення регулювання режимів роботи електричних мереж.

Важливим напрямком покращення функціонування електромереж є впровадження заходів, спрямованих на зниження навантаження, що дозволить підвищити надійність, стабільність та енергоефективність електропостачання. До ключових методів оптимізації належать впровадження інтелектуальних систем керування, модернізація розподільчих станцій, застосування автоматизованих методів моніторингу та використання альтернативних джерел енергії.

Електричні мережі відіграють ключову роль у забезпеченні енергетичної стійкості та надійності енергопостачання населених пунктів. У цій роботі проводиться аналіз завантаженості електричних мереж, з метою виявлення ділянок з найбільшим навантаженням, визначення динаміки зміни завантаження та виявлення можливих проблемних зон. Особливістю електричної мережі 10/0,4 кВ сільського населеного пункту є її довжина та нерівномірна завантаженість підстанцій, що призводить до значного зниження якості напруги за критерієм його відхилення, а також до додаткових втрат потужності та електроенергії в елементах мережі.

Метою даної роботи є розробка заходів щодо зниження навантаження електричних мереж 10/0,4 кВ, що дозволить мінімізувати перевантаження системи, зменшити технологічні втрати та забезпечити ефективне регулювання

розподілу електроенергії.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

- Дослідити причини перевантаження електричних мереж і визначити основні фактори, що впливають на їхню роботу.
- Проаналізувати сучасні методи оптимізації електромереж, включаючи автоматизовані системи керування навантаженням.
- Запропонувати технологічні рішення, які дозволять зменшити навантаження на розподільчі станції та трансформаторні підстанції.
- Проаналізувати завантаження трансформаторних підстанцій, побудувати річні графіки навантажень.
- Розглянути докладну динаміку зміни проблемних навантажень ТП по місяцях, побудувати графіки навантажень.

Об'єктом дослідження є розподільчі електричні мережі напругою 10/0,4 кВ.

Предметом дослідження є методи та технології зниження навантаження електромереж з метою підвищення їхньої ефективності та надійності.

У даній роботі застосовано методи математичного моделювання, аналіз режимів роботи електромереж, експериментальні випробування та порівняльний аналіз ефективності оптимізаційних заходів.

На основі проведеного дослідження буде розроблено комплекс заходів, спрямованих на оптимізацію навантаження електричних мереж, що дозволить зменшити енергетичні втрати, підвищити стабільність роботи розподільчих станцій та оптимізувати управління електропостачанням.

Дослідження цієї теми актуальне, оскільки дозволяє оптимізувати роботу електричних мереж, запобігати перевантаженням та збоям в енергопостачанні, а також підвищувати ефективність системи в цілому.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Особливості та значення електричних мереж 10/0,4 кВ як сполучного елемента

Електричні мережі 10/0,4 кВ відіграють важливу роль в системі електропостачання, виконуючи функцію сполучної ланки між високовольтними мережами і кінцевими споживачами. кВ, безпечне для використання в побутових та промислових цілях.

Особливостями мережі 10/0,4 кВ є:

- а) Низька напруга. Використання низької напруги забезпечує безпеку для життя та здоров'я людей, а також зберегти електрообладнання в часіядку.
- б) Розгалужена структура. Мережі охоплюють значні території та забезпечують електроенергією велику кількість споживачів.
- в) Близькість до споживачів. Трансформаторні підстанції, що є основними елементами мереж 10/0,4 кВ, розміщуються поблизу споживачів, що дозволяє знизити втрати під час її передачі.
- г) Різноманітність навантажень. Мережі 10/0,4 кВ живлять різні типи навантажень - від побутових споживачів до промислових підприємств, що пред'являє підвищені вимоги до їх надійності і качність електроенергії.

Сполучна роль мереж 10/0,4 кВ полягає в перетворенні високої напруги, що надходить від підстанцій вищій класів напруги. Забезпечення розподілу електроенергії між окремими споживачами з урахуванням їхньої потужності. Передбачені системи релейного захисту, що дозволяють запобігати аварійним ситуаціям.

Електричні мережі 10/0,4 кВ є не лише найважливішою ланкою електроенергетичної системи, а й одним із ключових елементів інфраструктури, що забезпечує комфортне життя та сталий розвиток суспільства. Їхня роль лише зростатиме у зв'язку з постійно зростаючим електроспоживанням, впровадженням нових технологій енергетики.

1.2 Причини перевантаження електричних мереж і визначити основні фактори, що впливають на їхню роботу

Перевантаження електричних мереж є однією з найважливіших проблем сучасної енергетики. Вона виникає через низку факторів серед яких зростання попиту на електроенергію, технічне старіння інфраструктури, нераціональний розподіл навантаження, а також недостатньо ефективне управління електромережами. Детальне дослідження цих причин дозволяє глибше зрозуміти процеси, що відбуваються у системі електропостачання та знайти шляхи їх оптимізації.

Основною причиною перевантаження електромереж є постійне зростання споживання електроенергії, що призводить до збільшення навантаження на трансформаторні підстанції та розподільчі лінії з підвищеними втратами електроенергії. Особливо гостро ця проблема проявляється у міських агломераціях, де високий рівень урбанізації спричиняє збільшення попиту на електроенергію, зокрема у години пікового навантаження.

Старіння електроенергетичної інфраструктури також відіграє значну роль у створенні перевантаження. Багато електромереж були побудовані десятки років тому без врахування сучасних вимог до енергетичного споживання. Це призводить до зношення обладнання, обмеження пропускної здатності мережі, зниження ефективності електропостачання та збільшення ризику аварійних ситуацій.

Нераціональний розподіл навантаження також впливає на ефективність роботи електричних мереж. Особливо це помітно у випадках, коли окремі ділянки мережі отримують надмірне навантаження, тоді як інші залишаються недостатньо використаними. У такій ситуації електромережа працює неефективно, а перевантажені ділянки страждають від перегріву, падіння напруги та збільшених втрат електроенергії.

Ще одним важливим фактором є недостатньо ефективне управління режимами роботи електричних мереж. Це може включати відсутність або

недостатню розвиненість автоматизованих систем моніторингу й управління які дозволяють контролювати споживання електроенергії та ефективно розподіляти навантаження Використання сучасних цифрових технологій може суттєво підвищити ефективність роботи електричних мереж знижуючи навантаження на критичні елементи системи

Зміни кліматичних умов також можуть спричиняти перевантаження електричних мереж Наприклад екстремальні температури влітку чи взимку викликають збільшене використання систем кондиціювання або опалення що веде до суттєвого зростання споживання електроенергії у певні періоди Такі пікові навантаження створюють додаткові виклики для операторів електромереж які повинні забезпечити стабільне електропостачання та мінімізувати ризики відмов у роботі обладнання

Для подолання проблеми перевантаження електричних мереж необхідно розробити комплекс заходів спрямованих на оптимізацію споживання електроенергії модернізацію інфраструктури та застосування сучасних технологій управління Одним із перспективних рішень є впровадження інтелектуальних електромереж які дозволяють динамічно регулювати навантаження на основі реальних даних про споживання Це дає змогу не лише зменшити перевантаження а й підвищити загальну ефективність розподілу електроенергії

Використання відновлюваних джерел енергії може також сприяти зниженню навантаження на електромережі Особливо актуальним є інтеграція локальних генеруючих станцій таких як сонячні або вітрові установки що дозволяє забезпечити додаткове джерело енергії та знизити потребу в традиційних генераторах Використання енергоакumuлюючих систем також дає змогу ефективно керувати споживанням розподіляючи навантаження рівномірно упродовж доби

Модернізація електромережі має включати також оновлення трансформаторних підстанцій із впровадженням нових технологій що підвищують їхню енергоефективність та стабільність Це може охоплювати

використання більш сучасних трансформаторів систем активного управління напругою а також автоматизованих механізмів перемикавання навантаження

Підсумовуючи можна зробити висновок що перевантаження електричних мереж є складною проблемою яка потребує системного підходу до її вирішення Основні фактори які впливають на їхню роботу включають зростання енергоспоживання старіння інфраструктури неефективний розподіл навантаження недостатній рівень автоматизації управління та вплив кліматичних умов

Розв'язання цієї проблеми можливе шляхом застосування інноваційних технологій модернізації електричних мереж інтелектуальних систем управління альтернативних джерел енергії та ефективного розподілу навантаження Комплексний підхід до вирішення даного питання дозволить не лише знизити перевантаження але й підвищити ефективність стабільність та надійність електропостачання у сучасних умовах зростаючого попиту на електроенергію

1.3 Сучасні методи оптимізації електромереж, включаючи автоматизовані системи керування навантаженням

Оптимізація електричних мереж є важливим напрямком розвитку сучасної енергетики Вона дозволяє підвищити ефективність розподілу електроенергії зменшити втрати та забезпечити стабільність роботи системи Зростання навантаження на електромережі впровадження відновлюваних джерел енергії та необхідність інтеграції цифрових технологій вимагають застосування нових методів управління

Сучасні електромережі стикаються з низкою викликів серед яких перевантаження нестабільність напруги втрати електроенергії та складнощі інтеграції нових джерел енергії Для вирішення цих проблем застосовуються різні методи оптимізації

Інтелектуальні електромережі дозволяють автоматизувати процеси управління зменшити втрати та підвищити ефективність розподілу

електроенергії Вони включають автоматизовані системи моніторингу розподілені системи зберігання енергії та інтеграцію цифрових технологій для прогнозування споживання

Одним із прикладів успішного впровадження інтелектуальних мереж є проект Smart Grid у Німеччині який дозволяє ефективно керувати розподілом електроенергії між споживачами та виробниками Використання цифрових платформ для аналізу даних у реальному часі допомагає зменшити перевантаження мережі та підвищити її стабільність

Автоматизовані системи керування навантаженням дозволяють ефективно розподіляти потужність між різними сегментами мережі зменшуючи ризик перевантаження Вони включають системи автоматичного регулювання напруги прогнозування навантаження та оптимізацію роботи трансформаторних підстанцій

Розподілені енергетичні ресурси такі як сонячні та вітрові електростанції допомагають зменшити навантаження на центральні мережі Вони дозволяють знизити пікові навантаження підвищити енергоефективність та забезпечити гнучке управління розподілом потужності

Цифровізація електромереж дозволяє підвищити точність управління та зменшити втрати електроенергії Використання інтернету речей блокчейн технологій та хмарних платформ сприяє ефективному аналізу та прогнозуванню навантаження

У США активно розвивається концепція цифрових електромереж з використанням IoT технологій що дозволяє операторам електромереж отримувати дані про стан системи в реальному часі та оперативно реагувати на зміни у навантаженні Це сприяє зменшенню аварійних ситуацій та підвищенню ефективності розподілу електроенергії

Оптимізація електромереж дозволяє зменшити витрати на експлуатацію та підвищити рентабельність енергетичних компаній Вона сприяє підвищенню стабільності роботи системи зниженню втрат електроенергії та покращенню якості електропостачання

1.4 Технологічні рішення, які дозволять зменшити навантаження на розподільчі станції та трансформаторні підстанції

Зростання навантаження на електричні мережі є однією з ключових проблем сучасної енергетики. Перевантаження розподільчих станцій та трансформаторних підстанцій призводить до зниження ефективності електропостачання, підвищення втрат електроенергії та скорочення терміну експлуатації обладнання. Впровадження технологічних рішень для оптимізації роботи електромереж дозволяє зменшити навантаження, підвищити стабільність системи та забезпечити ефективний розподіл електроенергії.

Перевантаження розподільчих станцій та трансформаторних підстанцій виникає через низку факторів, серед яких зростання споживання електроенергії у промисловому та житловому секторах, нерівномірний розподіл навантаження між різними сегментами мережі, відсутність автоматизованих систем управління для регулювання потоків потужності, старіння електроенергетичної інфраструктури, що обмежує її пропускну здатність.

Використання інтелектуальних електромереж дозволяє автоматизувати процеси управління, зменшити втрати та підвищити ефективність розподілу електроенергії. Основні компоненти інтелектуальних мереж включають автоматизовані системи моніторингу для аналізу стану мережі в реальному часі, розподілені системи зберігання енергії, що допомагають балансувати навантаження, інтеграцію цифрових технологій для прогнозування споживання та оптимізації розподілу потужності.

Автоматизовані системи керування дозволяють ефективно розподіляти навантаження між різними сегментами мережі, зменшуючи ризик перевантаження. Основні методи включають системи автоматичного регулювання напруги для стабілізації параметрів електропостачання, прогнозування навантаження на основі аналізу історичних даних та алгоритмів машинного навчання, оптимізацію роботи трансформаторних підстанцій шляхом автоматичного перемикавання режимів роботи.

Використання розподілених енергетичних ресурсів таких як сонячні та вітрові електростанції дозволяє зменшити навантаження на центральні мережі Основні переваги включають зниження пікових навантажень шляхом використання локальних джерел енергії підвищення енергоефективності завдяки інтеграції систем накопичення енергії гнучке управління розподілом потужності через цифрові платформи

Використання цифрових технологій дозволяє підвищити точність управління та зменшити втрати електроенергії Основні технології включають системи інтернету речей для моніторингу стану мережі блокчейн технології для забезпечення прозорості розподілу електроенергії хмарні платформи для аналізу та прогнозування навантаження

Економічна ефективність оптимізації електромереж дозволяє зменшити витрати на експлуатацію та підвищити рентабельність енергетичних компаній Основні економічні переваги включають зниження витрат на технічне обслуговування підвищення стабільності роботи системи зменшення втрат електроенергії

Оптимізація електромереж є важливим напрямком розвитку сучасної енергетики Вона дозволяє підвищити ефективність розподілу електроенергії зменшити втрати та забезпечити стабільність роботи системи Впровадження інтелектуальних електромереж автоматизованих систем керування розподілених енергетичних ресурсів та цифрових технологій сприяє зниженню навантаження на розподільчі станції та трансформаторні підстанції

1.5 Висновки до розділу 1

У цьому розділі досліджено основні аспекти перевантаження електричних мереж визначено його причини та запропоновано технологічні рішення для оптимізації роботи електромереж

Виявлено що зростання попиту на електроенергію технічне старіння обладнання нерівномірний розподіл навантаження та недостатня автоматизація

керування є основними факторами що впливають на ефективність роботи електромереж

Розглянуто сучасні методи оптимізації зокрема впровадження інтелектуальних електромереж автоматизованих систем керування розподілених джерел енергії та цифрових технологій що дозволяють стабілізувати роботу електромереж

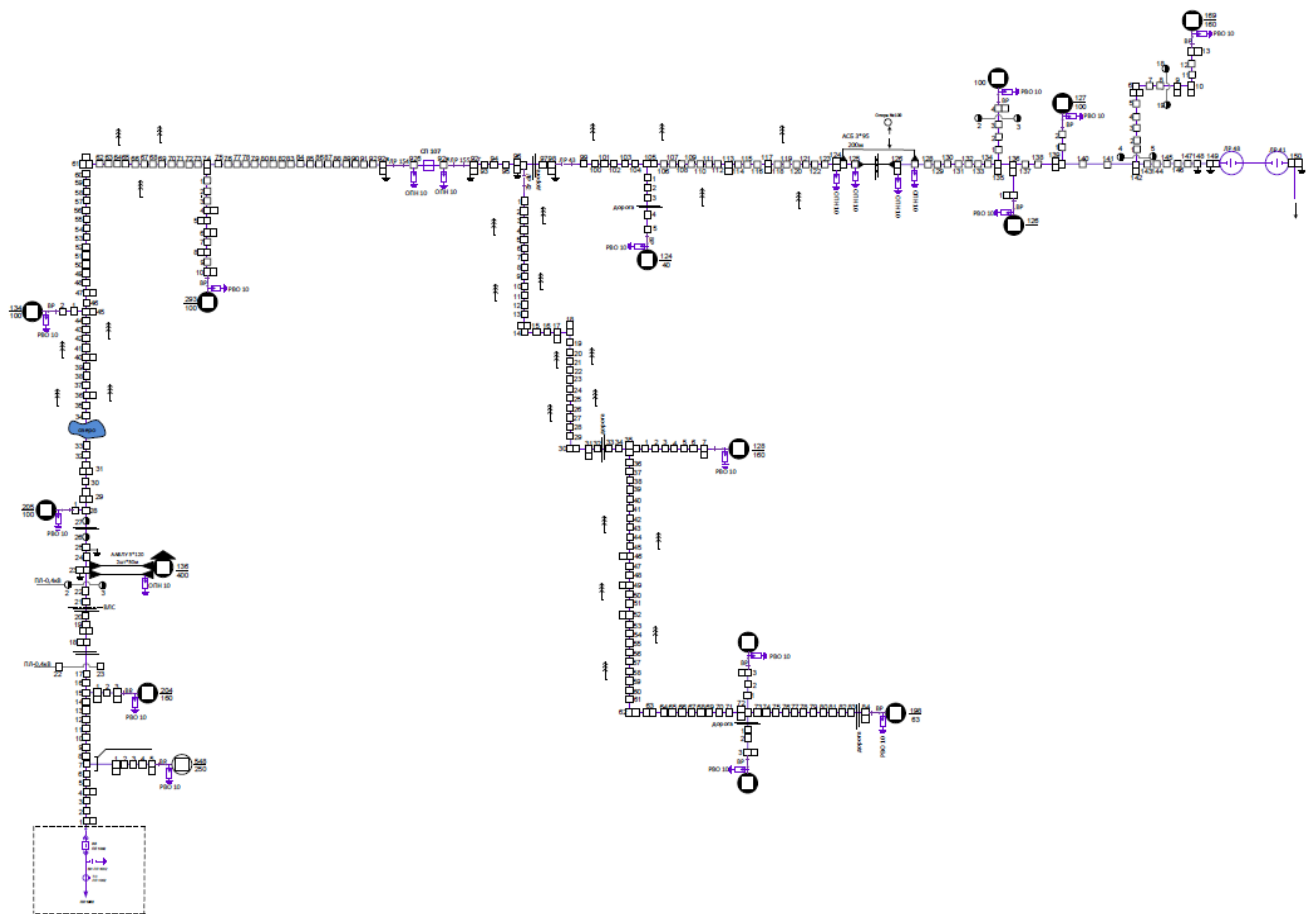
Запропоновано рішення спрямовані на зменшення навантаження на розподільчі станції серед яких модернізація трансформаторних підстанцій інтеграція накопичувальних систем енергії та прогнозування навантаження завдяки аналітичним платформам

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок освітлення

Електропостачання селища відбувається повітряними лініями від ПС 35/10 кВ, а також резервною лінією від підстанції 110/35/10 кВ. Як основні джерела електропостачання використовуються одностансформаторні підстанції (ТП) напругою 10/0,4 кВ, підключені до повітряних ліній електропередачі (ПЛ) 10 кВ..

Схему досліджуваних трансформаторних підстанцій представлено на рис. 2.1.



Перелік підстанцій та потужності трансформаторів наведено у табл. 2.1

Рисунок 1.1 – Схема трансформаторних підстанцій

Таблиця 2.1 – Перелік підстанцій та потужності трансформаторів

Найменування ТП (КТП)	Потужність ТП, кВА
ТП 256-15	100
ТП 256-16	100
ТП 256-17	100
ТП 256-18	100
ТП 256-19	100
ТП 256-20	250
ТП 256-21	250
ТП 256-22	25
ТП 256-23	400
ТП 256-25	400
ТП 256-26	400
ТП 256-27	400
ТП 256-28	250
ТП 256-42	250
ТП 257-01	160
ТП 258-01	400
ТП 258-04	400
ТП 258-05	250

Лінії 10 кВ (фідери) – використовуються для передачі електроенергії від підстанцій до кінцевих споживачів. Зазвичай фідери розрізняються за номером їх підключенням до трансформаторних підстанцій (ТП) або підключених ділянок. Лінія 10 кВ забезпечує досить високу напругу передачі енергії на довгі відстані без значних втрат, що дозволяє ефективно жити різні райони і споживачів.

У табл. 2.2 вказані фідери та підключені до них одностансформаторні підстанції.

Таблиця 2.1 – Список ТП, підключених до фідерів.

Фідер	ТП
257	ТП 257-01
256	ТП 256-15
	ТП 256-16
	ТП 256-17
	ТП 256-18
	ТП 256-19
	ТП 256-20
	ТП 256-21
	ТП 256-22
	ТП 256-23
	ТП 256-25
	ТП 256-26
	ТП 256-27
258	ТП 256-28
	ТП 256-42
	ТП 258-01
	ТП 258-03
	ТП 258-04
	ТП 258-05

2.2 Аналіз річної завантаженості ТП

У цьому розділі проведемо детальний аналіз річного завантаження трансформаторних підстанцій. Аналіз буде заснований на даних про споживану потужність, час роботи ТП, а також інші показники

Результати аналізу матимуть важливе значення для:

А) Оцінки ефективності роботи ТП

Аналіз дозволить дізнатися, наскільки ефективно використовується потужність ТП.

Б) Планування розвитку електропостачання

Аналіз дозволить визначити потребу у збільшенні потужності трансформаторів, установці додаткових трансформаторів.

В) Підвищення надійності електропостачання

Аналіз дозволить виявити потенційні проблеми з перевантаженням ТП, що дозволить своєчасно вжити заходів для їх усунення та підвищити надійність електропостачання селища

Розглянемо ТП 256-15 та проведемо аналіз завантаження ТП за роками

У табл. 2.3 наведено реєстр споживаної електроенергії споживачами ТП 256-15 з 2019 до 2024 року.

Таблиця 2.3 – Споживана електроенергія ТП 256-15 за роками (кВт·год)

Рік	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ΔW (кВт·год)	2 845	6 555	25 060	23 921	22 730	63 404

Виходячи зі споживання електроенергії, можна визначити завантаження підстанцій, використовуючи формулу:

$$P_1 = \frac{\Delta W}{T_p}$$

де T_p – річний час роботи ТП, $T_p = 4320$ год;

ΔW – сумарне енергоспоживання споживачами за 2019 рік
 $\Delta W = 2845$ кВт·год;

$$P_1 = \frac{2845}{4320} = 0,66 \text{ кВт} - \text{для 2019 року.}$$

Аналогічно розрахуємо P для інших років і зведемо таблицю 2.4

Таблиця 2.4 – Споживна електроенергія споживачами ТП 256-15 (кВт)

Рік	2019	2020	2021	2022	2023	2024
P (кВт)	0.66	1.52	5.80	5.54	5.26	14.68

Розрахуємо повну споживану потужність ТП:

$$S_{\text{спож}} = \frac{P_{\text{спож}}}{\cos \varphi},$$

де $\cos \varphi = 0,9$ (для всіх ТП)

$$P_{\text{спож}} = 0,66 \text{ кВт}$$

$$S_{\text{спож}} = \frac{0,66}{0,9} = 0,73 \text{ кВА}$$

Аналогічно розрахуємо повну споживану потужність для інших років і зведемо в табл. 2.5

Таблиця 2.5 – Споживана електроенергії споживачів ТП 256-15 (кВА)

Рік	2019	2020	2021	2022	2023	2024
P (кВА)	0.73	1.69	6.45	6.15	5.85	16.31

Визначимо коефіцієнт завантаження ТП 256-15 у 2019 році:

$$K_3 = \frac{S_{\text{спож}}}{S_{\text{ном}}} = \frac{0,73}{100} = 0,01$$

де $S_{\text{ном}} = 100 \text{ кВА}$, з табл. 2.1

Аналогічно розрахуємо K_3 інших років і зведемо в табл. 2.6

Таблиця 2.6 – Коефіцієнт завантаження ТП 256-15

Рік	2019	2020	2021	2022	2023	2024
K_3	0.01	0.02	0.06	0.06	0.06	0.16

Аналогічно розрахуємо коефіцієнт завантаження для усіх ТП і зведемо в табл. 2.7, крім ТП 256-22, де числиться 1 споживач, який не споживає електроенергію.

Таблиця 2.7 – Розрахунок електричних навантажень ТП та коефіцієнтів завантажень

Найменування ТП	Завантаження	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	2	3	4	5	6	7	8
ТП 256-21	$\Delta W, \text{ кВт} \cdot \text{год}$	0	1900	12123	29004	369554	887766
	$P, \text{ кВт}$	0.00	0.44	2.81	6.71	85.54	205.50
	$S_{\text{спож}}, \text{ кВА}$	0.00	0.49	3.12	7.46	95.05	228.33
	K_3	0.00	0.00	0.01	0.03	0.38	0.91

продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8
ТП 256-25	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	0	9624	149240	1330102	2166558	1283959
	$P, \text{кВт}$	0.00	2.23	34.55	307.89	501.52	297.21
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	0.00	2.48	38.38	342.10	557.24	330.24
	K_3	0.00	0.01	0.10	0.86	1.39	0.83
ТП 256-27	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	0	452	1053	37339	1 117 909	1663496
	$P, \text{кВт}$	0.00	0.10	0.24	8.64	258.78	385.07
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	0.00	0.12	0.27	9.60	287.53	427.85
	K_3	0.00	0.00	0.00	0.02	0.72	1.07
ТП 256-28	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	0	0	0	0	489 241	1742206
	$P, \text{кВт}$	0.00	0.00	0.00	0.00	113.25	403.29
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	0.00	0.00	0.00	0.00	125.83	448.10
	K_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.79
ТП 256-42	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	0	0	0	0	20 715	990727
	$P, \text{кВт}$	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80	229.33
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	0.00	0.00	0.00	0.00	5.33	254.82
	K_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.02
ТП 256-20	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	3804	13280	20350	26180	135993	230992
	$P, \text{кВт}$	0.88	3.07	4.71	6.06	31.48	53.47
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	0.98	3.42	5.23	6.73	34.98	59.41
	K_3	0.00	0.01	0.02	0.03	0.14	0.24
ТП 256-15	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	2845	6555	25060	23921	22730	63404
	$P, \text{кВт}$	0.66	1.52	5.80	5.54	5.26	14.68
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	0.73	1.69	6.45	6.15	5.85	16.31
	K_3	0.01	0.02	0.06	0.06	0.06	0.16
ТП 256-23	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	951	5587	17105	226812	1203024	435080
	$P, \text{кВт}$	0.22	1.29	3.96	52.50	278.48	100.71
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	0.24	1.44	4.40	58.34	309.42	111.90
	K_3	0.00	0.00	0.01	0.15	0.77	0.28

продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8
ТП 256-16	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	116	1340	27697	67897	123846	95908
	$P, \text{кВт}$	0.03	0.31	6.41	15.72	28.67	22.20
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	0.03	0.34	7.12	17.46	31.85	24.67
	K_3	0.00	0.00	0.07	0.17	0.32	0.25
ТП 256-26	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	0	6502	17592	48521	143180	538008
	$P, \text{кВт}$	0.00	1.51	4.07	11.23	33.14	124.54
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	0.00	1.67	4.52	12.48	36.83	138.38
	K_3	0.00	0.00	0.01	0.03	0.09	0.35
ТП 256-17	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	0	0	2860	22236	23612	25188
	$P, \text{кВт}$	0.00	0.00	0.66	5.15	5.47	5.83
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	0.00	0.00	0.74	5.72	6.07	6.48
	K_3	0.00	0.00	0.01	0.06	0.06	0.06
ТП 256-18	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	5359	14354	24556	24419	26074	41757
	$P, \text{кВт}$	1.24	3.32	5.68	5.65	6.04	9.67
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	1.38	3.69	6.32	6.28	6.71	10.74
	K_3	0.01	0.04	0.06	0.06	0.07	0.11
ТП 257-01	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	105799	92234	91247	105298	88 275	117075
	$P, \text{кВт}$	24.49	21.35	21.12	24.37	20.43	27.10
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	27.21	23.72	23.47	27.08	22.70	30.11
	K_3	0.17	0.15	0.15	0.17	0.14	0.19
ТП 258-01	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	193773	191021	226799	233549	300 929	281913
	$P, \text{кВт}$	44.85	44.22	52.50	54.06	69.66	65.26
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	49.84	49.13	58.33	60.07	77.40	72.51
	K_3	0.12	0.12	0.15	0.15	0.19	0.18
ТП 258-03	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	68437	66008	110162	121735	184 466	265026
	$P, \text{кВт}$	15.84	15.28	25.50	28.18	42.70	61.35
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	17.60	16.98	28.33	31.31	47.44	68.17
	K_3	0.04	0.04	0.07	0.08	0.12	0.17

продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8
ТП 258-04	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	34002	52664	67620	71312	99 018	120036
	$P, \text{кВт}$	7.87	12.19	15.65	16.51	22.92	27.79
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	8.75	13.55	17.39	18.34	25.47	30.87
	K_3	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08
ТП 258-05	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	69695	84135	98611	153386	168 843	194814
	$P, \text{кВт}$	16.13	19.48	22.83	35.51	39.08	45.10
	$S_{\text{спож}}, \text{кВА}$	17.93	21.64	25.36	39.45	43.43	50.11
	K_3	0.07	0.09	0.10	0.16	0.17	0.20

Виділимо трансформаторні підстанції, коефіцієнт завантаження яких перевищує нормальне значення 0,9 для однотрансформаторних ПС у таблиці 2.8

Таблиця 2.8 – ТП із високим завантаженням

ТП	K_3	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ТП 256-21		0.00	0.00	0.01	0.03	0.38	0.91
ТП 256-25		0.00	0.01	0.10	0.86	1.39	0.83
ТП 256-27		0.00	0.00	0.00	0.02	0.72	1.07
ТП 256-28		0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.79
ТП 256-42		0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.02

Проблеми у зв'язку з перевантаженням електричної мережі можуть виникати через деяких споживачів з кількох причин:

1. Потужність споживання:

Деякі споживачі, такі як промислові підприємства чи великі торгові центри, можуть споживати великі обсяги електроенергії. Якщо потужність споживання цих споживачів не узгоджена з можливостями наявної електричної мережі.

2. Нерівномірне споживання:

Деякі споживачі можуть мати пікові навантаження або використовувати електрообладнання, яке споживає енергію у великій кількості у певні періоди часу.

3. Неєфективне використання електрообладнання:

Деякі споживачі можуть використовувати застаріле або неєфективне електрообладнання, яке споживає більше енергії, ніж потрібно.

4. Несанкціоновані зміни в мережі:

У випадку, якщо споживачі роблять несанкціоновані зміни в електричній мережі, наприклад, підключають додаткові пристрої або обладнання без узгодження з енергопостачальною компанією.

Для прикладу візьмемо ТП 256-25 із встановленою потужністю 400 кВА, де підключено 28 споживачів, є 2 фізичні особи, які споживають досить багато електроенергії. Їх споживання з 2022 по 2024 рік вказано у табл. 2.9

Таблиця 2.9 – Фізичні особи, які споживають великий обсяг електроенергії.

Споживач	Споживання	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Фізична особа 236	$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	284 150	962 600	726 508
Фізична особа 250		921 900	1 054 200	392 783
Разом, $\text{кВт} \cdot \text{год}$		1 206 050	2 016 800	1 119 291

Перекладемо споживання фізичних осіб з $\text{кВт} \cdot \text{год}$ в кВА в табл. 2.9

Таблиця 2.10 – Фізичні особи, які споживають більшу потужність (кВт)

Споживач	Споживання	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Фізична особа 236	$P_{\text{спож}}, \text{ кВт}$	65.78	222.82	168,17
Фізична особа 250		213.40	244.03	90,92
Разом, кВт		279,18	279.18	466.85

Споживання електроенергії фізичними особами 236 та 250 відрізняється значною нерівномірністю як протягом року, так і між роками, при заявленій максимальній потужності 150 кВт

Максимальне споживання лише двома особами за 2023 рік становило 466.85 кВт, якщо переводити на повну потужність, виходить 518.72 кВА. Що є 129 % від встановленої потужності (400 кВА) лише на два споживачі.

Проаналізуємо завантаження ТП за графіками завантаження за роками.

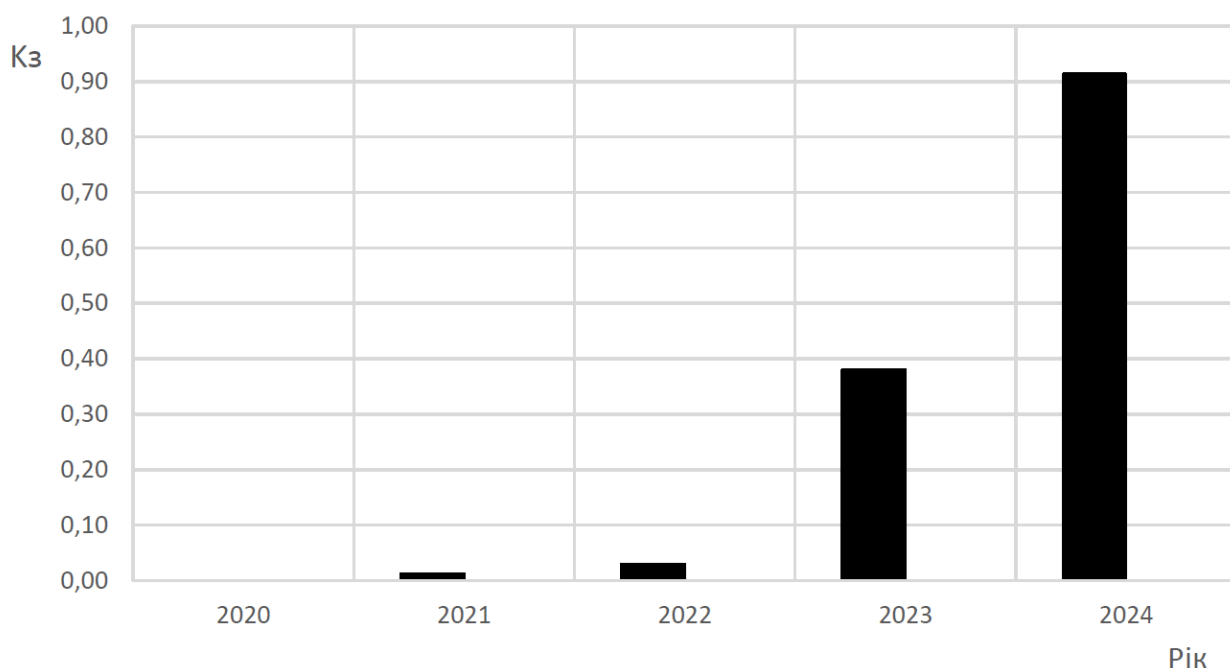


Рисунок 2.2 – Коефіцієнт завантаження ТП 256-21

Споживачі почали підключатися до ТП у 2020 році і до 2020 року їх було мало. В 2023 відбувається стрибок завантаження до 0,38, але на наступний рік знову різкий стрибок, але вже до 0,91.

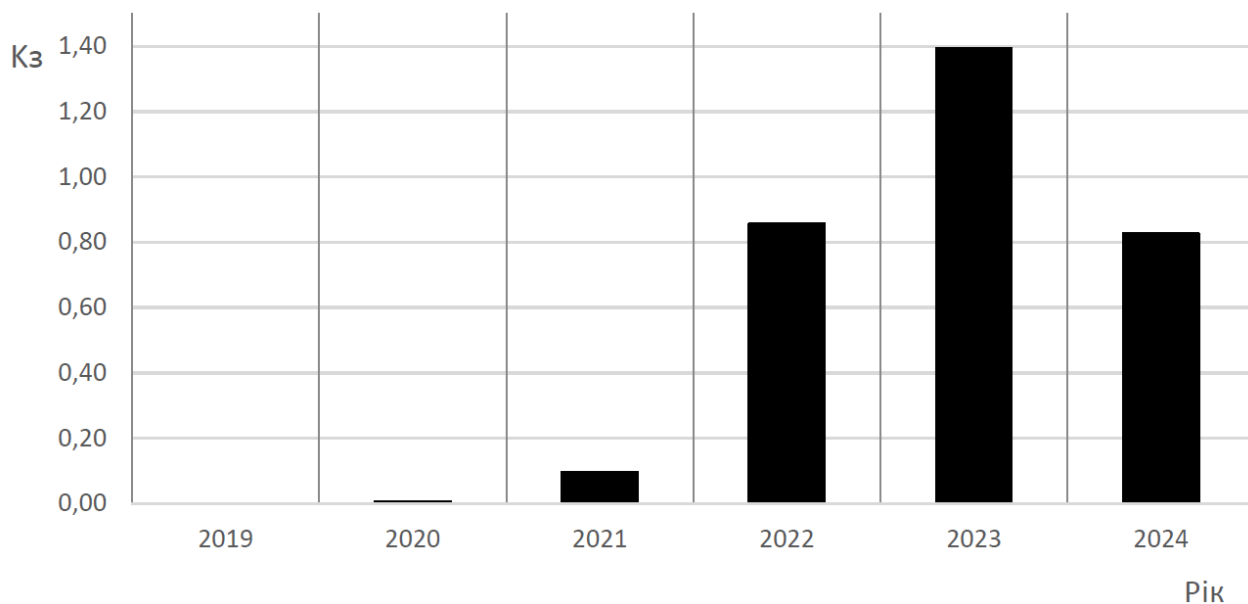


Рисунок 2.3 – Коефіцієнт завантаження ТП 256-25

ТП до 2019 року працювала в холосту, але в 2022 році різкий стрибок до 0,86 і в 2023 досягає свого піку в 1,39, в 2024 провели заходи щодо зниження завантаження, та вона знизилася до 0,83.

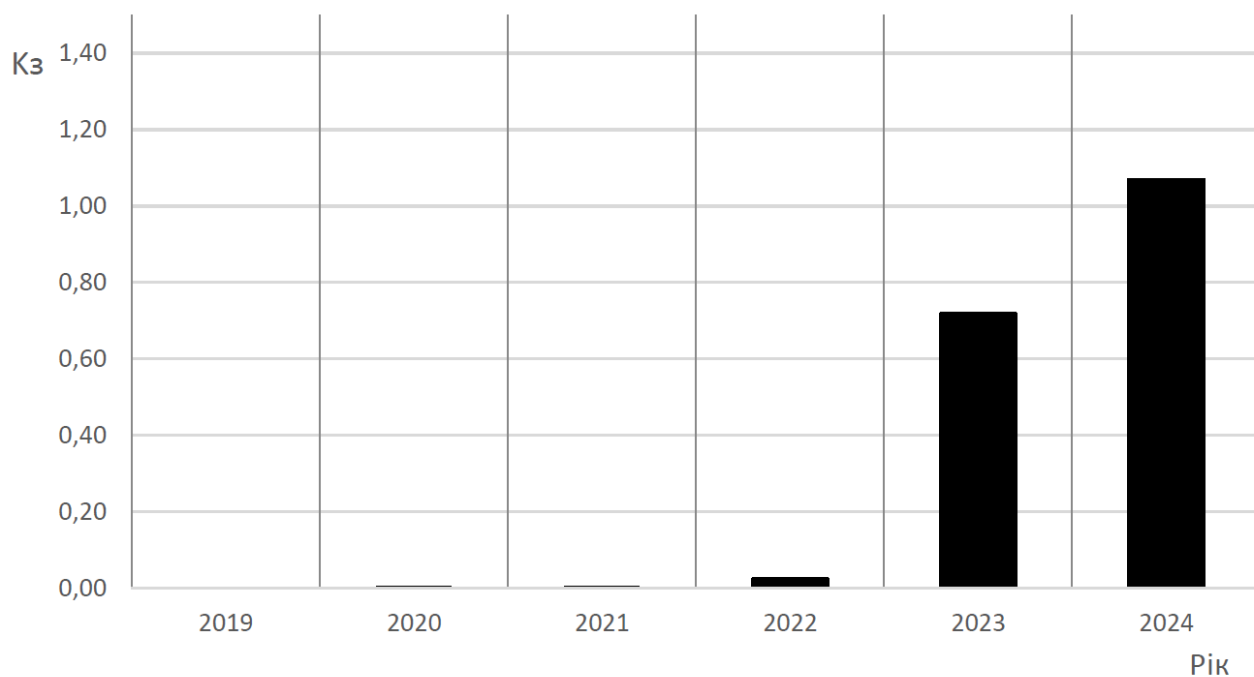


Рисунок 2.4 – Коефіцієнт завантаження ТП 256-27

Ця ТП почала завантажуватися з 2022 року і різкими стрибками досягла піку 1,07 у 2024 році.

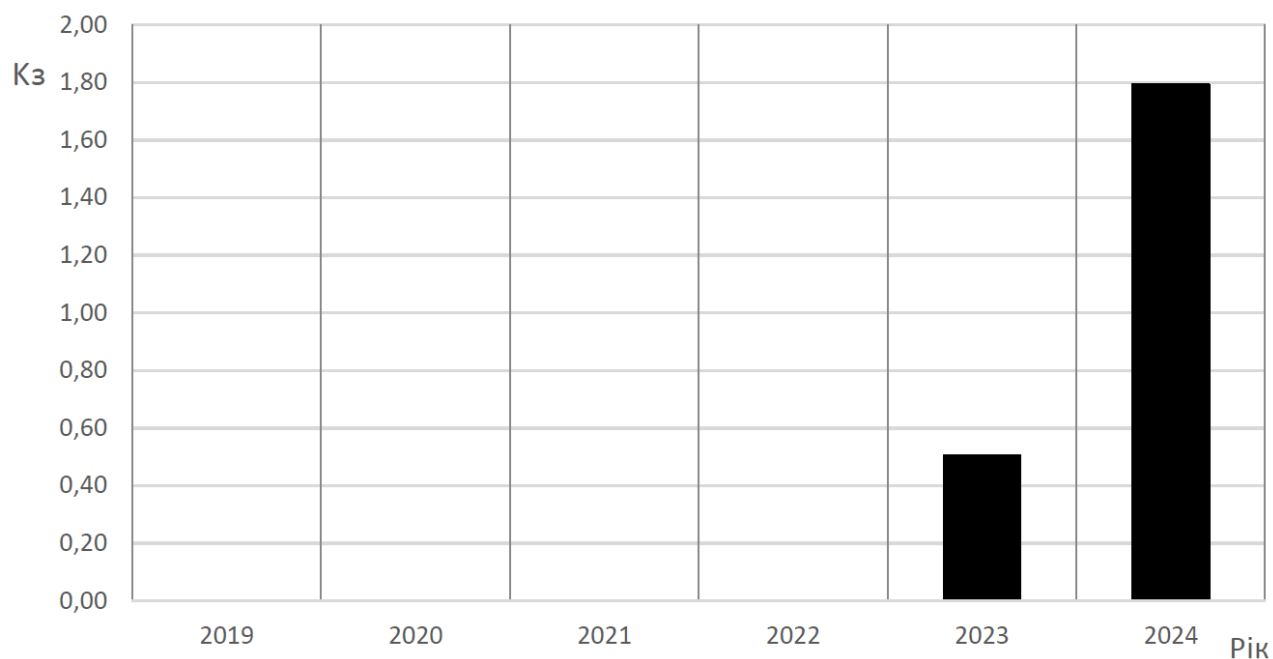


Рисунок 2.5 – Коефіцієнт завантаження ТП 256-28

Завантаження ТП також почало збільшуватися стрибками з 2023 року та в 2023 році склала значну позначку в 1,79

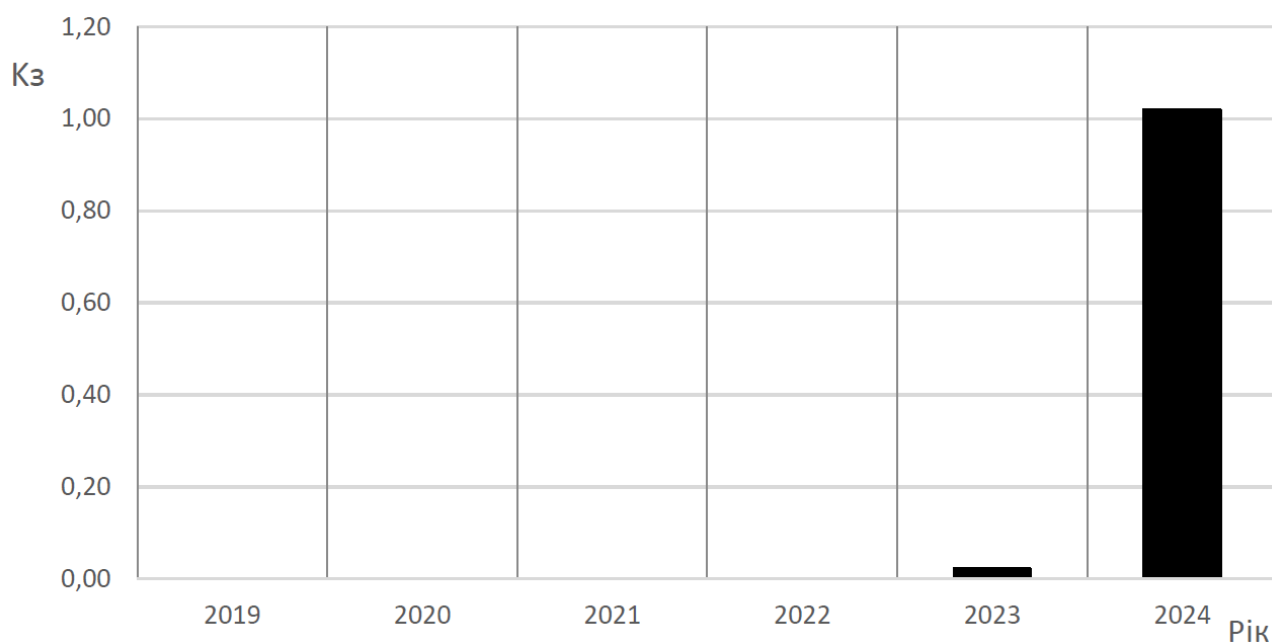


Рисунок 2.6 – Коефіцієнт завантаження ТП 256-42

Виходячи з проаналізованих даних, можна сказати, що в сел. Ташеба відбувається збільшення завантаження, що виходять за межі встановленої потужності ТП у їхньому нормальному режимі роботи.

2.3 Аналіз динаміки зміни навантажень проблемних трансформаторних підстанцій на місяці

Для всебічного аналізу завантаженості електричних мереж необхідно вивчити динаміку зміни навантажень на трансформаторних підстанціях протягом місяців

Особливу увагу приділимо перевантаженим ТП, оскільки саме вони найбільше схильні до ризику виникнення аварійних ситуацій та зниження якості електропостачання.

Як приклад розглянемо динаміку змін навантаження ТП 0107-21 за період з жовтня 2020 року по грудень 2024 року.

Таблиця 2.11 – Щомісячне споживання електроенергії ТП 256-21

Дата	$P_{\text{спож}},$ кВт·год	$P_{\text{спож}},$ кВт	$S_{\text{спож}},$ кВА	K_3
1	2	3	4	5
Жов.20	569	1.58	1.76	0.01
Лис.20	163	0.45	0.50	0.00
Гру.20	1159	3.22	3.58	0.01
Січ.21	362	1.01	1.12	0.00
Лют.21	339	0.94	1.04	0.00
Бер.21	57	0.16	0.18	0.00
Кві.21	1241	3.45	3.83	0.02
Тра.21	902	2.51	2.79	0.01
Чер.21	299	0.83	0.92	0.00
Лип.21	0	0.00	0.00	0.00
Сер.21	2610	7.25	8.06	0.03
Вер.21	856	2.38	2.64	0.01
Жов.21	848	2.36	2.62	0.01
Лис.21	1720	4.78	5.31	0.02
Гру.21	3003	8.34	9.27	0.04
Січ.22	3042	8.45	9.39	0.04
Лют.22	2971	8.25	9.17	0.04
Бер.22	1151	3.20	3.56	0.01
Кві.22	4007	11.13	12.37	0.05
Тра.22	3194	8.87	9.86	0.04
Чер.22	1331	3.70	4.11	0.02
Лип.22	2611	7.25	8.06	0.03
Сер.22	1611	4.48	4.98	0.02
Вер.22	1126	3.13	3.48	0.01
Жов.22	620	1.72	1.91	0.01
Лис.22	4814	13.37	14.86	0.06
Гру.22	2526	7.02	7.80	0.03
Січ.23	2426	6.74	7.49	0.03
Лют.23	2382	6.62	7.36	0.03
Бер.23	2459	6.83	7.59	0.03
Кві.23	8156	22.66	25.18	0.10
Тра.23	3245	9.01	10.01	0.04
Чер.23	38534	107.04	118.93	0.48
Лип.23	30992	86.09	95.66	0.38
Сер.23	117044	325.12	361.24	1.44
Вер.23	49989	138.86	154.29	0.62
Жов.23	49190	136.64	151.82	0.61
Лис.23	54040	150.11	166.79	0.67
Гру.23	11097	30.83	34.26	0.14

продовження таблиці 2.11

1	2	3	4	5
Січ.24	34814	96.71	107.46	0.43
Лют.24	54882	152.45	169.39	0.68
Бер.24	70628	196.19	217.99	0.87
Кві.24	66908	185.86	206.51	0.83
Тра.24	95528	265.36	294.84	1.18
Чер.24	117964	327.68	364.09	1.46
Лип.24	85148	236.52	262.80	1.05
Сер.24	8146	22.63	25.14	0.10
Вер.24	53987	149.96	166.62	0.67
Жов.24	87616	243.38	270.42	1.08
Лис.24	113199	314.44	349.38	1.40
Гру.24	98946	274.85	305.39	1.22

Дані про споживання зведемо в гістограму навантажень (рис. 2.6)

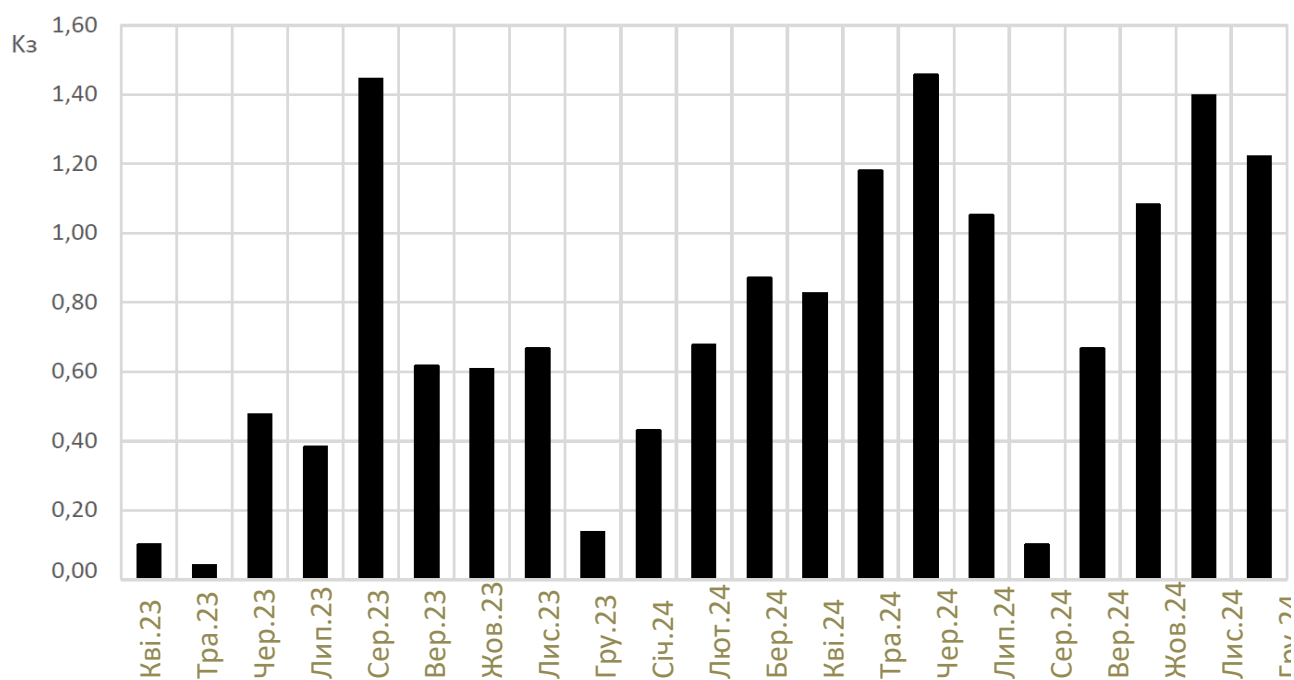


Рисунок 2.7 – Гістограма щомісячного завантаження ТП 256-21

По гістограмі завантаження видно, що завантаження трансформатора ТП 25621 перевищує нормальні значення нерівномірно протягом 6 місяців, особливо стрибки з липня 2023 по серпень 2023 (з 0,38), з квітня 2024 по липень 2024, де в піку було завантаження 1,46, з вересня 2024 по грудень 2024, де було стабільно завантаження вище 1 і більше.

Розглянемо ТП 256-25 з червня 2020 по грудень 2024 року.

Таблиця 2.12 – Щомісячне споживання ТП 256-25

Дата	$P_{\text{спож}},$ кВт · год	$P_{\text{спож}},$ кВт	$S_{\text{спож}},$ кВА	K_3
1	2	3	4	5
Чер.20	514	1.43	1.59	0.00
Лип.20	413	1.15	1.27	0.00
Сер.20	778	2.16	2.40	0.01
Вер.20	778	2.16	2.40	0.01
Жов.20	1116	3.10	3.44	0.01
Лис.20	207	0.58	0.64	0.00
Гру.20	8464	23.51	26.12	0.07
Січ.21	7774	21.59	23.99	0.07
Лют.21	21912	60.87	67.63	0.19
Бер.21	10511	29.20	32.44	0.09
Кві.21	8159	22.66	25.18	0.07
Тра.21	8922	24.78	27.54	0.08
Чер.21	2081	5.78	6.42	0.02
Лип.21	3280	9.11	10.12	0.03
Сер.21	3280	9.11	10.12	0.03
Вер.21	11771	32.70	36.33	0.10
Жов.21	6456	17.93	19.93	0.06
Лис.21	19386	53.85	59.83	0.17
Гру.21	49870	138.53	153.92	0.43
Січ.22	48730	135.36	150.40	0.42
Лют.22	95693	265.81	295.35	0.82
Бер.22	97093	269.70	299.67	0.83
Кві.22	89028	247.30	274.78	0.76
Тра.22	92023	255.62	284.02	0.79
Чер.22	91019	252.83	280.92	0.78
Лип.22	99148	275.41	306.01	0.85
Сер.22	75698	210.27	233.64	0.65
Вер.22	74046	205.68	228.54	0.63
Жов.22	148975	413.82	459.80	1.28
Лис.22	244095	678.04	753.38	2.09
Гру.22	174554	484.87	538.75	1.50
Січ.23	223044	619.57	688.41	1.91
Лют.23	177023	491.73	546.37	1.52
Бер.23	206084	572.46	636.06	1.77
Кві.23	218955	608.21	675.79	1.88
Тра.23	78823	218.95	243.28	0.68
Чер.23	164769	457.69	508.55	1.41
Лип.23	199440	554.00	615.56	1.71
Сер.23	184951	513.75	570.84	1.59

продовження таблиці 2.12

1	2	3	4	5
Вер.23	180528	501.47	557.19	1.55
Жов.23	198169	550.47	611.63	1.70
Лис.23	141902	394.17	437.97	1.22
Гру.23	192870	535.75	595.28	1.65
Січ.24	208244	578.46	642.73	1.79
Лют.24	209042	580.67	645.19	1.79
Бер.24	177993	494.43	549.36	1.53
Кві.24	186204	517.23	574.70	1.60
Тра.24	110267	306.30	340.33	0.95
Чер.24	198455	551.26	612.52	1.70
Лип.24	185490	515.25	572.50	1.59
Сер.24	59667	165.74	184.16	0.51
Вер.24	97382	270.51	300.56	0.83
Жов.24	94756	263.21	292.46	0.81
Лис.24	37101	103.06	114.51	0.32
Гру.24	28204	78.34	87.05	0.24

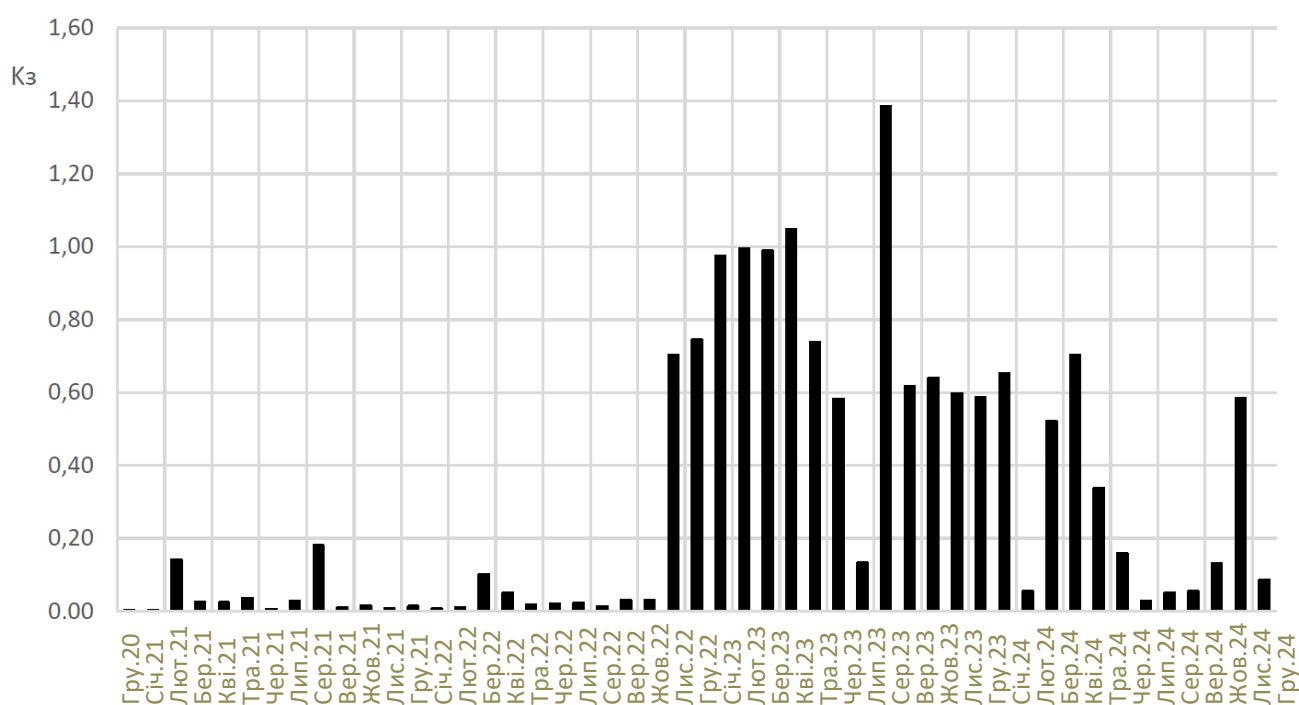


Рисунок 2.8 – Гістограма щомісячного завантаження ТП 256-25

За гістограмою завантаження видно, що основна експлуатація ТП 256-25 почалася з листопада 2022 року і відразу в зимовий період часу навантаження було стабільно вище 0,9 і впало у травні 2023 року, до 0,13 у липні 2023 і різким

стрибком піднялася нагору до 1,38 у серпні, далі завантаження нерівномірне, але не перевищувало граничних значень.

Розглянемо ТП 256-27 з квітня 2022 року по грудень 2024 року

Таблиця 2.13 – Щомісячне споживання ТП 256-27

Дата	$P_{\text{спож}},$ кВт · год	$P_{\text{спож}},$ кВт	$S_{\text{спож}},$ кВА	K_3
Кві.22	18612	51.70	57.44	0.14
Тра.22	1312	3.64	4.05	0.01
Чер.22	1494	4.15	4.61	0.01
Лип.22	1332	3.70	4.11	0.01
Сер.22	15	0.04	0.05	0.00
Вер.22	3377	9.38	10.42	0.03
Жов.22	1676	4.66	5.17	0.01
Лис.22	6095	16.93	18.81	0.05
Гру.22	3501	9.73	10.81	0.03
Січ.23	5351	14.86	16.52	0.04
Лют.23	37205	103.35	114.83	0.29
Бер.23	84006	233.35	259.28	0.65
Кві.23	111433	309.54	343.93	0.86
Тра.23	123359	342.66	380.74	0.95
Чер.23	124988	347.19	385.77	0.96
Лип.23	142239	395.11	439.01	1.10
Сер.23	129978	361.05	401.17	1.00
Вер.23	108468	301.30	334.78	0.84
Жов.23	139059	386.28	429.19	1.07
Лис.23	124854	346.82	385.35	0.96
Гру.23	154981	430.50	478.34	1.20
Січ.24	144261	400.73	445.25	1.11
Лют.24	147142	408.73	454.14	1.14
Бер.24	138252	384.03	426.70	1.07
Кві.24	134351	373.20	414.66	1.04
Тра.24	31754	88.21	98.01	0.25
Чер.24	206470	573.53	637.25	1.59
Лип.24	88658	246.27	273.64	0.68
Сер.24	93527	259.80	288.66	0.72
Вер.24	82499	229.16	254.63	0.64
Жов.24	122440	340.11	377.90	0.94
Лис.24	147981	411.06	456.73	1.14
Гру.24	326161	906.00	1006.67	2.52

Розглянемо ТП 256-27 з квітня 2022 року по грудень 2024 року

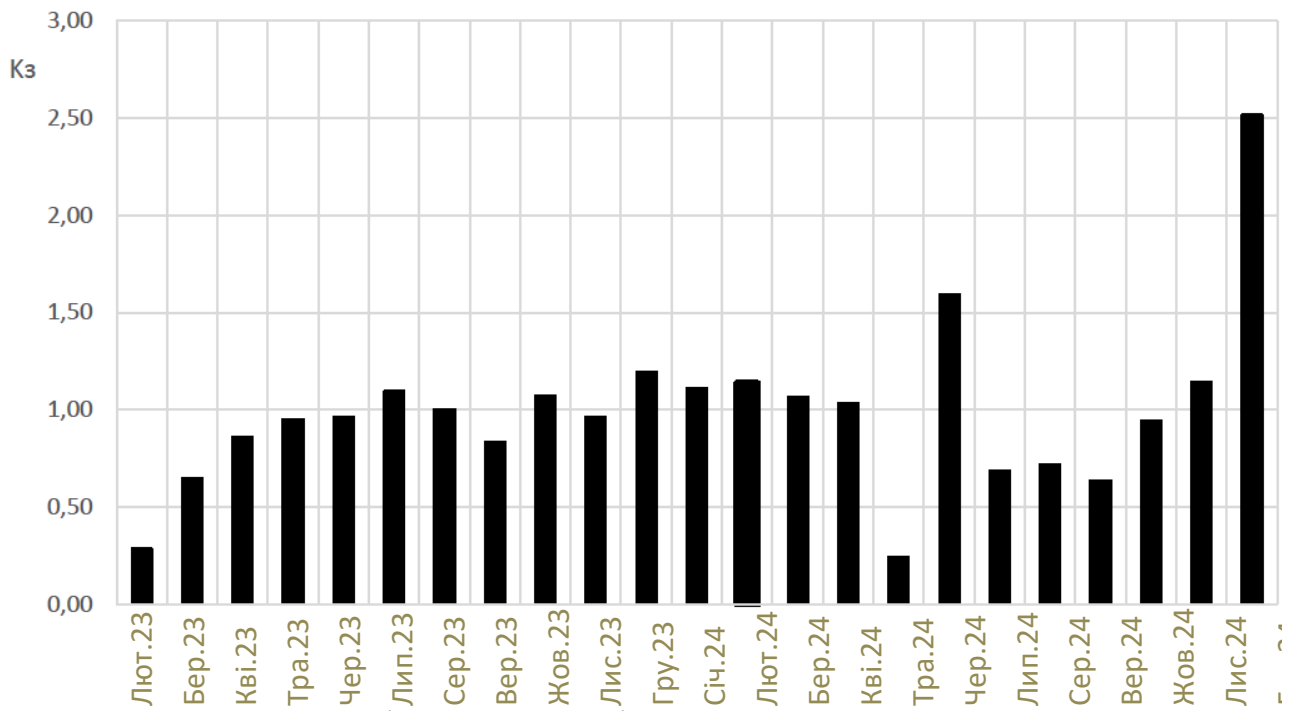


Рисунок 2.9 – Гістограма щомісячного завантаження ТП 256-27

За гістограмою завантаження ТП 256-27 видно, що завантаження з лютого 2023 по квітень 2024 було вище нормальних значень, крім вересня 2023, потім стрибок у червні 2024, потім зменшилася в наступному місяці і почала назад підніматися до свого піку у грудні 2024 року у 2,52.

Розглянемо ТП 256-28 з лютого 2023 по грудень 2024 Таблиця 14 - Щомісячне споживання ТП 256-28

Таблиця 2.14 – Щомісячне споживання ТП 256-28

Дата	$P_{\text{спож}},$ кВт·год	$P_{\text{спож}},$ кВт	$S_{\text{спож}},$ кВА	K_3
1	2	3	4	5
Лют.23	40	0.11	0.12	0.00
Бер.23	2438	6.77	7.52	0.03
Кві.23	0	0.00	0.00	0.00
Тра.23	73	0.20	0.23	0.00
Чер.23	70	0.19	0.22	0.00
Лип.23	73	0.20	0.23	0.00
Сер.23	197124	547.57	608.41	2.43
Вер.23	26557	73.77	81.97	0.33
Жов.23	99608	276.69	307.43	1.23
Лис.23	83792	232.76	258.62	1.03
Гру.23	79466	220.74	245.27	0.98

продовження таблиці 2.14

1	2	3	4	5
Січ.24	78233	217.31	241.46	0.97
Лют.24	77746	215.96	239.96	0.96
Бер.24	72019	200.05	222.28	0.89
Кві.24	77183	214.40	238.22	0.95
Тра.24	75673	210.20	233.56	0.93
Чер.24	121760	338.22	375.80	1.50
Лип.24	468967	1302.69	1447.43	5.79
Сер.24	32365	89.90	99.89	0.40
Вер.24	120615	335.04	372.27	1.49
Жов.24	79548	220.97	245.52	0.98
Лис.24	481603	1337.79	1486.43	5.95
Гру.24	56494	156.93	174.36	0.70

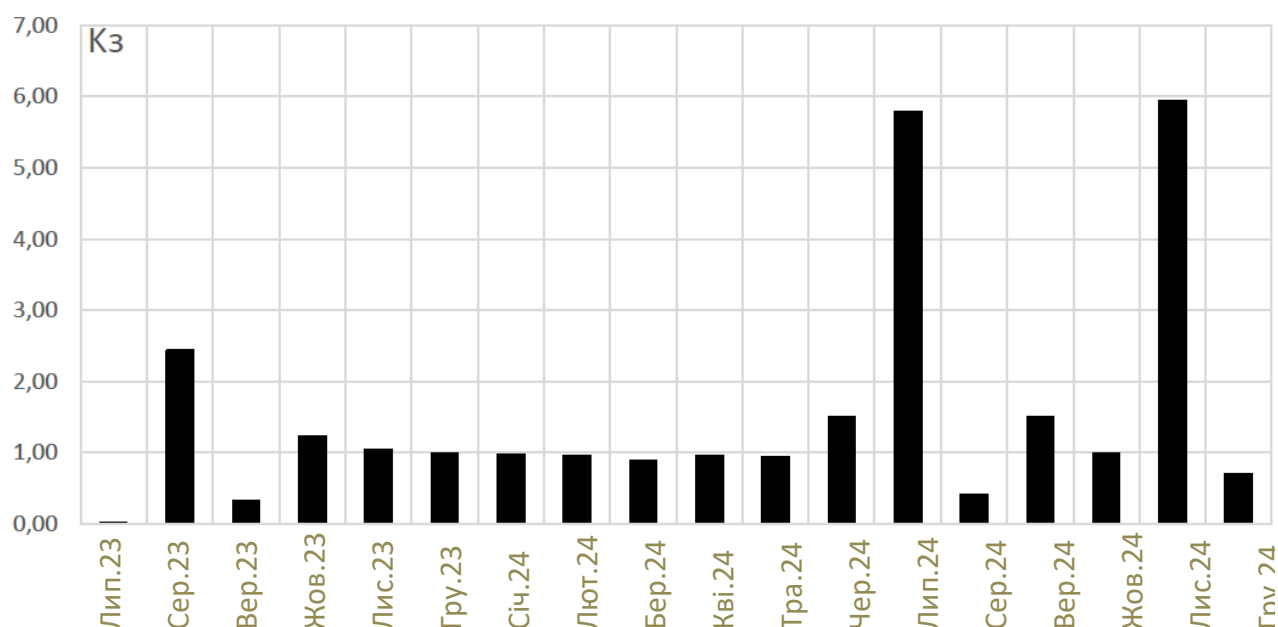


Рисунок 2.10 – Гістограма щомісячного завантаження ТП 256-28

По гістограмі завантаження ТП 256-28 видно 3 різких стрибка в серпні 2023 року в 2,43, в липні 2024 до 5,79 і в листопаді до пікового завантаження 5,95

Розглянемо ТП 256-42 з квітня 2023 по грудень 2024.

Таблиця 2.15 – Щомісячне споживання ТП 256-42

Дата	$P_{\text{спож}},$ кВт · год	$P_{\text{спож}},$ кВт	$S_{\text{спож}},$ кВА	K_3
Кві.23	17	0.05	0.05	0.00
Тра.23	9	0.03	0.03	0.00
Чер.23	14	0.04	0.04	0.00
Лип.23	1147	3.19	3.54	0.01
Сер.23	209	0.58	0.65	0.00
Вер.23	1082	3.01	3.34	0.01
Жов.23	2018	5.61	6.23	0.02
Лис.23	2359	6.55	7.28	0.03
Гру.23	18577	51.60	57.34	0.23
Січ.24	6544	18.18	20.20	0.08
Лют.24	7641	21.23	23.58	0.09
Бер.24	12449	34.58	38.42	0.15
Кві.24	21140	58.72	65.25	0.26
Тра.24	72070	200.19	222.44	0.89
Чер.24	151471	420.75	467.50	1.87
Лип.24	57443	159.56	177.29	0.71
Сер.24	76504	212.51	236.12	0.94
Вер.24	29067	80.74	89.71	0.36
Жов.24	39711	110.31	122.56	0.49
Лис.24	178381	495.50	550.56	2.20
Гру.24	338306	939.74	1044.15	4.18

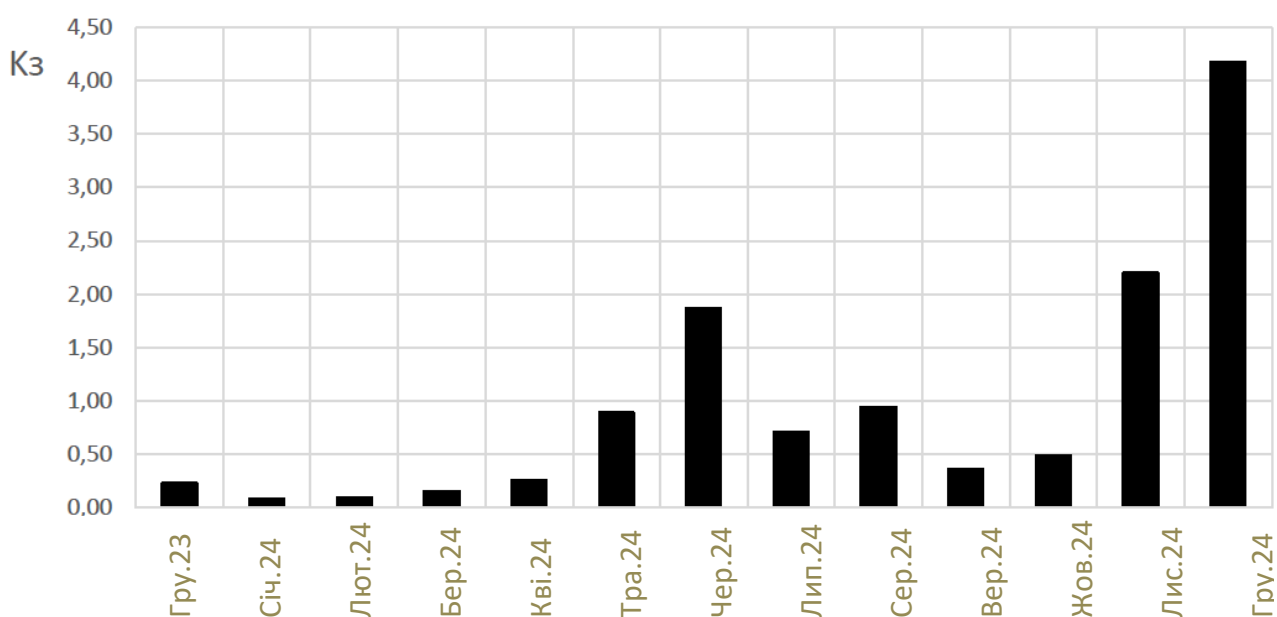


Рисунок 2.11 – Гістограма щомісячного завантаження ТП 256-42

За гістограмою завантаження ТП 256-42 видно, що завантаження в червні 2023 в 1,87 було погашено до 0,71, але в 2 останніх місяцях знову піднялося і не опускалося до 2,2 у листопаді та до 4,18 у грудні 2023 року.

2.4 Висновки до розділу 2

У розрахунковому розділі проведено аналіз електропостачання досліджуваного селища та його структури. Опрацьовано річне завантаження трансформаторних підстанцій та визначено критично перевантажені об'єкти. Виконано розрахунок електричних навантажень та коефіцієнтів завантаження що дозволило оцінити ефективність роботи мережі. Розглянуто динаміку змін навантаження за місяцями що допомогло виявити періоди пікових навантажень та потенційні ризики перегріву трансформаторних станцій. Отримані результати є основою для розробки заходів з оптимізації роботи мережі та підвищення її надійності

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Заходи щодо зниження навантаженості ТП

Аналіз споживання електроенергії показав, що деякі трансформаторні підстанції працюють із перевантаженням. Для зниження навантаження на ТП та підвищення його надійності пропонуються такі технічні заходи:

1. Заміна обладнання:

А) Заміна застарілих трансформаторів:

Оновлення трансформаторів на потужніші та енергоефективні моделі з більш високим ККД. Це дозволить знизити втрати електроенергії та збільшити пропускну спроможність ТП.

Б) Заміна кабелів:

Заміна старих кабелів на нові з великим перетином, щоб знизити втрати напруги та підвищити пропускну здатність мережі.

В) Оновлення розподільчих пристроїв:

Модернізація розподільчих пристроїв (РП) з використанням сучасних комутаційних апаратів та систем автоматичного керування. Це дозволить підвищити надійність та безпеку роботи мережі.

2. Збільшення пропускну здатності мережі:

А) Прокладання додаткових кабелів:

Збільшення перерізу кабелів або прокладання додаткових кабелів для збільшення пропускну здатності мережі, особливо в місцях з високою концентрацією навантаження.

Б) Встановлення додаткових трансформаторів:

Якщо існуюча ТП неспроможна забезпечити необхідну потужність, необхідно встановити додаткові трансформатори. Це дозволить розвантажити існуючий трансформатор та забезпечити надійну подачу електроенергії.

В) Оптимізація схеми електропостачання:

Перерозподіл навантаження між різними ТП, використання альтернативних маршрутів подачі електроенергії, застосування сучасних технологій оптимізації схеми електропостачання.

3. Ремонт та модернізація мережі:

А) Регулярне обслуговування та ремонт електромережевого обладнання:

Проведення профілактичних робіт та своєчасний ремонт обладнання, щоб запобігти аваріям та підвищити надійність роботи мережі.

Б) Модернізація системи управління мережею:

Впровадження систем автоматичного управління мережею (АСУ) для підвищення ефективності та безпеки роботи мережі.

В) Поліпшення якості електроенергії:

Приведення параметрів якості електроенергії у відповідність до нормативних вимог, застосування пристроїв компенсації реактивної потужності для підвищення якості електроенергії.

3.1.1 Компенсація реактивних навантажень ТП

Реактивна потужність - це потужність, яка виникає через спеціальні елементи в електричних ланцюгах, таких як котушки та конденсатори. Вона не виконує роботи, але витрачає енергію створення електричних і магнітних полів.

Ця потужність може викликати проблеми в електричних мережах, такі як збільшені втрати енергії та вищі витрати на електроенергію. Тому компенсація реактивної потужності – це процес усунення цієї зайвої потужності, щоб електрична система працювала більш ефективно, з меншими втратами та економічно вигідніше.

Способи компенсації реактивної потужності:

А) Встановлення конденсаторних батарей;

Б) Синхронні компенсатори;

В) Статичні компенсатори;

Виберемо спосіб компенсації А, , їх переваги:

- 1) Відсутність обертових частин
- 2) Простий монтаж та експлуатація (без фундаменту)
- 3) Відносно невисокі капіталовкладення
- 4) Гнучкий підбір необхідної потужності компенсації
- 5) Можливість встановлення та підключення в будь-якій точці електромережі
- 6) Відсутність шуму під час роботи
- 7) Низькі витрати на експлуатацію

Для прикладу компенсуємо реактивну потужність за допомогою конденсаторної установки на ТП 256-21.

Щоб перевести кВА в кВАр скористаємося формулою:

$$Q_{\Pi} = S_{\Pi} \cdot \sin \varphi$$

де S_{Π} – сумарна споживана повна потужність;

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0,9^2} = 0,4359 = \text{прийmemo для усіх ТП};$$

$$K_3 = 0,91$$

$$Q_{\Pi} = 228,33 \cdot 0,4359 = 99,53 \text{ кВАр}$$

При активній споживаній потужності $P_{\Pi} = 205,5 \text{ кВт}$.

Візьмемо конденсаторну установку $УКРМ - VE - 0,4 - 90 - 15 \text{ УЗ ІР31}$ з потужністю 90 кВАр та з кроком регулювання 15 кВАр .

Визначимо результуючі навантаження ТП:

$$Q_K = Q_{\Pi} - Q_{KV}$$

$$Q_K = 99,53 - 90 = 9,53 \text{ кВАр}$$

$$S_{\Pi} = \sqrt{P_{\Pi}^2 + Q_K^2}$$

$$S_{\Pi} = \sqrt{205,5^2 + 9,53^2} = 205,72 \text{ кВА}$$

Порахуємо коефіцієнт завантаження, з урахуванням компенсації реактивної потужності:

$$K_3 = \frac{205,72}{250} = 0,82 \leq 0,9$$

Зробимо висновок, що доцільно ставити КУ, оскільки K_3 з урахуванням компенсації не перевищує нормального значення для одностансформаторної підстанції.

Аналогічно порахуємо для решти ТП 2024 року та ТП 256-25 у 2023 році при його піковому навантаженні

Таблиця 3.1 – Розрахунок завантаження з урахуванням компенсації реактивної потужності.

Назва ТП	S_{Π} кВА	P_{Π} кВт	Q_{Π} кВАр	КУ	Q_K кВАр	S_P кВА	S_H кВА	K_3
ТП 256-21	228.33	205.5	99.53	УКРМ-VE-0.4-90-15 УЗ ІР31	9.53	205.72	250	0.82
ТП 256-25	557.24	501.52	242.9	УКРМ-VE-0.4-225-25 УЗ ІР31	17.9	501.84	400	1.25
ТП 256-27	427.85	385.07	186.5	УКРМ-VE-0.4-175-25 УЗ ІР31	11.5	385.24	400	0.96
ТП 256-28	448.10	403.29	195.33	УКРМ-VE-0.4-190-10 УЗ ІР31	5.33	403.33	250	1.61
ТП 256-42	254.82	229.33	111.01	УКРМ-VE-0.4-100-10 УЗ ІР31	11.01	229.59	250	0.92

В результаті отримуємо зміну коефіцієнта завантаження трансформаторних підстанцій до і після встановлення компенсуючого пристрою в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Зміна коефіцієнта завантаження до та після встановлення КУ

ТП	K_3 до встановлення КУ	K_3 після встановлення КУ
ТП 256-21	0.91	0.82
ТП 256-25	1.39	1.25
ТП 256-27	1.07	0.96
ТП 256-28	1.79	1.61
ТП 256-42	1.02	0.92

При встановленні КУ необхідно враховувати вартість самої КУ, доцільно ставити при невеликих витратах та хороших результатах, для ТП 256-25 та ТП 256-28 не доцільно ставити конденсаторну установку, тому що вона не сильно впливає на зниження завантаження, а лише збільшить витрати на її встановлення. Для інших варіантів можна подумати про встановлення компенсуючого пристрою.

3.2 Реконструкція електричної мережі 10/0,4 кВ

В якості зниження завантаження можна запропонувати заміну існуючих трансформаторів на ТП.

Розберемо найпроблемніший ТП 256-28, у 2024 році коефіцієнт завантаження становив 1,79, як відомо щороку додаються навантаження та споживачі, що може суттєво вплинути на якість електропостачання та призвести до поломок чи відключень.

3.2.1 Варіант 1 – Заміна трансформатора з врахуванням компенсації реактивної потужності

Вихідні дані ТП 256-28:

ТМ 250/10/0,4

$$Q_{\text{спож}} = 195,33 \text{ кВАр}$$

$$P_{\text{спож}} = 403,29 \text{ кВт}$$

$$S_{\text{спож}} = 448,10 \text{ кВА}$$

По повному споживаному навантаженні вибираємо ТП-630/10/0,4, його параметри вказано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри вибраного трансформатора

Тип	Номінальна потужність, кВА	Номінальна напруга, кВ		Втрати, кВт		Струм хх, %	Напруга кз, %
		ВН	ПН	хх	кз		
ТМ-630/10/0.4	630	10	0.4	1.05	7.6	1.6	5.5

Візьмемо конденсаторну установку УКРМ-VE-0,4-40-2,5УЗ ІР31 з потужністю 40 кВАр та з номінальним струмом 58 А , з кроком регулювання $2,5 \text{ кВАр}$.

Визначимо результуючі навантаження ТП:

$$Q_K = 195,33 - 190 = 5,53 \text{ кВАр}$$

$$S_P = \sqrt{403,29^2 + 5,53^2} = 403,33 \text{ кВА}$$

Порахуємо коефіцієнт завантаження, з урахуванням компенсації реактивної потужності:

$$K_3 = \frac{403,33}{630} = 0,64 \leq 0,9$$

Використовуючи вихідні дані обраного трансформатора, визначимо втрати потужностей на однострансформаторній ПС:

$$\Delta P_T = \Delta P_{XX} \cdot N_{TP} + \frac{K_3^2 \cdot \Delta P_{K3}}{N_{TP}}, \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{XX} \cdot N_{TP} + \frac{K_3^2 \cdot \Delta Q_{нав}}{N_{TP}}, \text{ кВАр}$$

$$\Delta Q_{XX} = \frac{I_{XX} \cdot S_{TP}}{100}$$

$$\Delta Q_{нав} = \frac{U_{K3} \cdot S_{TP}}{100}$$

де ΔP_T – активні втрати потужності в трансформаторі (кВт);

ΔP_{XX} – втрати холостого ходу (кВт);

ΔQ_T – втрати короткого замикання (кВАр);

S_{TP} – номінальна потужність трансформатора (кВА);

P_{XX} – втрати холостого ходу (кВт);

P_{K3} – втрати короткого замикання (кВт);

I_{XX} – струм холостого ходу (%);

U_{K3} – напруга короткого замикання (%).

$$\Delta P_T = \Delta P_{XX} + K_3^2 \cdot \Delta P_{K3} = 1,05 + 0,64^2 \cdot 7,6 = 4,36 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = \frac{1,6 \cdot 630}{100} + 0,64^2 \cdot \frac{5,5 \cdot 630}{100} = 25,17 \text{ кВАр}$$

Визначимо значення потужностей з урахуванням втрат потужностей:

$$P_{\text{сум}} = 403,29 + 4,36 = 407,65 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{сум}} = 5,53 + 25,17 = 30,7 \text{ кВАр};$$

$$S_{\text{сум}} = \sqrt{407,65^2 + 30,7^2} = 408,8 \text{ кВА}$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження для високої сторони:

$$K_3 = \frac{408,8}{630} = 0,65 \leq 0,9$$

3.2.2 Варіант 2 – Заміна трансформатора без компенсації реактивної потужності

Вихідні дані ТП 256-28:

ТМ 250/10/0,4

$$Q_{\text{спож}} = 195,33 \text{ кВАр}$$

$$P_{\text{спож}} = 403,29 \text{ кВт}$$

$$S_{\text{спож}} = 448,10 \text{ кВА}$$

Вибираємо такий же трансформатор з такими ж характеристиками, як у 1 варіанті.

Порахуємо коефіцієнт завантаження, без урахування компенсації реактивної потужності:

$$K_3 = \frac{448,1}{630} = 0,71 \leq 0,9$$

Визначимо втрати потужностей на однострансформаторній ПС:

$$\Delta P_T = \Delta P_{XX} + K_3^2 \cdot \Delta P_{K3} = 1,05 + 0,71^2 \cdot 7,6 = 4,02 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = \frac{1,6 \cdot 630}{100} + 0,71^2 \cdot \frac{5,5 \cdot 630}{100} = 27,55 \text{ кВАр}$$

Визначимо значення потужностей з урахуванням втрат потужностей:

$$P_{\text{сум}} = 403,29 + 4,02 = 407,31 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{сум}} = 195,33 + 27,55 = 222,88 \text{ кВАр};$$

$$S_{\text{сум}} = \sqrt{407,31^2 + 222,88^2} = 464,3 \text{ кВА}$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження для високої сторони:

$$K_3 = \frac{464,3}{630} = 0,73 \leq 0,9$$

3.2.3 Варіант 3 – Заміна однострансформаторної ПС на двотрансформаторну ПС

Вихідні дані ТП 256-28:

ТМ 250/10/0,4

$$Q_{\text{спож}} = 195,33 \text{ кВАр}$$

$$P_{\text{спож}} = 403,29 \text{ кВт}$$

$$S_{\text{спож}} = 448,10 \text{ кВА}$$

По повному навантаженні, що споживається, вибираємо ТП - 2х400/10/0,4 його параметри вказано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Параметри вибраного трансформатора

Тип	Номінальна потужність, кВА	Номінальна напруга, кВ		Втрати, кВт		Струм хх, %	Напруга кз, %
		ВН	ПН	хх	кз		
ТМ-400/10/0.4	400	10	0.4	0.83	5.9	1.8	4.5

Порахуємо коефіцієнт завантаження, без урахування компенсації реактивної потужності:

$$K_3 = \frac{448,1}{2 \cdot 400} = 0,56 \leq 0,9$$

Визначимо втрати потужностей на двотрансформаторній ПС:

$$\Delta P_T = 0,83 \cdot 2 + \frac{0,56^2 \cdot 5,9}{2} = 2,58 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = \frac{1,8 \cdot 400}{100} \cdot 2 + 0,56^2 \cdot \frac{4,5 \cdot 400}{100 \cdot 2} = 17,22 \text{ кВАр}$$

Визначимо значення потужностей з урахуванням втрат потужностей:

$$P_{\text{сум}} = 403,29 + 2,58 = 405,87 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{сум}} = 195,33 + 17,22 = 210,55 \text{ кВАр};$$

$$S_{\text{сум}} = \sqrt{405,87^2 + 210,55^2} = 457,23 \text{ кВА}$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження для високої сторони:

$$K_3 = \frac{457,23}{2 \cdot 400} = 0,57 \leq 0,7$$

Порівнявши варіанти модернізації можна притриматися до варіанта №2 до встановлення трансформатора без компенсації, так як він буде дешевшим за варіант №1 з компенсацією реактивної потужності і має більш прийнятний коефіцієнт завантаження, а якщо ставити КУ то вийде дорожче, з врахуванням можливого підвищення навантаження з часом, то коефіцієнт завантаження може бути вищим за допустиме значення, так само можна дотриматися варіанта №3 з двома трансформаторами.

3.3 Висновки до розділу 3

В даному розділі проаналізовано шляхи зниження завантаженості трансформаторних підстанцій та реконструкцію електромережі 10/0,4 кВ. Визначено, що деякі підстанції працюють із перевантаженням, що потребує заміни обладнання, встановлення додаткових кабелів і трансформаторів та оптимізації схеми електропостачання.

Окремо досліджено компенсацію реактивної потужності для покращення ефективності роботи мережі. Встановлено, що застосування конденсаторних

батарей ефективне, але не завжди економічно доцільне. Також розглянуто модернізацію ТП 256-28, де варіант заміни трансформатора без компенсації виявився найбільш оптимальним за критеріями вартості та ефективності.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Охорона праці та техніка безпеки при виконанні робіт з обслуговування діючих електроустановок

Електрообладнання та електроустановки при використанні та зберіганні піддаються впливу різних експлуатаційних факторів, в результаті чого зношуються і старіють. Через зношеність і старіння збільшується небезпека появи відмов, що призводять до порушення працездатності виробу. Зазвичай виникнення відмови передуює поява несправностей, обумовлених зміною характеристик пристрою, відхиленням від нормальних режимів їх використання.

Безперебійність електропостачання споживачів досягається впровадженням різних схем автоматики та електромеханіки.

У силу цього значно підвищуються вимоги до кваліфікації працівників міських електромереж. Одним з основних елементів цих мереж є підстанції.

У процесі виробничого навчання учні - майбутні інженери-електрики та електромонтери - повинні міцно засвоїти широке коло спеціальних питань:

- Призначення різних об'єктів будівництва;
- Шляхи і засоби механізації і індустріалізації виробництва електромонтажних робіт;
- Конструкцію і принцип роботи верстатів, апаратів, машин, інструментів і пристосувань, що використовуються електромонтером;
- Властивості і застосування основних електротехнічних і будівельних матеріалів;
- Основну проектну документацію, електротехнічні креслення і схеми;
- Організацію робочого місця, техніку безпеки і першу допомогу, виробничу санітарію і протипожежні заходи;
- Основи економіки організації і планування будівництва і виробництва електромонтажних робіт.

Крім того, вони повинні придбати основні професійні навички:

- Правильно виконувати основні технологічні операції при спорудженні електричних мереж, монтажі електрообладнання та апаратури;
- Виробляти необхідний ремонт, наладку і регулювання електроустановок напругою до 1 кВ (і вище);
- Вибирати необхідні для монтажу і ремонту матеріали і вироби, проводити розрахунки і складати схеми нескладних електроустановок.

Техніка безпеки

Роботи в діючих електроустановках повинні виконуватися відповідно до міжгалузевими правил з охорони праці (правила безпеки) при експлуатації електроустановок споживачів (Міжгалузеві ПОТ (ПБ)).

Ремонт електроустаткування виконують за нарядом з повним відключенням напруги та накладанням заземлення.

Ремонтна бригада складається не менше ніж з двох електрослюсарів, один з яких (виконавець робіт) повинен мати IV кваліфікаційну групу з техніки безпеки, а другий - не нижче II групи.

До початку робіт роблять всебічне відключення електроустаткування, що підлягає ремонту, і в місцях, звідки може бути подана напруга, вивішують забороняють плакати.

Перед початком робіт перевіряють відсутність напруги, і устаткування заземлюють включенням стаціонарних роз'єднувачів заземлення або переносного, на місці робіт вивішують плакати «Заземлено» і «Працювати тут». Після закінчення робіт видаляють людей, знімають плакати, заземлення і виробляють включення.

Роботи переносним інструментом. Ремонтно-монтажні роботи в електроустановках доводиться вести в умовах заземлених металевих конструкцій, струмопровідних підлог, значною вологості, що становить підвищену небезпеку для працюючих. До роботи з електроінструментом допускаються особи, які пройшли виробниче навчання і мають II кваліфікаційну групу при експлуатації електроустановок споживачів.

Електроінструмент повинен швидко включатися в електромережу та відключатися від неї і мати недоступні для випадкового дотику струмоведучі частини. Напруга живлення електроінструменту має бути не вище 220 В при роботі в приміщеннях без підвищеної небезпеки і не вище 50 В у приміщеннях з підвищеною небезпекою і поза приміщеннями. Допускається застосовувати електроінструмент напругою до 220 В, але при надійному заземленні корпусу інструменту і наявності захисних засобів - діелектричних рукавичок, калош, килимків. В особливо небезпечних приміщеннях напруга має бути не вище 50 В з обов'язковим застосуванням захисних засобів. Перед початком роботи з електроінструментом необхідно застебнути рукави.

У електроінструменту і переносних світильників не рідше одного разу на місяць перевіряють мегомметром відсутність замикань на корпус, обриву заземлюючого проводу і стан ізоляції проводів.

Електрозварювальні роботи. При ремонті устаткування виникає необхідність проведення нескладних електрозварювальних робіт, таких, як ремонт контуру заземлення, монтаж сітчастих огорож і т. д. Недотримання спеціальних правил виконання електрозварювальних робіт може призвести до ураження електричним струмом, отриманню опіків від дуги і бризок розплавленого металу, впливу електричної дуги на очі, а так само виникнення пожежі.

Тому до зварювальних робіт допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання і мають групу з техніки безпеки не нижче II.

4.2 Вимоги до працівників під час обслуговування електроустановок

Порядок навчання і перевірки знань працівників має бути відповідним галузевим положенням про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці (з0095-94), узгодженого з Держнаглядом охорони праці, а також вимогам до електротехнічного розрахунку, які містяться в ПТЕ.

Первинний (під час прийняття на роботу) і періодичний (протягом трудової діяльності) медичний огляд працівників здійснюється згідно з Положенням про медичний огляд працівників певних категорій, затвердженим наказом Міністерства охорони здоров'я від 31.03.94 N 45 (з0136-94), зареєстрований в Міністерстві юстиції 21.06 .94 за N 136/345.

Працівники, які обслуговують електроустановки, зобов'язані знати ці правила відповідно до займаної посади чи роботою, яку вони виконують, і мати відповідну групу з електробезпеки згідно з такими вимогами:

1) для одержання групи I, незалежно від посади і професії, необхідно пройти інструктаж з електробезпеки під час роботи в даній електроустановці з оформленням в журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

Інструктаж з електробезпеки на I групу має здійснювати особа, відповідальна за електрогосподарство, або, за його письмовим розпорядженням, особа зі складу електротехнічних працівників з групою III.

Мінімальний стаж роботи в електроустановках і видання посвідчень працівникам з групою I не вимагаються;

2) особам молодше 18 років, не дозволяється присвоювати групу вище II;

3) для присвоєння чергової групи з електробезпеки необхідно мати мінімальний стаж роботи в електроустановках з попередньою групою, зазначений у додатку 1 цих правил;

4) для одержання груп II-III працівники мають:

а) чітко усвідомлювати небезпеку, пов'язану з роботою в електроустановках;

б) знати і вміти застосовувати на практиці ці та інші правила безпеки в обсязі, потрібному для роботи, яка виконується;

в) знати будову і пристрій електроустановок;

г) уміти практично надавати першу допомогу постраждалим у разі нещасних випадків, в тому числі застосовувати способи штучного дихання і зовнішнього масажу серця;

5) для одержання груп IV-V додатково необхідно знати компонування електроустановок і уміти організувати безпечне проведення робіт, уміти навчити працівників інших груп правилам безпеки та надання першої допомоги потерпілим від електричного струму.

6) для одержання групи V необхідно також розуміти, чим викликані вимоги пунктів правил безпечної експлуатації електроустановок.

Працівникові, який пройшов перевірку знань правил, видається посвідчення, яке він зобов'язаний мати при собі під час роботи.

Посвідчення про перевірку знань працівника є документом, який засвідчує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом.

Посвідчення про перевірку знань видається працівникові комісією з перевірки знань підприємства, організації після перевірки знань і є дійсним тільки після внесення відповідних записів.

Під час виконання службових обов'язків працівник повинен мати з собою посвідчення про перевірку знань. За відсутності посвідчення, або за наявності посвідчення з простроченими термінами перевірки знань, працівник до роботи не допускається.

Посвідчення про перевірку знань підлягає заміні у випадку зміни посади або за відсутності місця для записів.

Посвідчення про перевірку знань вилучається у працівника комісією з перевірки знань в разі незадовільних знань, керівником структурного підрозділу - в разі закінчення терміну дії медичного огляду.

Забороняється допускати до роботи в електроустановках осіб, які не пройшли навчання та перевірку знань цих правил.

Ті працівники, зайняті виконанням спеціальних видів робіт, до яких висуваються додаткові вимоги безпеки, повинні бути навчені безпечному виконанню таких робіт і мати відповідний запис про це у посвідченні перевірки знань з питань охорони праці.

Перелік робіт з підвищеною небезпекою затверджується керівництвом підприємства.

Перевірка знань технології робіт (правила експлуатації, виробничі інструкції) може здійснюватися Держенергонаглядом окремо від перевірки знань з безпечної експлуатації електроустановок, в цьому випадку робиться окремий запис в журналі.

Забороняється допускати до роботи працівників з ознаками алкогольного або наркотичного сп'яніння, а також з явними ознаками захворювання. Забороняється виконання розпоряджень та завдань, що суперечать вимогам цих правил. Кожен працівник особисто відповідає за свої дії в частині дотримання вимог цих правил.

У разі якщо працівник самостійно не в змозі вжити дієві заходи щодо усунення виявлених ним порушень правил, він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника, а в разі його відсутності керівника вищого рівня.

У разі нещасних випадків з людьми зняття напруги для звільнення потерпілого від дії електричного струму має бути виконано негайно, без попереднього дозволу.

Працівники, які порушили вимоги цих правил, усуваються від роботи і несуть відповідальність (дисциплінарну, адміністративну, кримінальну) згідно з чинним законодавством.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи проведено детальний аналіз електричних мереж 10/0,4 кВ, визначено основні фактори, що впливають на їхню ефективність, та запропоновано заходи щодо оптимізації навантаження трансформаторних підстанцій. Оцінено динаміку змін навантаження за річний та місячний період, що дозволило виявити критично перевантажені ділянки та визначити основні причини нестабільності електропостачання.

Розглянуто сучасні методи оптимізації електромереж, включаючи автоматизовані системи керування, цифрові технології моніторингу, інтеграцію відновлюваних джерел енергії та заходи з компенсації реактивної потужності. Запропоновані технологічні рішення спрямовані на зменшення навантаження, підвищення стабільності роботи мережі та мінімізацію енергетичних втрат.

Виконано розрахунок електричних навантажень трансформаторних підстанцій, що дозволило оцінити їхню пропускну здатність та ефективність роботи. Запропоновано варіанти модернізації обладнання, включаючи заміщення трансформаторів, встановлення конденсаторних батарей та перерозподіл навантаження між підстанціями.

Отримані результати мають практичну цінність для енергетичних підприємств та операторів електричних мереж. Впровадження запропонованих заходів сприятиме зниженню перевантаження, підвищенню надійності електропостачання та оптимізації витрат на експлуатацію енергосистеми.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
2. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015 Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств
3. ДСТУ HD 60364-1:2022 Низьковольтні електричні установки. Частина 1. Основні принципи, оцінювання загальних характеристик, визначення (HD 60364-1:2008/A11:2017, IDT). Зміна № 1:2022
4. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2018. [Чинні з 2019-03-01] / Мін-регіон України. К. : Укрархбудінформ, 2018. 137 с. (Державні будівельні норми України).
5. Бабюк, С. М., & В Пліс, Я. (2020). Шляхи підвищення енергоефективності систем електропостачання. Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 82-83.
6. Бабюк, С. М., Гнилиця, М. Б., & Козак, І. Р. (2024). Аналіз проблем надійності електропостачання промислових підприємств. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції „Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи“, 46-47.
7. Бабюк С. М. Вплив відхилення напруги в мережі 0,4 кВ: причини, наслідки та шляхи вирішення проблеми / С. М. Бабюк, С. О. Задорожний, М. П. Красножон // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 210–211.
8. Бабюк, С. М., Приймак, М. Д., & Паськів, Р. В. (2017). Підвищення енергоефективності підприємств за рахунок контролю характеристик режимів електропостачання. Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 3, 90-91.

9. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.

10. Світильник ДСП07У. Про компанію «ПІВДЕНЬ СВІТЛО» - Група компаній ПІВДЕНЬ СВІТЛО. URL: <https://svetoteh.com.ua/catalog/svitylnyk-dsp07u/> (дата звернення: 07.05.2025).

11. М.С. Сегеда «Електричні мережі та системи». Підручник - Львів. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007.

12. Н.В. Букович, Г.М. Лисяк Розрахунок струмів коротких замикань: навчальний посібник – Львів: Ви-во Львівської політехніки, 2018. – 236 с.

13. ДСТУ EN 62305-3:2021 Блискавкозахист. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд) та небезпека для життя (EN 62305-3:2011, IDT; ІЕС 62305-3:2010, MOD)

14. Бабюк, С. М., Красножоний, О. В., Барило, В. П., & Брич, Б. В. (2020). Фактори, що впливають на надійність електропостачання. Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 84-85.

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

16. Algorithms for automatic of metrological characteristics of transducers / Serhiy Babiuk, Ivan Sysak, Oleh Buniak, Yaroslav Osadtsa // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2022. — Vol 107. — No 3. — P. 67–75.

17. Лук'яненко Ю. В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні : Навч. посіб. / Ю. В. Лук'яненко, Ж. І. Остапчук, В. В. Кулик; Вінниц. держ. техн. ун-т. - Вінниця, 2002. - 111 с. 77 23

18. Algorithms for automatic of metrological characteristics of transducers / Serhiy Babiuk, Ivan Sysak, Oleh Buniak, Yaroslav Osadtsa // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2022. — Vol 107. — No 3. — P. 67–75.

19. Vakulenko, O., Sysak, I., Babiuk, S., & Bunko, V. (2021, December). Features of the enameled wires insulation diagnosing by voltage. In Proceedings of the International Conference „Advanced applied energy and information technologies 2021”, 2021 (pp. 27-32). TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk “» LLC.

20. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.

21. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.