

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Аналіз втрат електричної енергії в розподільній мережі
Виноградівського РЕМ

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТс-41
спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

Боршош С. С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Оліярник П. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Мовчан Л. Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент
(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

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

« 23 » січня 2023 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 Боршошу Себастьяну Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз втрат електричної енергії в розподільній мережі Виноградівського РЕМ

Керівник роботи Оліярник Петро Миколайович, старший викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » січня 2023 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Схема електропостачання фідерів 10 кВ.; поопорна схема КТП; відомості про побутових та промислових споживачів електричної енергії, дані по споживанню та втратах електричної енергії.

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

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

Методи зниження втрат електричної енергії в розподільній мережі. Структура втрат електричної енергії. Основні показники комерційних втрат. Поопорна схема фідерів. Графік втрат у % електроенергії по фідерах. Графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії по Фідерах. Графік відсоткового співвідношення загальних та нормативних втрат. Графік відхилення загальних втрат від нормативних по фідерах. Розробка заходів щодо зниження втрат у розподільчих мережах. Передбачувані втрати електроенергії після проведення заходів щодо зниження втрат.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці			

7. Дата видачі завдання 23 січня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2023	
2	Аналітичний розділ	28.02.2023	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2023	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2023	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2023	
6	Висновки	10.06.2023	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2023	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2023	

Студент

_____ (підпис)

Боршош С. С.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Оліярник П. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Боршош Себастьян Сергійович. Аналіз втрат електричної енергії в розподільній мережі Виноградівського РЕМ.

Стор. – 57; рис. - 22; табл. - 18; джерел - 25; додатків - - .

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз втрат, та розробка заходів, щодо зниження втрат електричної енергії в розподільній мережі Виноградівського РЕМ.

Результатом роботи є аналіз загальних втрат в електричних мережах Виноградівського РЕМ по 3 фідерам, що розглядаються, за період з 2018 року по 2022 рік, запропоновано комплекс заходів щодо зниження загальних втрат в електричних мережах, що включає:

- Перенесення пристроїв обліку на межу експлуатаційної відповідальності споживачів електроенергії приватних володінь.
- Установка автоматизованих інформаційно - вимірювальних систем комерційного обліку електроенергії
- Заміна дроту на самонесучі ізольовані дроти (СІП) напругою 10 кВ.

Практична значущість дослідження зумовлена тим, що теоретичні та практичні рекомендації можуть бути використані на практиці.

Перелік ключових слів: ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ВТРАТИ, МОНІТОРИНГ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, НОРМУВАННЯ ВТРАТ МЕРЕЖІ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Основні поняття та визначення в галузі втрат електроенергії	8
1.2 Структура загальних втрат у електроенергії	9
1.2.1 Технічні втрати електричної енергії	9
1.2.2 Структура комерційних втрат електроенергії	12
1.3 Висновки до розділу 1	16
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Аналіз втрат електроенергії за 2018 – 2022 роки	17
2.2 Зіставлення нормативних та загальних показників втрат за 5 років по кожному фідеру	31
2.3 Висновки до розділу 2	35
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	37
3.1 Розробка заходів щодо зниження втрат у розподільчих мережах	37
3.1.1 Перенесення приладів обліку на межу експлуатаційної відповідальності споживачів електроенергії приватних домогосподарств	37
3.1.2 Встановлення автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ)	38
3.1.3 Заміна голого дроту на самонесучі ізольовані дроти (СП) напругою 10 кВ	40
3.2 Результат заходів щодо зниження втрат електроенергії	43
3.3 Висновки до розділу 3	44

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	<u>45</u>
4.1 Електробезпека	<u>45</u>
4.2 Пожежна безпека	<u>49</u>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	<u>54</u>
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	<u>55</u>

ВСТУП

Електрична енергія є важливим ресурсом у сучасному світі, і забезпечення ефективного її розподілу та використання має велике значення для економії коштів та зниження впливу на навколишнє середовище.

Одним із основних викликів в електропостачанні є втрата енергії в розподільній мережі, яка може становити від 5% до 20% від загального обсягу виробленої електроенергії. Це призводить до значних втрат економічних ресурсів та підвищення цін на електроенергію для кінцевих споживачів [1].

Втрати електричної енергії в розподільній мережі є однією з головних проблем енергетичної галузі. Ці втрати виникають під час транспортування електроенергії від генеруючих підприємств до споживачів і включають в себе технічні втрати, які виникають у зв'язку зі струмом, опором та іншими факторами, а також незаконне відбирання електроенергії [2].

Зниження втрат електричної енергії в розподільній мережі є важливим завданням, оскільки це сприятиме зменшенню вартості електроенергії для споживачів, зменшенню навантаження на систему передачі, зменшенню емісії вуглецю та підвищенню енергоефективності загалом. Застосування новітніх технологій, в тому числі сучасних систем керування та моніторингу, може допомогти у зниженні втрат електричної енергії, а також виявленні незаконного відбирання електроенергії [3].

Існує кілька методів, які можуть допомогти знизити втрати електричної енергії в розподільній мережі. Деякі з найбільш ефективних методів описані нижче [4]:

1. Модернізація і підвищення ефективності обладнання. Це може включати заміну застарілого обладнання більш ефективними моделями, а також заміну провідників на менш опірні.

2. Встановлення компенсації реактивної потужності. Втрати електроенергії через реактивну потужність можуть бути зменшені шляхом встановлення компенсації реактивної потужності, що забезпечує зменшення

рівня надлишкової реактивної потужності в мережі.

3. Використання технологій моніторингу та керування. Системи моніторингу та керування можуть допомогти виявити та усунути проблеми, що призводять до втрат електроенергії в розподільній мережі.

4. Використання ефективних систем розподілу. Розробка ефективних систем розподілу, які забезпечують мінімальні втрати електроенергії, може допомогти зменшити витрати електроенергії на транспортування.

5. Оптимізація навантаження. Використання технологій управління навантаженням може допомогти збалансувати навантаження в мережі та зменшити втрати електроенергії.

6. Боротьба зі зловживанням електроенергією. Це може включати виявлення та припинення відбирання електроенергії, що може зменшити загальний рівень втрат електроенергії в розподільній

Актуальність обраної теми полягає в тому, що аналіз втрат електроенергії в районних електричних мережах затребуваний і має високу практичну значущість, оскільки питання енергозбереження та енергоефективності зараз дуже важливе.

Об'єктом дослідження є: загальні втрати електричної енергії в розподільній мережі Виноградівського РЕМ.

Предметом дослідження є: способи оцінки та аналізу загальних втрат електроенергії в електричних мережах, а також заходи щодо їх зниження.

Мета роботи полягає у аналізі загальних втрат в електричних мережах.

Для досягнення поставленої мети випускною кваліфікаційною роботою було вирішено такі **завдання**:

- дано оцінку загальним втратам електроенергії;
- сформовано вихідні дані показань приладів обліку (АСКОЕ);
- проведено аналіз ступеня відхилення загальних втрат від нормативних;
- запропоновано шляхи та заходи щодо зниження загальних втрат електроенергії

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Основні поняття та визначення в галузі втрат електроенергії

Щоб докладно розібратися в галузі втрат електроенергії, наведемо терміни та визначення.

Аналіз втрат електроенергії – Оцінка структури втрат електроенергії, виявлення причин їх перевищення, виявлення зон з підвищеними втратами, а також виявлення несумлінних споживачів.

Фактичні (звітні) втрати електроенергії – Різниця між електроенергією, що надійшла в мережу, та електроенергією, відпущеною з мережі, яка визначається за даними системи обліку електроенергії.

Технологічні втрати електроенергії – сума технологічних втрат при транспортуванні електроенергії та втрат під час її реалізації.

Технічні втрати – втрати електроенергії, зумовлені фізичними процесами у провідниках та електрообладнанні при передачі електроенергії електричними мережами. Визначаються розрахунковим шляхом.

Комерційні втрати – це втрати, зумовлені розкраданнями електроенергії, невідповідністю показань лічильників під час оплати електроенергію та інші причини у сфері організації контролю над споживанням електроенергії.

Загальні втрати електроенергії – різниця між обсягом електричної енергії, поставленої в електричну мережу з інших мереж або від виробників електричної енергії, та обсягом електричної енергії, спожитої енергоприймаючими пристроями, приєднаними до цієї мережі, а також переданою в інші мережеві організації.

Умовно-постійні втрати – втрати, величина яких не залежить або незначно залежить від параметрів режиму мережі.

Навантажувальні втрати електроенергії – це втрати в електрообладнанні та лініях електропередач та інших елементах електричної мережі, що залежать від величини навантаження.

Витрата електроенергії на власні потреби підстанцій витрата електроенергії, необхідний забезпечення роботи технологічного устаткування підстанцій і життєдіяльності обслуговуючого персоналу.

Якість електричної енергії відповідність параметрів електроенергії затвердженим значенням.

1.2 Структура загальних втрат у електроенергії

Втрати електроенергії поділяються на 2 категорії, технологічні та комерційні, це показано на рис. 1.1.

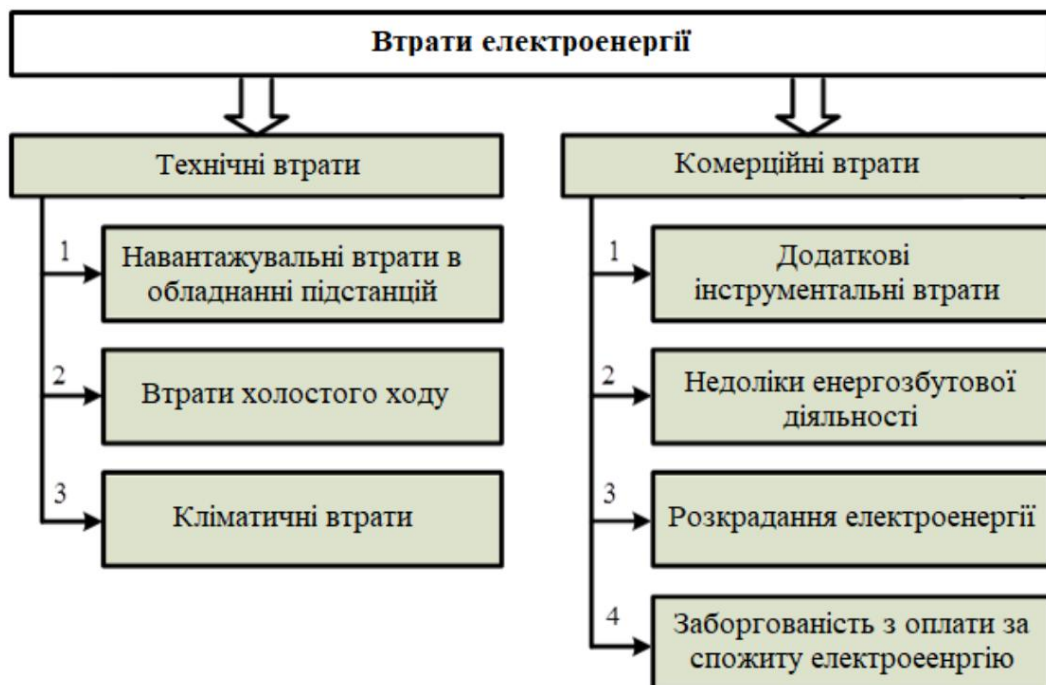


Рисунок 1.1 – Структура втрат електричної енергії.

1.2.1 Технічні втрати електричної енергії

Представимо узагальнену структуру технологічних втрат на рис. 1.2.

Подані на рис. 1.2 показники є структурними складовими технологічних втрат, розглянемо їх докладніше:

1. Навантажувальні втрати виникають у ЛЕП, обладнанні та різних елементах електромереж. Такі витрати залежать від сумарного навантаження. До цієї складової входять:

- Втрати в ЛЕП безпосередньо пов'язані з силою струму. Саме тому при передачі електроенергії на великі відстані використовується принцип підвищення у кілька разів, що сприяє пропорційному зменшенню струму, відповідно, зменшуються втрати та витрати на передачу електроенергії.

- Витрати в трансформаторах, що мають магнітну та електричну природу. Як приклад нижче представлена таблиця 1.1, в якій наводяться дані витрат на трансформаторах напруги підстанцій у мережах 10 кВ.



Рисунок 1.2 – Узагальнена структура технологічних втрат.

2. Категорія умовно-постійних витрат являє собою витрати, що не залежать від масштабів виробництва та продажів, реалізації послуг. Але треба враховувати, що постійні витрати можуть перетворюватися на змінні, до яких належать:

- Робота силових установок на холостому ходу.
- Робота компенсуючих пристроїв.
- Амортизація об'єктів, що використовуються у виробництві.

- Страхування власності.
- Оплата опалювальних та освітлювальних послуг.
- Оплата утримання приміщення.
- Оплата за оренду.

Таблиця 1.1 – Втрати у силових трансформаторах підстанції

Номінальна потужність, кВА	Номінальна напруга ВН/ПН, кВ	Втрати ХХ, Вт	Напруга КЗ, %	Рівень шуму, ДБ	Втрати КЗ, 75°C Вт
250	10/0.4	730	6	53	3400
400	10/0.4	1000	6	55	5700
500	10/0.4	1150	6	56	6100
630	10/0.4	1400	6	56	6600
800	10/0.4	1800	6	58	7700
1000	10/0.4	1950	6	59	8800
1250	10/0.4	2300	6	60	10500
1600	10/0.4	2750	6	61	12700
2000	10/0.4	3200	6	62	15500
2500	10/0.4	4200	6	64	19000

3. Втрати, спричинені кліматичною складовою. Дані втрати викликані погодними умовами, або місцевістю, де прокладено ЛЕП. У магістралях від 110 кВ велика частка витрат посідає коронні розряди, виникненню яких сприяє вологість повітря. У мережах 6-10 кВ і від цього залежить величина струму витоку в ізоляторах. Також у районах, де підвищена вологість повітря, на проводах утворюється лід, який потрібно розплавляти. Останній фактор збільшує вартість обслуговування ЛЕП.

Враховуючи останній фактор, слід враховувати витрати електроенергії на розплавлення льоду.

4. Витрати на підтримку роботи підстанцій.

До таких витрат відносяться витрати, пов'язані з обслуговуванням підстанції, в які входять:

- система вентиляції та охолодження трансформаторного обладнання;
- опалення, освітлення, вентиляція внутрішніх приміщень підстанції
- висвітлення прилеглих до підстанцій територій;

- оперативні кола та системи контролю та управління;
- обладнання для ремонтних робіт, апаратура зв'язку, а також інші пристрої.

1.2.2 Структура комерційних втрат електроенергії

Комерційні втрати електроенергії ΔW_K обумовлені розкраданнями електроенергії, невідповідністю показів лічильників оплаті за електроенергію побутовими споживачами та іншими причинами у сфері організації контролю за споживанням енергії. Їх значення визначають як різницю між фактичними (звітними) втратами та сумою перших трьох складових:

$$\Delta W_K = \Delta W_3 - \Delta W_T - \Delta W_{ВП} - \Delta W_I$$

де ΔW – звітні втрати

ΔW_T – технічні втрати

$\Delta W_{ВП}$ – втрати на власні потреби

ΔW_I – інструментальні втрати

Три перші складові структури втрат обумовлені технологічними потребами процесу передачі електроенергії мережами та інструментального обліку її надходження та відпустки. Сума цих складових добре описується терміном «технологічні втрати».

Четверта складова комерційних втрат є вплив «людського чинника» і включає у собі його прояви:

- свідомі розкрадання електроенергії деякими абонентами за допомогою зміни показів лічильників,
- неоплату чи неповну оплату показів лічильників, тощо.

Для наочності на рис. 1.3 представимо основні показники комерційних втрат.



Рисунок 1.3 – Основні показники комерційних втрат

Далі докладно розглянемо деякі наведені показники [5-9].

1. Втрати через невідповідність дат зняття показів розрахункових лічильників із розрахунковим періодом.

Такі втрати спричинені недоукомплектованістю наглядових органів, програмами АСКОЕ, що призводить до зняття свідчень у більшості споживачів

раніше чи пізніше розрахункового періоду, як і показання знімають самі споживачі.

В обох випадках знижується корисна відпустка i , як наслідок, збільшуються комерційні втрати.

Особливо це для випадку, коли показання знімаються самим споживачем, що дозволяє йому занижувати споживання і відносити платежі на пізні терміни.

2. Втрати через порушення якості електроенергії.

Такі втрати спричинені через ремонт електрообладнання, проведення заходів щодо локалізації та ліквідації причин порушення якості електроенергії та ін. внаслідок цього споживач може законно відмовитися від повної оплати неякісної електроенергії.

3. Втрати, спричинені без договірною споживання електроенергії.

Таких споживачів відсутня система обліку електроенергії, що викликає правильності визначення корисної відпустки i , як наслідок, на значенні комерційних втрат.

4. Втрати через обмеження споживаної потужності.

Такі втрати спричинені дією персоналу, який обмежує споживану потужність у зв'язку із загрозою втрати стійкості енергосистеми.

5. Втрати за запиту оплати спожитої.

Дані втрати зумовлені нездатністю споживачів оплачувати спожиту електроенергію за один термін. Як правило, платежі відстають від реального електроспоживання, що, вносить похибку у визначення фактичної корисної відпустки побутовим споживачем та до розрахунку фактичного небалансу електроенергії.

Неодноразовість оплати може змінюватись у межах одного-трьох місяців. У зв'язку з цим реальна відпустка електроенергії не може бути визначена щомісяця, відпустку можна лише приблизно прогнозувати, на це є низка причин:

- споживачі у сільській місцевості в основному платять за спожиту електроенергію один раз на 2-4 місяці.

- рівень оплати схильний до сезонності.
- Напередодні підвищення тарифів населення має намір завищувати показники лічильників, тим самим оплачують ще не спожиту електроенергію за нижчим тарифом. В результаті в наступні кілька місяців оплата буде набагато нижчою, це тягне за собою збільшення комерційних втрат.

Другий складової комерційних втрат можна зарахувати:.

- Нездатність абонента оплачувати спожиту електроенергію
 - Помилки персоналу (втрата документів про оплату)
 - Рішення суду про відсутність доходів у споживача
6. Втрати від розкрадання електроенергії

Розкрадання це найбільша складова комерційних втрат. Статистика показує, що в основному такі втрати пов'язані з розкраданням споживачів приватного сектора, також невеликий відсоток займають крадіжки промисловими та торговими підприємствами.

Найвищий відсоток розкрадань відбувається в холодну пору року з жовтня до квітня.

Розкрадання електроенергії приватними споживачами оплачується мережевою організацією, і воно поділяється на:

а) Споживання електроенергії без договору - споживачі самовільно без укладання договору підключаються до об'єктів електромережевого господарства;

б) Споживання електроенергії без встановлених приладів обліку. Споживач підключено до мережі в порушення договірних зобов'язань (договір купівлі-продажу електроенергії). Такі випадки виникають, коли прилад обліку зламаний, не збереглися зовнішні пломби, не своєчасне повідомлення споживачем про несправність приладу обліку, а також іншими діями, що призвели до спотворення показань.

7. Втрати під час виставлення рахунків.

Такі втрати зумовлені не точністю даних, не виставленими рахунками за спожиту електроенергію, відсутністю контролю для споживачів спеціального тарифу та скоригованих рахунків.

1.3 Висновки до розділу 1

У першому розділі були розглянуті основні поняття та визначення в галузі втрат електроенергії.

Здійснено аналіз структури загальних втрат електроенергії. Детально розглянуто усі складові технічні втрат електричної енергії та подано детальну структуру комерційних втрат електроенергії.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз втрат електроенергії за 2018 – 2022 роки

Для отримання даних, загальних втрат в електричних мережах Виноградівського РЕМ, необхідно проаналізувати баланс відпущеної та спожитої енергії за наданими звітними даними. Провівши аналіз, ми побачимо, на яких ділянках буде перевищено втрату. Подальший аналіз дозволить виявити причини їх виникнення та вибрати необхідні шляхи їх зниження. Скориставшись отриманими даними про загальні втрати за період 2018-2022 року, на РЕМ було виявлено 3 фідери з високими втратами. Далі розглянемо ці фідера докладно.

У табл. 2.1 відображено відпуск та втрати електроенергії за фідером Ф-03.

Таблиця 2.1 – Відпустка та втрати по фідеру Ф-03 за 2021 рік

ТП	Втрати	Втрати у %	Відпуск
КТП-295	1297	1	123408
КТП-244	20601	13	162200
КТП-201	34271	10	330774
КТП-271	9402	8	177122
ЗТП-204	67495	14	479577
ЗТП-702	26570	7	369501
КТП-203	16180	15	109289
КТП-373	25109	6	410789
КТП-370	37898	12	316094
КТП-200	-51257	-15	350662
КТП-202	78218	18	438978
ЗТП-709	-4934	-4	116624
ЗТП-374	24365	13	188970

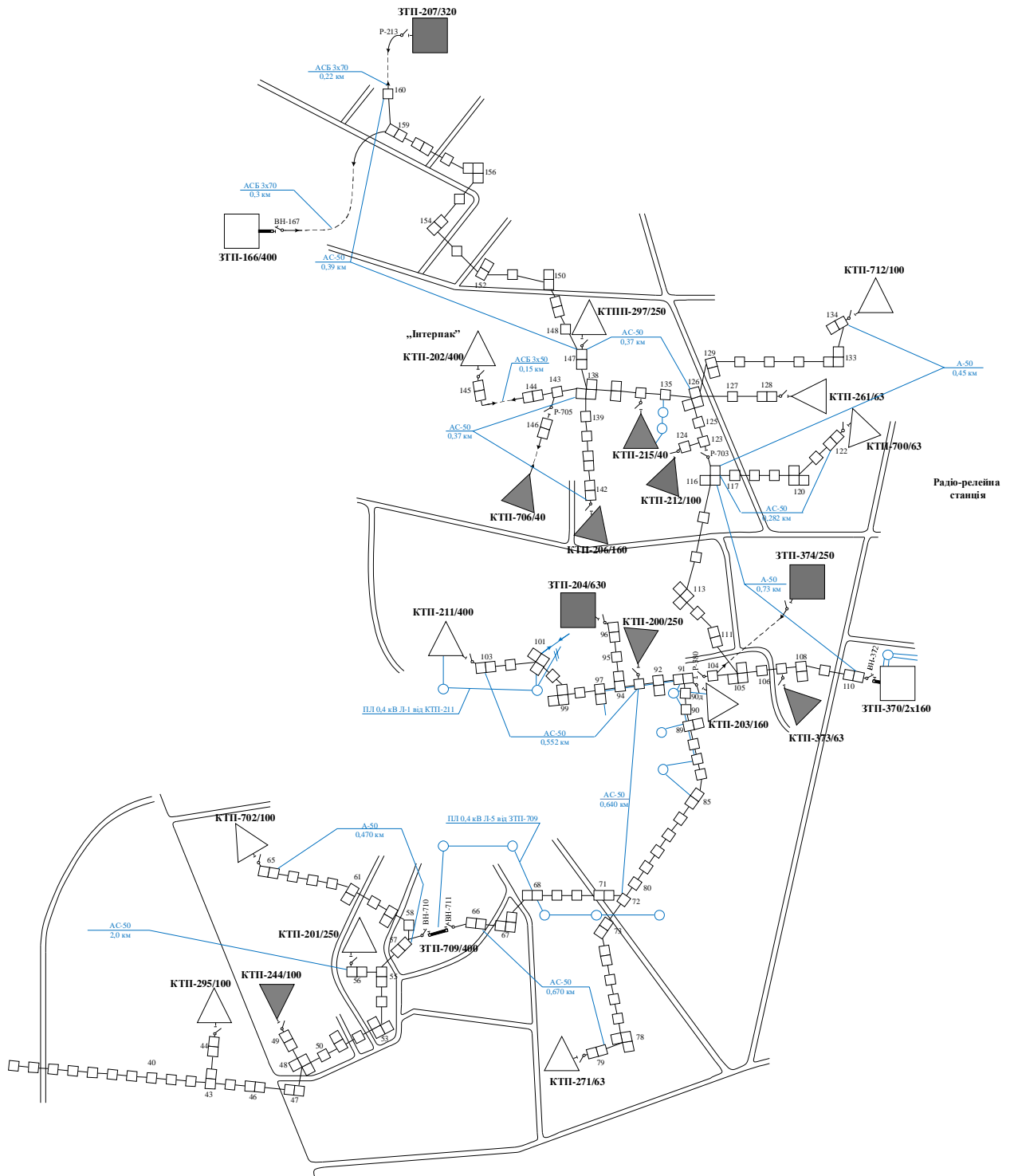


Рисунок 2.1 – Поопорна схема з фідером Ф-03

Зробивши аналіз даних таблиці 1 бачимо, що у фідері Ф-03 за 2022 найвищими втратами електроенергії володіє фідер КТП-202 і його загальні витрати становлять 18%, що перевищує норму в 2 рази. Для наочності побудуємо графік втрат у % кожному фідеру, рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Графік втрат у % електроенергії за фідером Φ-03 за 2022 рік

У наведених попорних схемах ПЛ-10 кВ, ми розглядаємо загальний фідер, в якому є ще кілька трансформаторних підстанцій які підключені або до підприємства, або до вулиці, їх ми також будемо називати фідер.

Оскільки споживачі оплачують спожиту електроенергію щомісяця однаково, у графіках і таблицях бачимо негативні загальні втрати, це виникає у разі, коли споживачі переплачують, чи платять кілька місяців вперед.

У табл. 2.2 відображено відпуск та втрати електроенергії за фідером Φ-06.

Таблиця 2.2 – Відпуск та втрати по фідеру Φ-06 за 2020 рік

ТП	Втрати	Втрати у %	Відпуск
КТП-135	57422	10	587332
КТП-130	12502	5	238259
КТП-134	620	0	376388
КТП-136	47677	9	517653
КТП-188	96468	14	692181
КТП-134	55700	12	462758
КТП-146	117101	16	741096
КТП-150	3892	2	164087
КТП-129	17169	52	33242

На рис. 2.3 представлена частина попорної схеми фідера Φ-06.

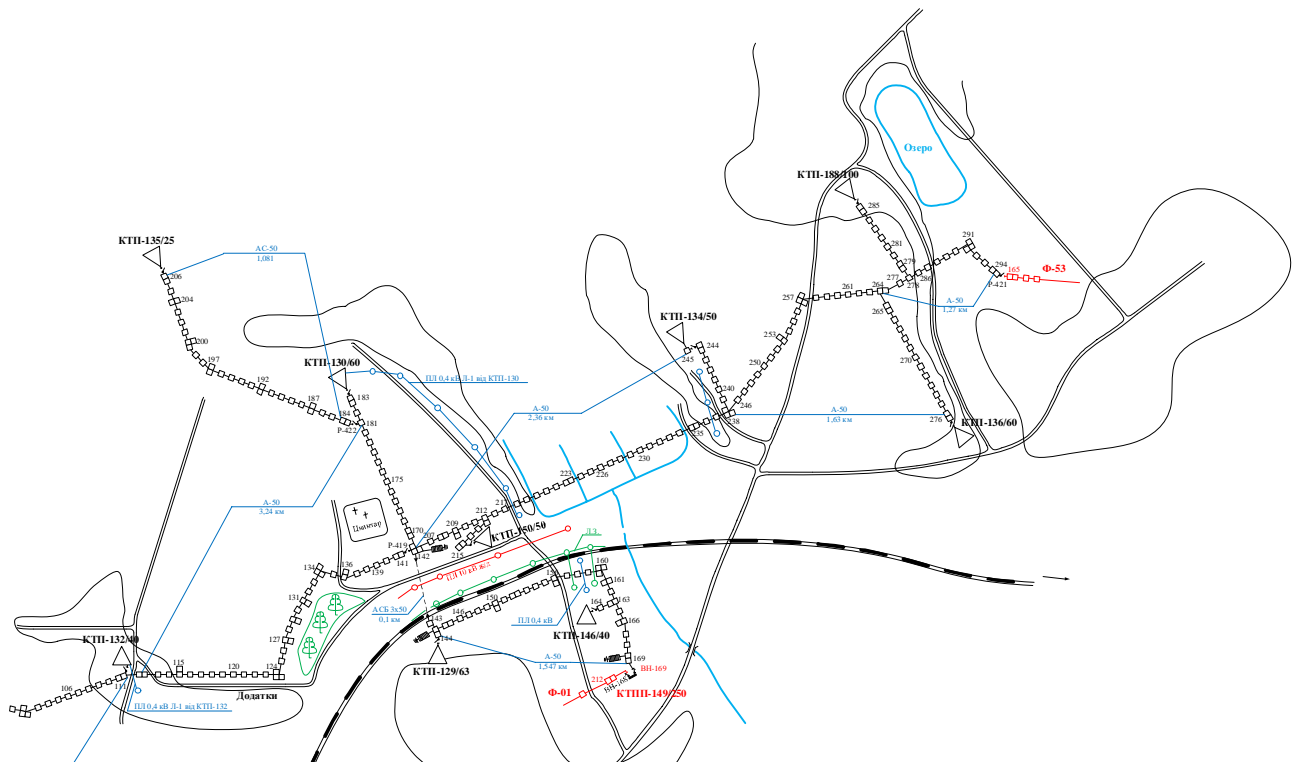


Рисунок 2.3 – Поопорна схема фідера Ф-06.

Зробивши аналіз даних таблиці 2.2 бачимо, що у Ф-06 за 2022 найвищими втратами електроенергії володіє фідер KTP-129 і його загальні втрати, становлять 52%, що перевищує норму в 5 разів. Для наочності побудуємо графік втрат у % кожному фідеру, рисунок 2.4.

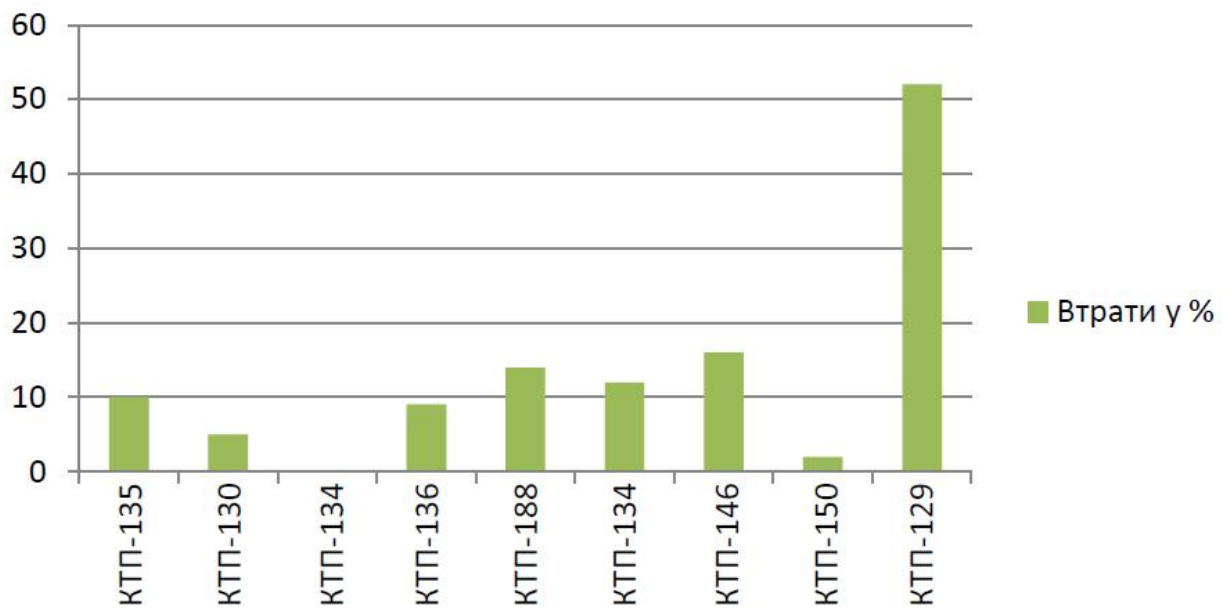


Рисунок 2.4 – Графік втрат у % електроенергії за фідером Ф-06 за 2022 рік

У табл. 2.3 відображені відпуск та втрати електроенергії за фідером Ф-07.

Таблиця 2.3 – Відпустка та втрати по фідеру Ф-07 за 2022 рік

ТП	Втрати	Втрати у %	Відпуск
КТП-277	18591	5	389451
КТП-235	-56899	-14	403679
КТП-234	-137032	-55	249657
КТП-233	338	0	518810
КТП-226	72139	12	619485
КТП-230	49050	8	614902
КТП-250	17903	3	611018
КТП-254	11041	4	303561
КТП-227	16275	2	772763
КТП-262	18955	10	192011
КТП-242	0	0	202749
КТП-265	13108	2	635853
КТП-241	154427	38	403642
КТП-238	12562	6	226462
КТП-239	66684	16	414307
КТП-272	24665	11	219927
КТП-259	7800	14	56930

Зробивши аналіз даних таблиці 2.3 бачимо, що у фідері Ф-07 за 2022 найвищими втратами електроенергії володіє фідер КТП-241 і його загальні втрати становлять 38%, що перевищує норму в 4 разів. Для наочності побудуємо графік втрат у % кожному фідеру, рисунок 2.5.

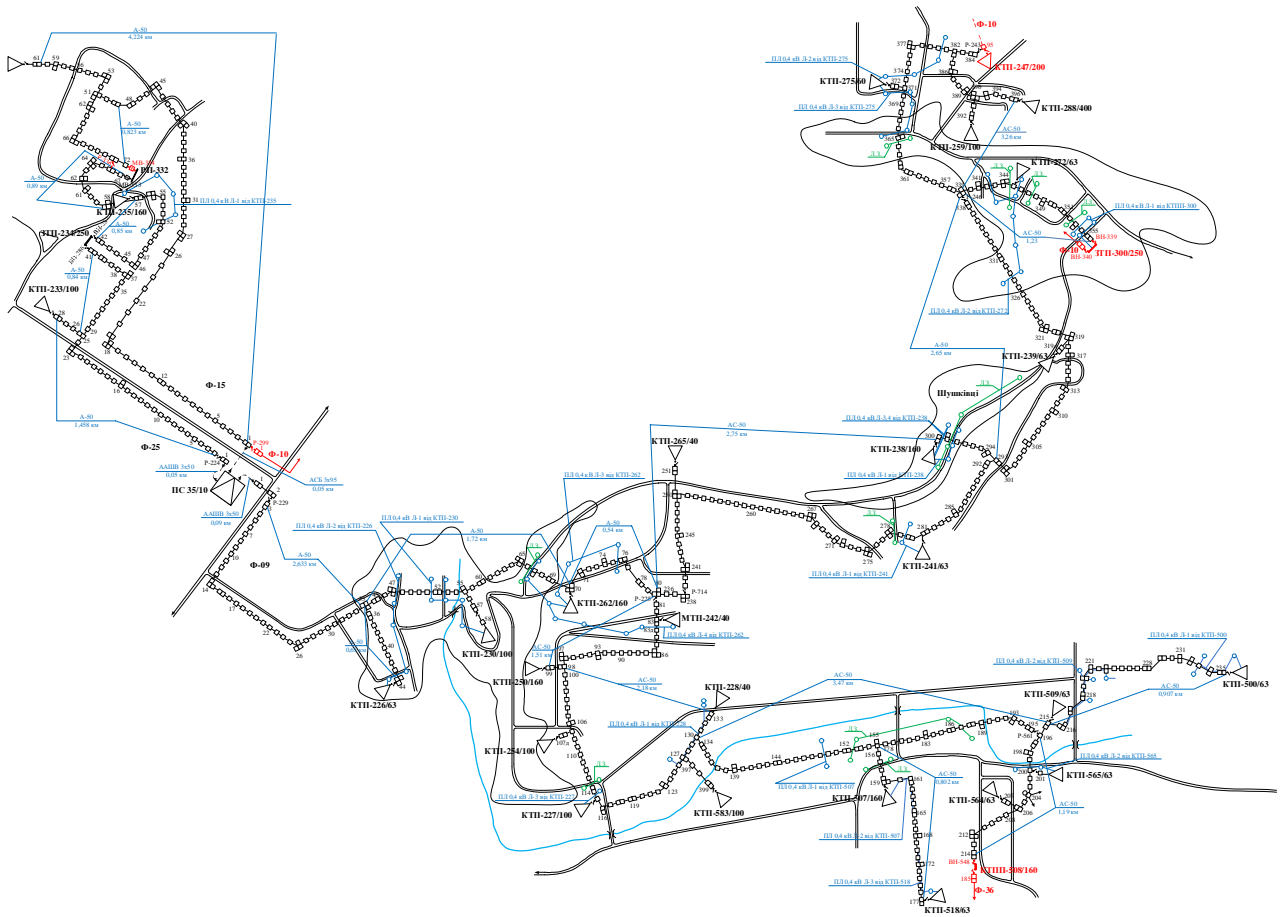


Рисунок 2.5 – Поопорна схема фідера Ф-07.

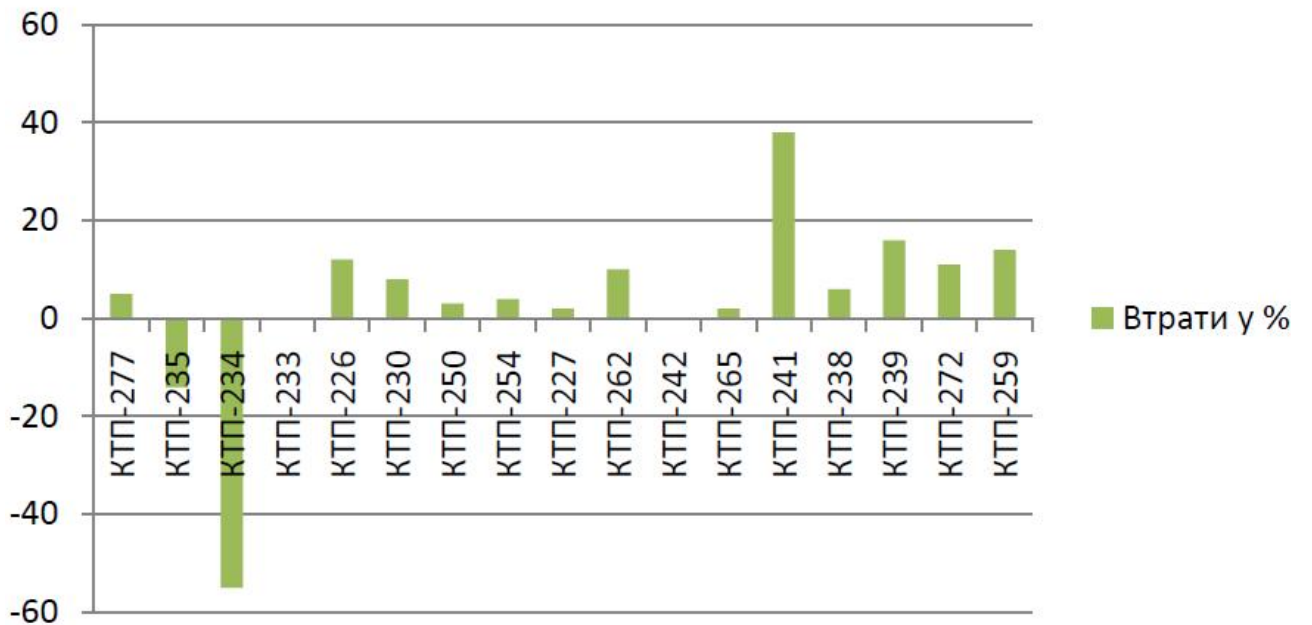


Рисунок 2.6 – Графік втрат у % електроенергії за фідером Ф-07 за 2022 рік

По Виноградівському РЕМ за 2018-2022 роки, за фідерами було виявлено 3 фідери з найбільшими втратами.

Проведемо аналіз відпущеної електроенергії та її втрат з 2018 по 2022 рік у розподільчих районних мережах, за фідерами КТП-202, КТП-129, КТП-241. Результати аналізу подаємо у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Відпуск та втрати електроенергії за розглянутими фідерами за 2018-2022 рік.

Фідер/Рік	Показники	2022	2021	2020	2019	2018
КТП-202	Відпуск у мережу кВт·год	395306	438978	426246	486388	343551
	Втрати у кВт·год	50623	78218	102075	100971	73308
	Втрати у %	13	18	24	21	21
КТП-129	Відпуск у мережу кВт·год	44323	33242	61322	25321	31293
	Втрати у кВт·год	15121	17169	43723	4186	1524
	Втрати у %	34	52	71	17	5
КТП-241	Відпуск у мережу кВт·год	404898	403642	431788	291586	256932
	Втрати у кВт·год	147788	154427	175260	22831	31721
	Втрати у %	37	38	41	8	12

Як видно з даних таблиці 2.4 за результатами розрахунку за фідером КТП-202: втрати за 5 років перевищували норму у 2 рази, за винятком 2022 року, де втрати знизилися до 13%. За фідером КТП-129 втрати за кожен рік були різні, але з 2020 року вони почали знижуватися. У фідері КТП-241 у 2018 та 2019 роках втрати були майже на рівні нормативу. Але починаючи з 2020 року вони перевищують норматив у 4 рази.

У таблиці 2.5 відображені щомісячний відпуск та втрати електроенергії по фідеру КТП-202 за 2021 рік.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку для кожного місяця 2021 р, КТП-202

	Відпуск у мережу кВт·год	Втрати, кВт·год	Втрати у %
Січень	72756	30842	42
Лютий	42970	7799	18
Березень	41652	14038	34
Квітень	35783	3910	11
Травень	28503	3874	14
Червень	24526	4145	17
Липень	20381	-176	-1
Серпень	21453	-579	-3
Вересень	29361	10024	34
Жовтень	36630	9323	25
Листопад	38858	3754	10
Грудень	46105	4578	10

Для наочності представимо графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії за фідером КТП-202 за 2021 рік на рис. 2.7.

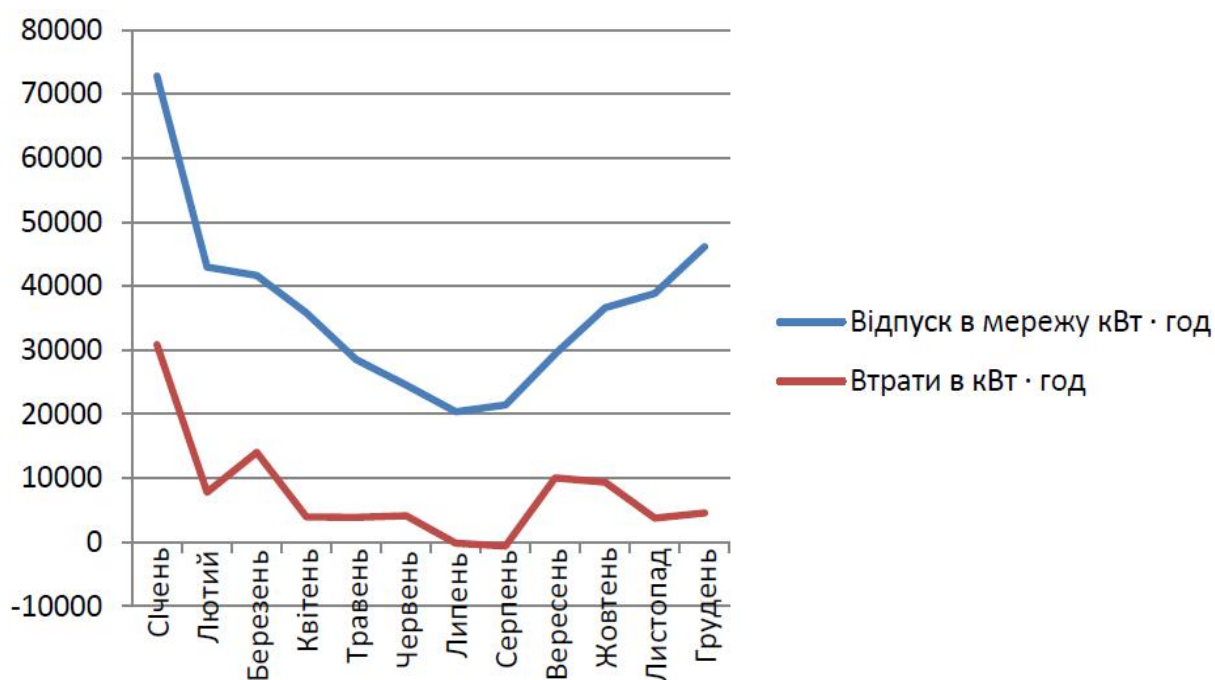


Рисунок 2.7 – Графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії за фідером КТП-202 за 2021 рік.

У таблиці 2.6 відображені щомісячний відпуск та втрати електроенергії по фідеру КТП-202 за 2022 рік.

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку для кожного місяця 2022 р, КТП-202

	Відпуск у мережу кВт·год	Втрати, кВт·год	Втрати у %
Січень	47971	12396	26
Лютий	36562	3586	10
Березень	42937	12932	30
Квітень	34446	4760	14
Травень	28652	12484	44
Червень	21239	928	4
Липень	18997	731	4
Серпень	20075	-25742	-128
Вересень	26481	2645	10
Жовтень	34290	7700	22
Листопад	38895	9654	25
Грудень	44761	8549	19

Для наочності представимо графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії за фідером КТП-202 за 2022 рік на рис. 2.8.

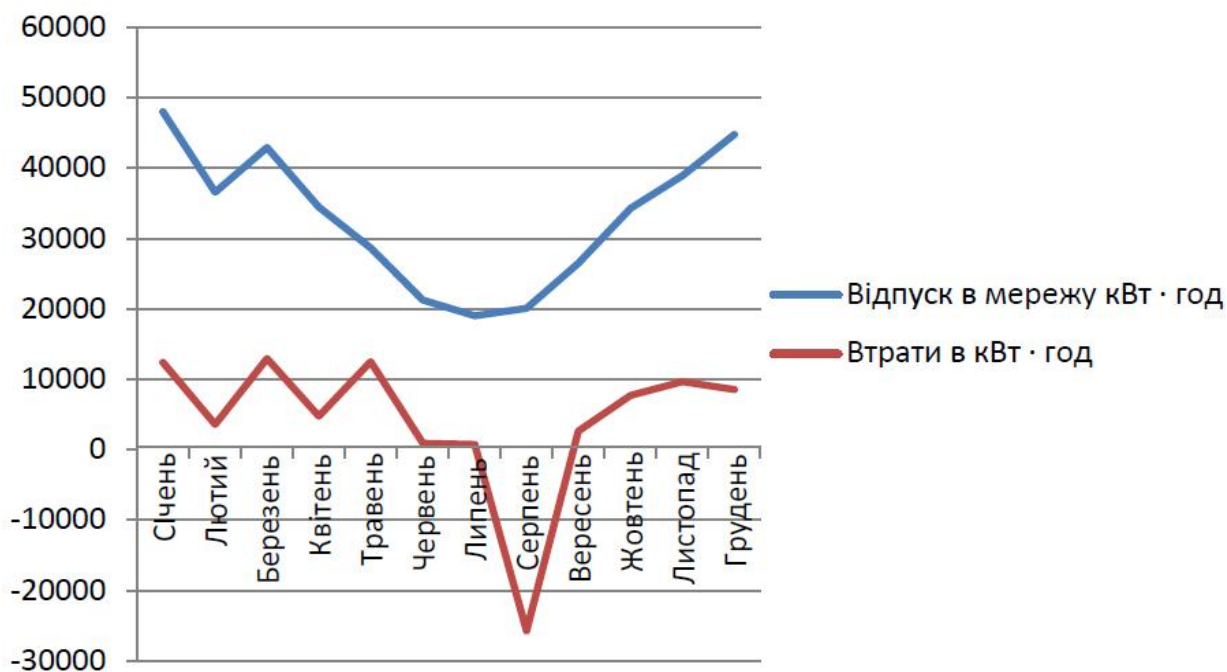


Рисунок 2.8 – Графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії за фідером КТП-202 за 2022 рік.

Зробимо розрахунок технічних втрат електроенергії ПЛ 10 кВ, за фідером КТП-202 за 2021 рік

Вихідні дані для розрахунку:

- номінальна напруга $U_H = 10 \text{ кВ}$;
- сумарна довжина лінії $L = 0,017 \text{ км}$;
- потужність трансформаторів $S_{\Sigma T} = 400 \text{ кВА}$;
- число годин максимального навантаження $T_{max} = 2500 \text{ год} / \text{рік}$.
- число годин на рік $T_p = 8760 \text{ год}$.

Для розрахунку користуватимемося такими формулами:

$$I = \frac{S_{TP}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 2312 \text{ А}$$

$$P = 3I^2 \cdot R,$$

де R знайдемо за формулою:

$$R = r_{num} \cdot l = 0,497 \cdot 0,017 = 0,0084 \text{ Ом}$$

$$P = 3 \cdot 23,12^2 \cdot 0,0084 = 4,49 \text{ кВт}$$

У даному фідері на стороні 10 кВ використовується провід СІП-3. Технічні характеристики дроту СІП-3 представлені у довідкових даних [10].

$$W = P \cdot \tau,$$

Де τ знайдемо згідно формули:

$$\tau = (0,124 + T_m \cdot 10^{-4}) \cdot T_D;$$

$$\tau = (0,124 + 2500 \cdot 10^{-4}) \cdot 8760 = 3276,2$$

$$W = 4,49 \cdot 3276,2 = 14710,3 \text{ кВт}$$

$$W_{\%} = \frac{14710,3}{438978} = 3,4\%$$

Як видно з розрахунків, технічні втрати за фідером КТП-202 не перевищують норматив у районних електричних мережах, який становить 5%.

У таблиці 2.7 відображені щомісячний відпуск та втрати електроенергії по фідеру КТП-129 за 2021 рік.

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку для кожного місяця 2021 р, КТП-129

	Відпуск у мережу кВт·год	Втрати, кВт·год	Втрати у %
Січень	2258	701	31
Лютий	2004	-45	-2
Березень	1994	-200	-10
Квітень	1738	1516	87
Травень	1377	-320	-23
Червень	1661	-74	-4
Липень	1735	640	37
Серпень	1591	250	16
Вересень	2150	152	7
Жовтень	2238	616	28
Листопад	7648	8651	113
Грудень	6848	5461	80

Для наочності представимо графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії за фідером КТП-129 за 2021 рік на рис. 2.9.

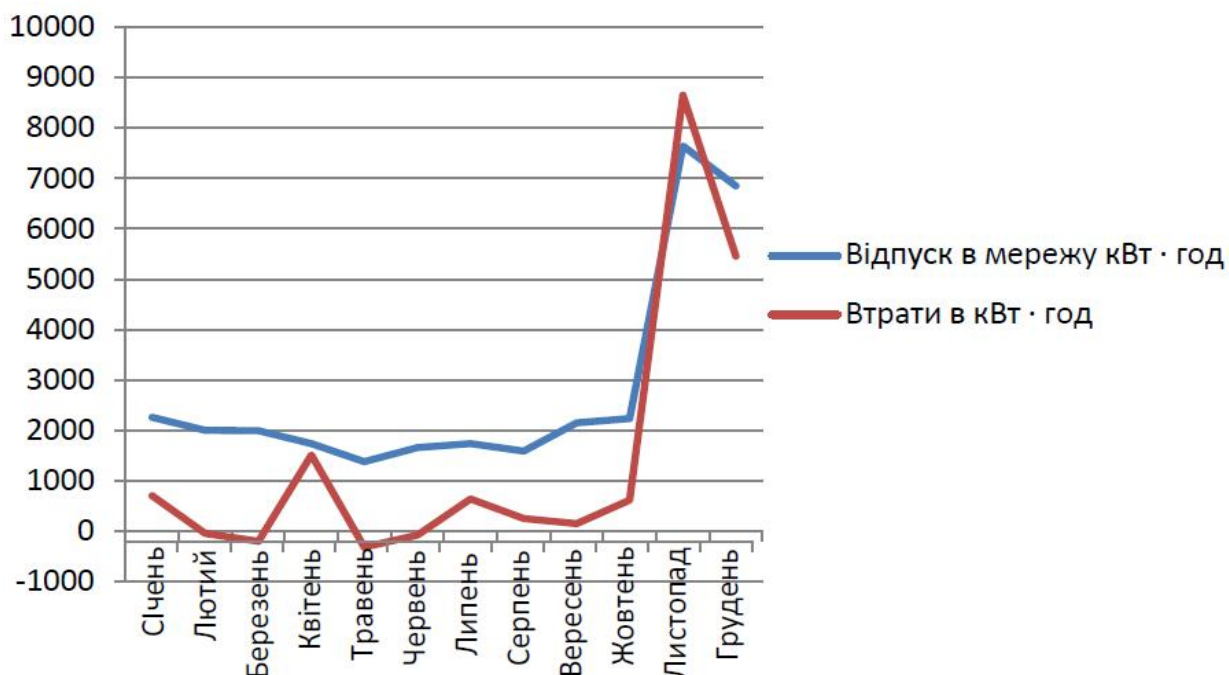


Рисунок 2.9 – Графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії за фідером КТП-129 за 2021 рік.

У таблиці 2.8 відображені щомісячний відпуск та втрати електроенергії по фідеру КТП-129 за 2022 рік.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку для кожного місяця 2022 р, КТП-129

	Відпуск у мережу кВт·год	Втрати, кВт·год	Втрати у %
Січень	4710	2743	58
Лютий	2775	1244	48
Березень	6140	4390	71
Квітень	2843	1408	50
Травень	1370	132	10
Червень	1728	-2934	-170
Липень	1479	104	7
Серпень	2526	973	39
Вересень	3626	-154	-4
Жовтень	4469	1775	40
Листопад	5912	1969	33
Грудень	6745	3471	51

Для наочності представимо графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії за фідером КТП-129 за 2022 рік на рис. 2.10.

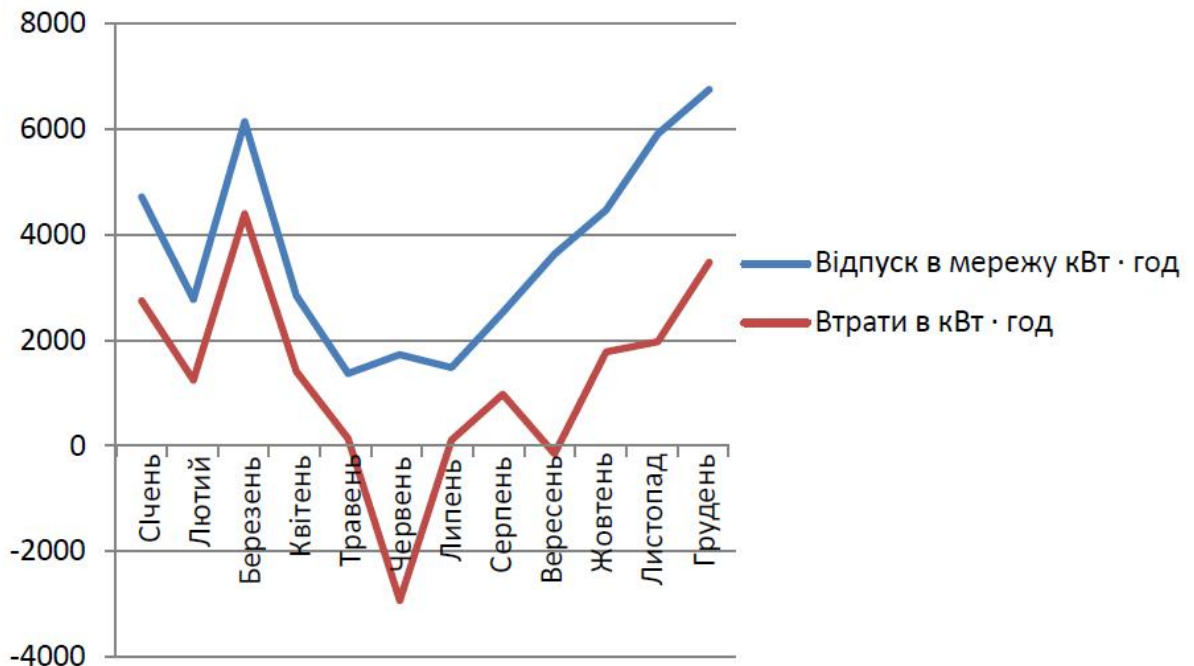


Рисунок 2.10 – Графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії за фідером КТП-129 за 2022 рік.

У таблиці 2.9 відображені щомісячний відпуск та втрати електроенергії по фідеру КТП-129 за 2021 рік.

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку для кожного місяця 2021 р, КТП-241

	Відпуск у мережу кВт·год	Втрати, кВт·год	Втрати у %
Січень	41611	17011	41
Лютий	35744	8401	24
Березень	23198	1904	8
Квітень	75638	54922	73
Травень	20941	5109	24
Червень	19479	2821	14
Липень	16658	3040	18
Серпень	17628	1699	10
Вересень	24204	5959	25
Жовтень	36473	16500	45
Листопад	41222	17872	43
Грудень	50846	22085	43

Для наочності представимо графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії за фідером КТП-241 за 2021 рік на рис. 2.11.

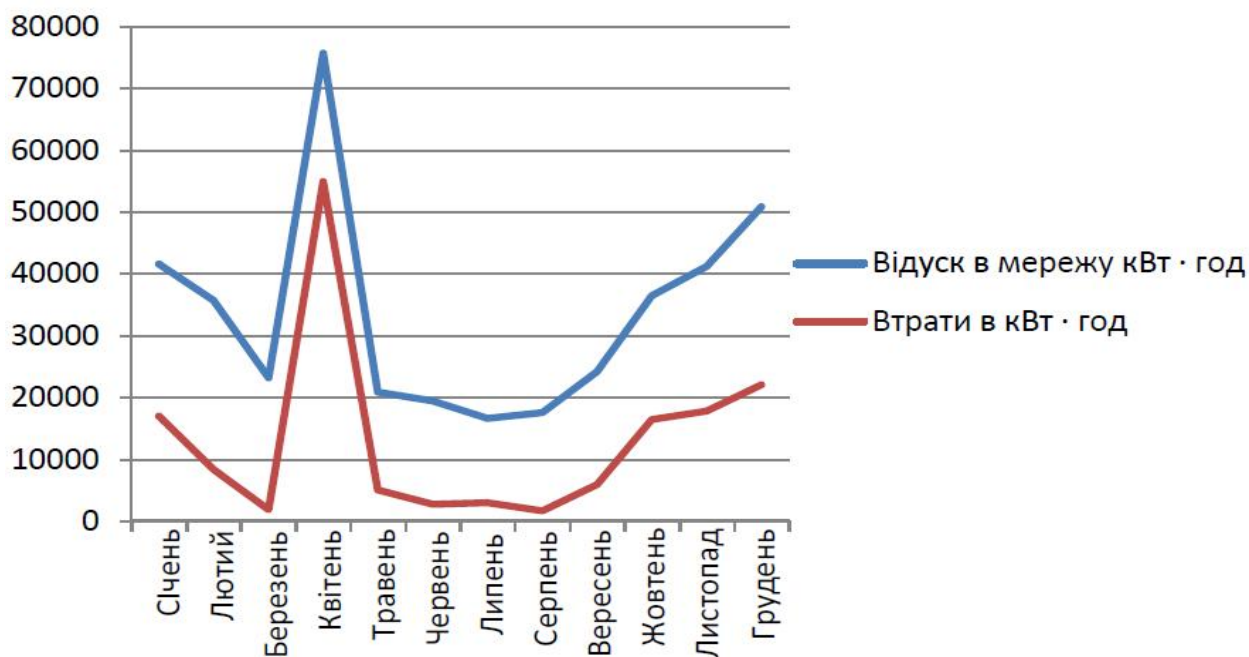


Рисунок 2.11 – Графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії за фідером КТП-241 за 2021 рік.

У таблиці 2.10 відображені щомісячний відпуск та втрати електроенергії по фідеру КТП-129 за 2022 рік.

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку для кожного місяця 2022 р, КТП-241

	Відпуск у мережу кВт·год	Втрати, кВт·год	Втрати у %
Січень	55601	22756	41
Лютий	42667	16873	40
Березень	45862	25734	56
Квітень	34783	9426	27
Травень	25335	8556	34
Червень	17289	1314	8
Липень	15070	-49	0
Серпень	16692	1230	7
Вересень	24585	10363	42
Жовтень	35587	16093	45
Листопад	41789	14841	35
Грудень	49638	20651	42

Для наочності представимо графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії за фідером КТП-241 за 2022 рік на рис. 2.12.

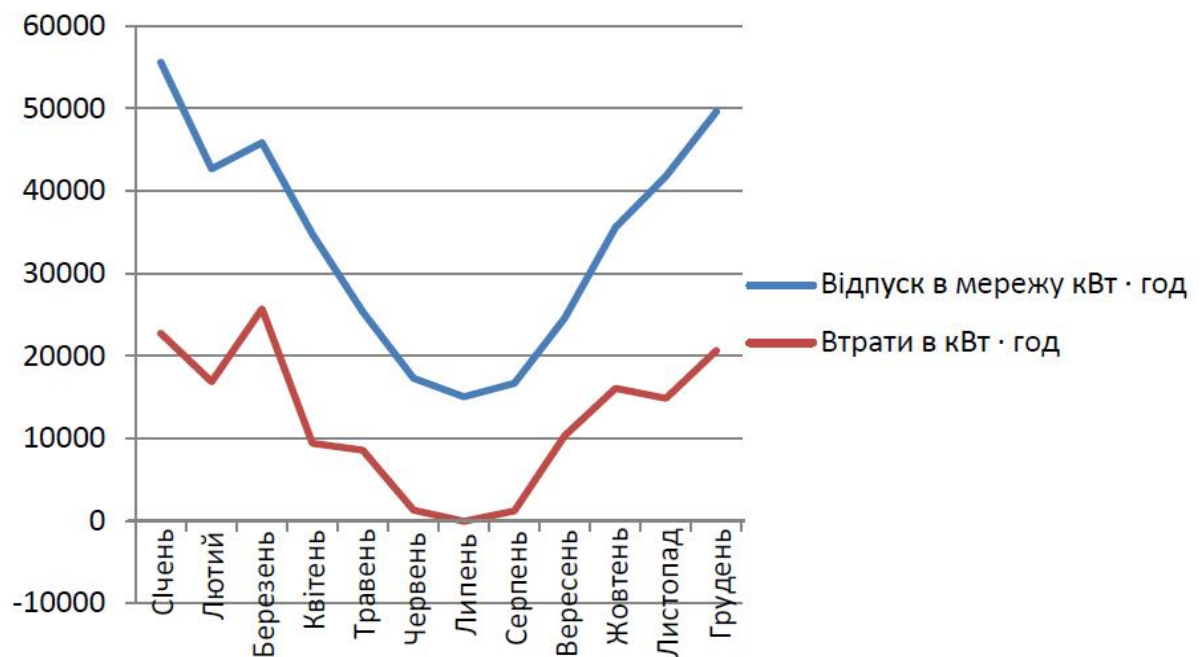


Рисунок 2.12 – Графік щомісячного відпуску та втрат електроенергії за фідером КТП-241 за 2022 рік.

Зробивши аналіз графіків (рис. 2.8-2.12), бачимо, що втрати електроенергії будуть збільшені в період з жовтня до квітня. Це відбувається через те, що навантаження збільшується, і як наслідок розкрадання електричної енергії споживачами приватного сектора також збільшується.

2.2 Зіставлення нормативних та загальних показників втрат за 5 років по кожному фідеру

У Виноградівському РЕМ нормативом втрат електроенергії з автоматизованою інформаційно-вимірювальною системою комерційного обліку електроенергії визначено норму загальних втрат від -5 до +10, без АСКОЕ -10 +20, тому ми порівнюватимемо втрати з цим нормативом, таблиця 2.11.

Таблиці 2.11 – Щорічний відпуск та втрати електроенергії по кожному із фідерів.

Фідер/Рік	Показники	2022	2021	2020	2019	2018
КТП-202	Відпуск у мережу кВт·год	395306	438978	426246	486388	343551
	Втрати у кВт·год	50623	78218	102075	100971	73308
	Втрати у %	13	18	24	21	21
	Норми втрат	10	10	10	10	10
КТП-129	Відпуск у мережу кВт·год	44323	33242	61322	25321	31293
	Втрати у кВт·год	15121	17169	43723	4186	1524
	Втрати у %	34	52	71	17	5
	Норми втрат	10	10	10	10	10
КТП-241	Відпуск у мережу кВт·год	404898	403642	431788	291586	256932
	Втрати у кВт·год	147788	154427	175260	22831	31721
	Втрати у %	37	38	41	8	12
	Норми втрат	10	10	10	10	10

Для наочності представимо графік відсоткового співвідношення загальних та нормативних втрат за фідером КТП-202 (рис. 2.13).

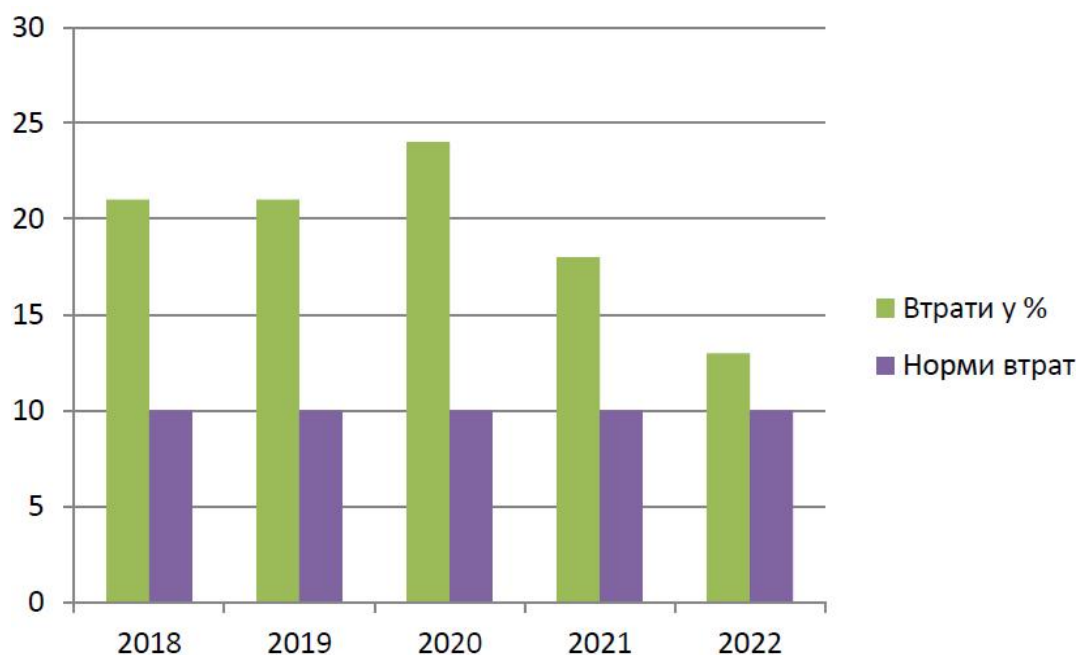


Рисунок 2.13 – Графік відсоткового співвідношення загальних та нормативних втрат з фідера КТП-2022

На графіку (рис. 2.14) відобразимо відхилення загальних втрат від нормативних у відсотковому співвідношенні.

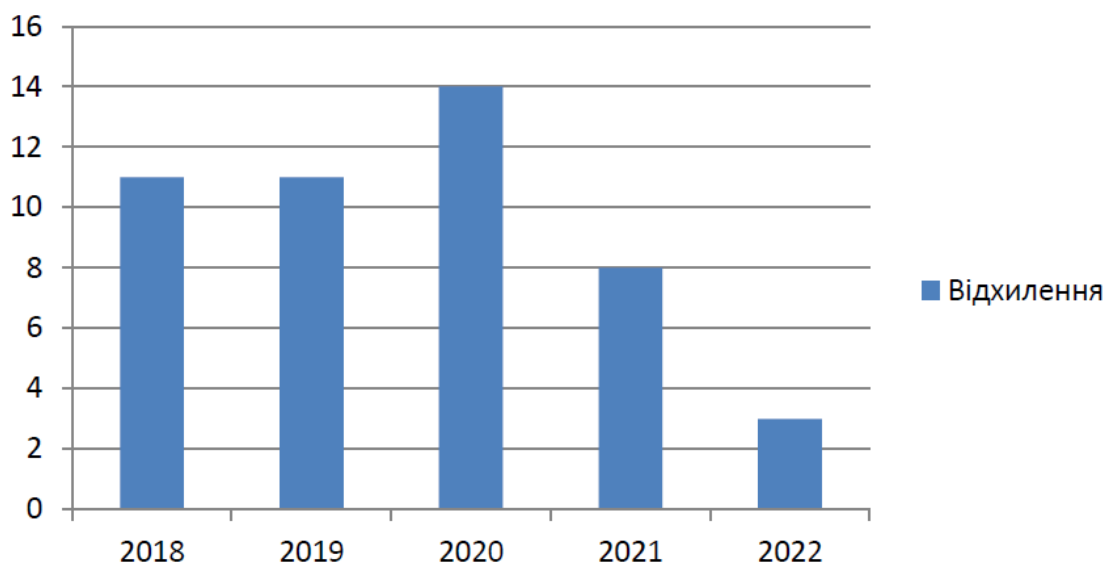


Рисунок 2.14 – Графік відхилення загальних втрат від нормативних за фідером КТП-2022

Для наочності представимо графік відсоткового співвідношення загальних та нормативних втрат за фідером КТП-129 (рис. 2.15).

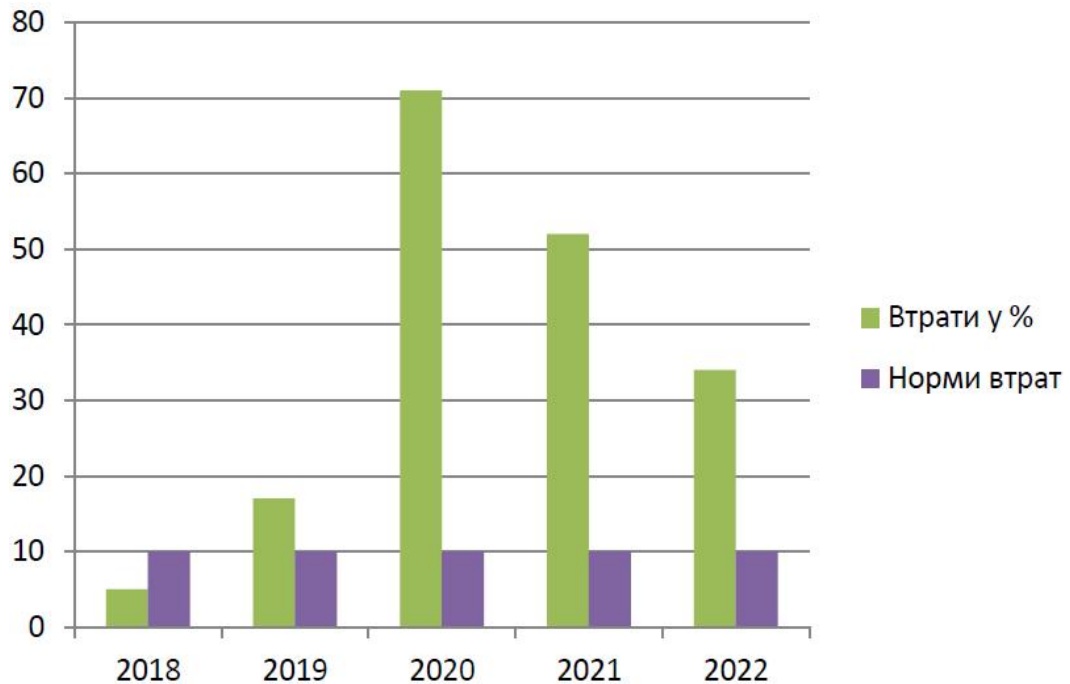


Рисунок 2.15 – Графік відсоткового співвідношення загальних та нормативних втрат з фідера КТП-129

На графіку (рис. 2.16) відобразимо відхилення загальних втрат від нормативних у відсотковому співвідношенні.

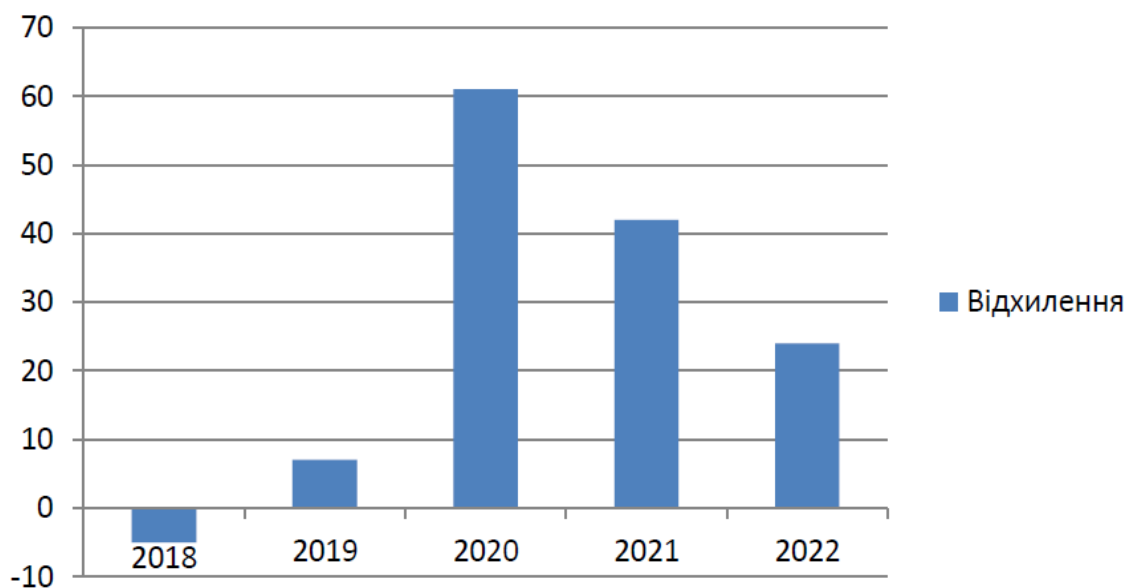


Рисунок 2.16 – Графік відхилення загальних втрат від нормативних за фідером КТП-129

Для наочності представимо графік відсоткового співвідношення загальних та нормативних втрат за фідером КТП-241 (рис. 2.17).

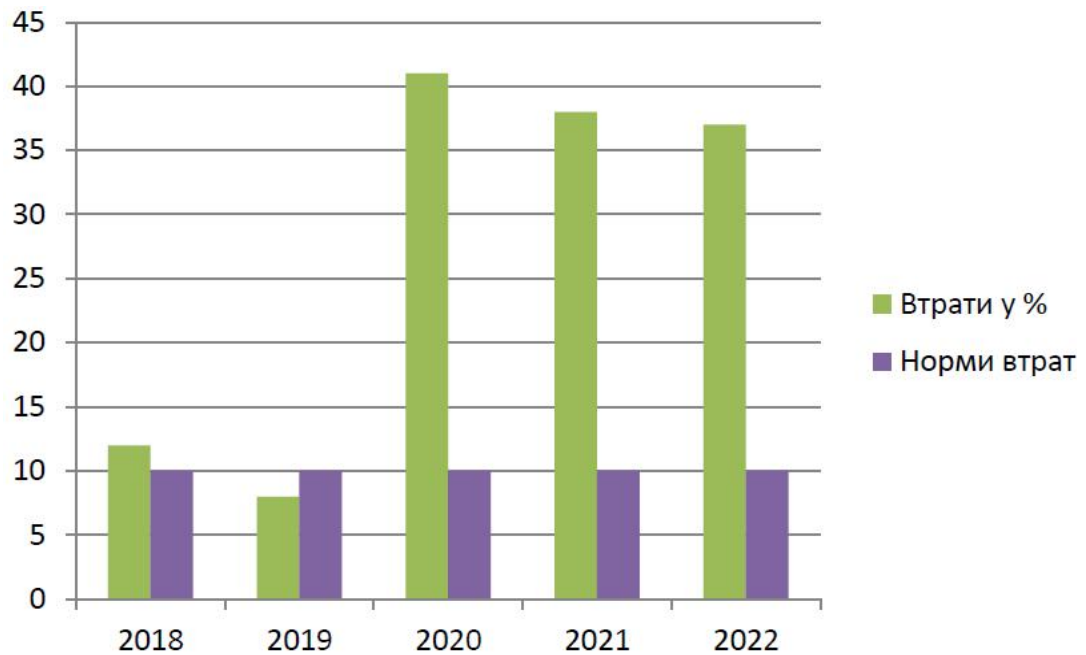


Рисунок 2.17 – Графік відсоткового співвідношення загальних та нормативних втрат з фідера КТП-241

На графіку (рис. 2.18) відобразимо відхилення загальних втрат від нормативних у відсотковому співвідношенні.

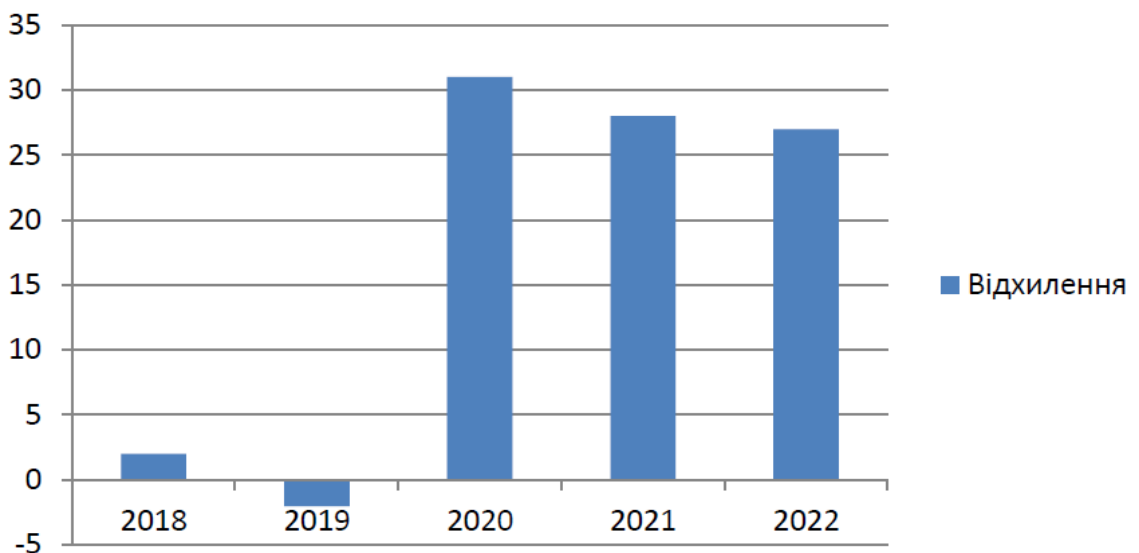


Рисунок 2.18 – Графік відхилення загальних втрат від нормативних за фідером КТП-241

За проаналізований період 5 років, були побудовані графіки (рис. 2.13-2.18), яких було відображено зміни загальних втрат від нормативних. Виходячи з отриманих даних, представлених на графіках, бачимо, що до 2020 року втрати в фідерах, що розглядаються, були наближені до нормативних. У наступні 3 роки втрати електроенергії перевищували нормативні втрати у кілька разів.

За фідером КТП-202 ми бачимо, що найбільші втрати були у 2020 році, і вони становили 24%. У наступні роки втрати знижувалися та майже наблизилися до нормативних, з 2020 року вони знизилися на 46%.

По фідер КТП-129 ми бачимо, що найбільші втрати були так само в 2020 році, і вони склали 71%. Так само, як і в попередньому фідері, втрати почали знижуватися і наприкінці 2022 року склали 34%, а зниження з 2020 року склало 52%.

По фідеру КТП-241 ми бачимо, що найбільші втрати, як і в попередніх фідер, були в 2020 році, і вони склали 41%. У 2021 та 2022 їх зниження було не значно і становило 10%.

Аналіз періоду, що розглядається, за роками показів, що починаючи з 2020 року по всіх 3 фідерах збільшилися, у кілька разів загальні втрати до відношення 2018-2019 року. Але є тенденція зниження втрат.

За результатами аналізу виявлено, що стійкий високий рівень загальних втрат утримується період із жовтня по квітень включно. У період із квітня по жовтень відбувається суттєве зниження втрат із мінімально стійким рівнем. Це свідчить про явно сезонний характер поширення загальних втрат електричної енергії протягом року.

2.3 Висновки до розділу 2

В даному розділі було отримано дані про загальні втрат в електричних мережах Виноградівського РЕМ. Здійснено аналіз балансу відпущеної та спожитої енергії за наданими звітними даними. Проведений аналіз показав, на яких ділянках було перевищено втрату. Скориставшись отриманими даними

про загальні втрати за період 2018-2022 року, у Виноградівському РЕМ було виявлено 3 фідери з високими втратами.

За проаналізований період 5 років, були побудовані графіки, на яких було відображено зміни загальних втрат від нормативних. Аналіз періоду, що розглядається, за роками показів, що починаючи з 2020 року по всіх 3 фідерах збільшилися, у кілька разів загальні втрати до відношення 2018-2019 року. Але є тенденція зниження втрат.

За результатами аналізу виявлено, що стійкий високий рівень загальних втрат утримується період із жовтня по квітень включно. У період із квітня по жовтень відбувається суттєве зниження втрат із мінімально стійким рівнем. Це свідчить про явно сезонний характер поширення загальних втрат електричної енергії протягом року.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка заходів щодо зниження втрат у розподільчих мережах

Втрати потужності в мережах визначають з метою їхнього зниження. Процес зниження втрат – це оптимізація режиму електричної мережі. Їх оптимізують при експлуатації та проектуванні мережі [14]. За результатом проведеного аналізу загальних втрат електроенергії в розподільчих мережах Виноградівського РЕМ за 5-річний період, було виявлено 3 фідери, на яких були високі втрати, внаслідок цього можна запропонувати проведення наступних заходів для подальшого зниження втрат:

- Перенесення пристроїв обліку на межу експлуатаційної відповідальності споживачів електроенергії приватних домогосподарств.
- Установка автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем комерційного обліку електроенергії, що не дістають (АСКОЕ).
- Заміна голого дроту на самонесучі ізольовані дроти (СІП) напругою 10 кВ.

Далі розглянемо кожний захід, докладніше.

3.1.1 Перенесення приладів обліку на межу експлуатаційної відповідальності споживачів електроенергії приватних домогосподарств

Для того щоб втрати електроенергії від розкрадань були меншими необхідно, споживачам обмежити доступ до приладів обліку, їх потрібно встановлювати за межею балансової належності, для цього підходять опора або споруда, що знаходиться за межами території, що належить споживачеві.

Для реалізації такого проекту знадобляться великі фінансові вкладення, але це дозволить вирішити частину проблем, пов'язаних із розкраданням електроенергії, таких як:

- Забезпечити безпечне обслуговування та, при необхідності, відключення споживача від мережі.

- Виключити несанкціонований доступ до пристроїв обліку електричної енергії.
- Забезпечити зручне компонування при індивідуальному проектуванні приватного сектора [15].

3.1.2 Встановлення автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ)

Установка приладів АСКОЕ унеможливить зняття показань для всіх споживачів є одноразовою, це допоможе знизити комерційні втрати.

В Україні існує кілька видів автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії для побутових споживачів, які можуть бути встановлені в будинках або квартирах. Одним з найпоширеніших видів АСКОЕ є "розумний лічильник" [18], який має вбудовані функції для збору та передачі даних про споживання електроенергії на центральний сервер. Також існують різноманітні моделі АСКОЕ, які можуть виконувати різні функції, такі як вимірювання електричної потужності, контроль електричної мережі, оптимізація енергоспоживання та інші.

Згідно з законодавством України [17], встановлення АСКОЕ для побутових споживачів є добровільним, але рекомендується для підвищення ефективності та точності комерційного обліку електроенергії. Крім того, встановлення розумного лічильника може допомогти знизити витрати на оплату електроенергії, оскільки дозволяє відстежувати рівень споживання електроенергії та знаходити шляхи його зменшення.

Розрахуємо затрати на встановлення розумних лічильників по кожному фідеру окремо

До фідера КТП-202 підключено 494 споживачі, з них 125 трифазне підключення, та 369 однофазне підключення.

Для підключення однофазних споживачів виберемо лічильники типу НІК 2102-01 Е2МСТР1 220В (5-60) А, з вмонтованим радіомодулем, та з реле керування навантаженням навантаженням. Для підключення однофазних

споживачів використаємо лічильники типу НІК 2303 ARTT.1000.МС.11 3x100В 5 (10) А з вмонтованим радіомодулем, та з реле керування навантаженням навантаженням.

Таблиця 3.1 – Витрати на встановлення лічильників в фідер КТП-202.

Кількість споживачів	Тип лічильника	Вартість лічильника, грн.	Вартість монтажу, грн.	Сума витрат, тис грн.
369	НІК 2102-01	2460	350	1036,89
125	НІК 2303	3660	450	513,75
Разом				1550,64

До фідера КТП-129 підключено 597 споживачі, з них 167 трифазне підключення, та 43 однофазне підключення.

Таблиця 3.2 – Витрати на встановлення лічильників в фідер КТП-129.

Кількість споживачів	Тип лічильника	Вартість лічильника, грн.	Вартість монтажу, грн.	Сума витрат, тис грн.
430	НІК 2102-01	2460	350	1208,3
167	НІК 2303	3660	450	686,37
Разом				1894,67

До фідера КТП-202 підключено 655 споживачі, з них 195 трифазне підключення, та 460 однофазне підключення.

Таблиця 3.3 – Витрати на встановлення лічильників в фідер КТП-241.

Кількість споживачів	Тип лічильника	Вартість лічильника, грн.	Вартість монтажу, грн.	Сума витрат, тис грн.
460	НІК 2102-01	2460	350	1292,6
195	НІК 2303	3660	450	801,45
Разом				2094,05

3.1.3 Заміна голого дроту на самонесучі ізолювані дроти (СП) напругою 10 кВ

Багато відключень та нещасні випадки трапляються через голі проводи. У голих не ізолюваних проводів надійність електропостачання вдвічі нижча, ніж у ізолюваних мережах [19]. Заміна голих проводів на СП підвищить безпеку експлуатації та стійкість енергопостачання на найближчі 40 років. На відміну від неізолюваного джгута алюмінію, жила самонесучого кабелю знаходиться в ізоляції. Вона збільшує припустиме навантаження, що дозволяє скоротити кількість опор.

Ізоляція виключає:

- виникнення короткого замикання, іскріння;
- освіта льоду;
- розриву при різкому підвищенні вітрових навантажень;
- збільшення кількості втрат через окислення алюмінію.

У проводу СП відсутні експлуатаційні витрати, що є незаперечним плюсом, так само він знижує навантаження на опори, виключає поразку електричним струмом при випадковому торканні, помітно незаконне підключення [20].

Заміну дроту будемо проводити у ПЛ 10 кВ за всіма 3 фідерами.

У табл. 3.4-3.6 представлені витрати на заміну голого дроту на СП по кожному із фідерів.

Таблиця 3.4 – Витрати на заміну голого дроту на СП в фідер КТП-202.

Довжина дроту, м.	Марка старого дроту	Марка дроту	Ціна за 1 м. грн.	Сума витрат, тис грн.
8412	A-70	СП-3 1×70	60	504,72
1979	A-50	СП-3 1×50	45	89,055
1974	A-35	СП-3 1×35	35	69,09
Разом				662,87

Таблиця 3.5 – Витрати заміну голого дроту на СІП в фідер КТП-129.

Довжина дроту, м.	Марка старого дроту	Марка дроту	Ціна за 1 м. грн.	Сума витрат, тис грн.
4703	A-70	СІП-3 1×70	60	282,18
910	A-50	СІП-3 1×50	45	40,95
0	A-35	СІП-3 1×35	35	0
Разом				323,13

Таблиця 3.6 – Витрати заміну голого дроту на СІП в фідер 241.

Довжина дроту, м.	Марка старого дроту	Марка дроту	Ціна за 1 м. грн.	Сума витрат, тис грн.
5544	A-70	СІП-3 1×70	60	332,64
57	A-50	СІП-3 1×50	45	2,565
45	A-35	СІП-3 1×35	35	1,575
Разом				336,78

Щоб дізнатися термін окупності заходів щодо зниження витрат, виконаємо розрахунок витрат і втрат.

Загальну суму витрат будемо обчислювати по кожному фідеру:

Фідер КТП-202

$$C_{\text{заг}} = 1550,64 + 662,87 = 2213,51 \text{ тис. грн.}$$

Знайдемо втрати електроенергії, виражені у гривнях.

$$\Delta C = \Delta W \cdot C,$$

$C = 1,44$ грн., тариф на електроенергію для населення, що споживає до 250 кВт на місяць.

ΔW – загальні втрати електроенергії за фідером КТП-202 за 2021 рік становили 362036.

$$\Delta C = 362036 \cdot 1,44 = 521,33 \text{ тис. грн.}$$

Визначимо термін окупності

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{заг}}}{\Delta C},$$

$$T_{ок} = \frac{2213,51}{521,33} = 4,2 \text{ роки.}$$

З розрахунків видно, що за фідером КТП-202 витрати на заходи щодо зниження втрат окупляться трохи більше ніж через чотири роки.

Фідер КТП-129

$$C_{заг} = 1894,67 + 323,13 = 2217,8 \text{ тис. грн.}$$

Знайдемо втрати електроенергії, виражені у гривнях.

$$\Delta C = \Delta W \cdot C,$$

$C = 1,44$ грн., тариф на електроенергію для населення, що споживає до 250 кВт на місяць.

ΔW – загальні втрати електроенергії за фідером КТП-129 за 2021 рік становили 408551.

$$\Delta C = 408551 \cdot 1,44 = 588,31 \text{ тис. грн.}$$

Визначимо термін окупності

$$T_{ок} = \frac{C_{заг}}{\Delta C},$$

$$T_{ок} = \frac{2217,8}{588,31} = 3,8 \text{ роки.}$$

З розрахунків видно, що за фідером КТП-129 витрати на заходи щодо зниження втрат окупляться трохи менше ніж через чотири роки.

Фідер КТП-241

$$C_{заг} = 2094,05 + 336,78 = 2430,83 \text{ тис. грн.}$$

Знайдемо втрати електроенергії, виражені у гривнях.

$$\Delta C = \Delta W \cdot C,$$

$C = 1,44$ грн., тариф на електроенергію для населення, що споживає до 250 кВт на місяць.

ΔW – загальні втрати електроенергії за фідером КТП-241 за 2021 рік становили 483538.

$$\Delta C = 483538 \cdot 1,44 = 696,29 \text{ тис. грн.}$$

Визначимо термін окупності

$$T_{ок} = \frac{C_{заг}}{\Delta C},$$

$$T_{ок} = \frac{2430,83}{696,29} = 3,5 \text{ роки.}$$

З розрахунків видно, що за фідером КТП-241 витрати на заходи щодо зниження втрат окупляться приблизно через три з половиною роки.

3.2 Результат заходів щодо зниження втрат електроенергії

З розрахунків видно загальні втрати по фідерам щороку приблизно становлять 1 805,93 тис. грн. Витрати на заходи щодо зниження втрат електроенергії за трьома фідерами дорівнюватиме 6 862,14 тис. грн., тоді отримуємо, середній термін окупності становитиме приблизно 3,8 роки.

Передбачувані втрати електроенергії за даними фідерам після проведення заходів щодо зниження втрат електроенергії подано у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Передбачувані втрати електроенергії після проведення заходів щодо зниження втрат

	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
Середній показник втрат	31 %	14 %	12 %	15 %
Ймовірні втрати	6 %	4.5 %	3.6 %	5.1 %

Як видно з таблиці 3.7 підвищені втрати будуть з жовтня до квітня, оскільки збільшується споживання електроенергії. За даними таблиці побудуємо діаграму, рисунок 3.1.

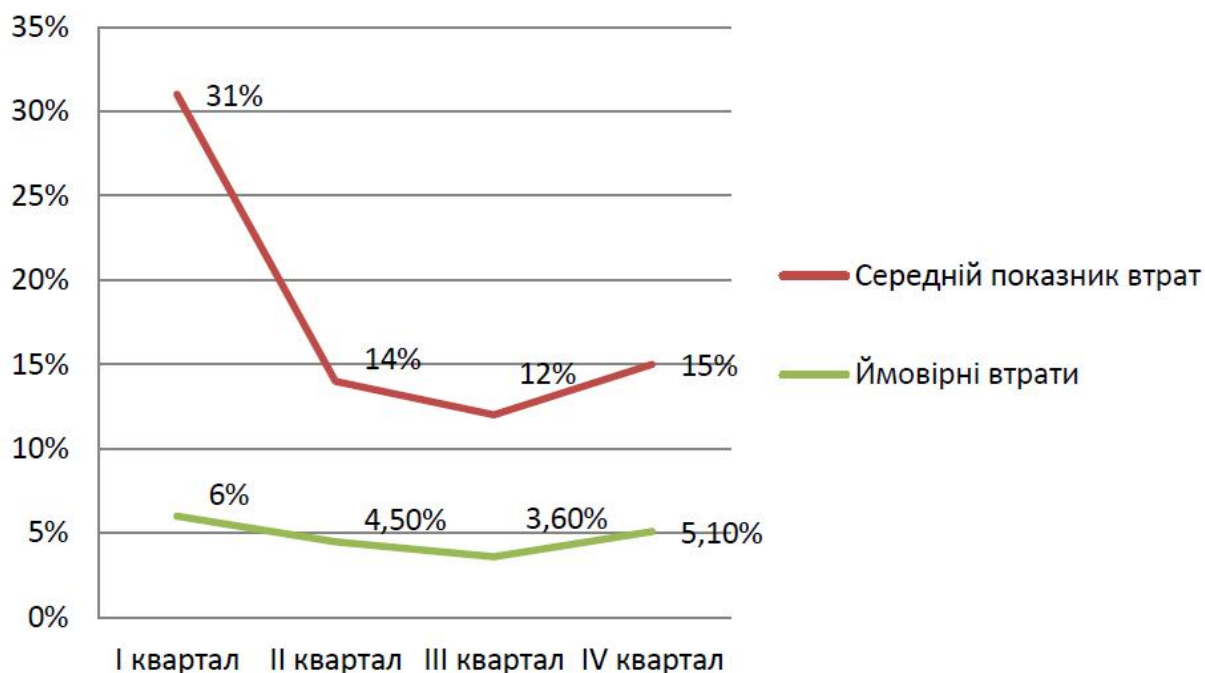


Рисунок 3.1 – Можливі втрати електроенергії після проведення заходів щодо зниження втрат

3.3 Висновки до розділу 3

За результатами проведених заходів загальні втрати по фідерах, що розглядаються, не перевищуватимуть нормативні втрати.

Впровадження програми АСКОЕ на цих фідерах унеможливує безоблікове споживання електроенергії. Також виключається невідповідності дат зняття показань розрахункових лічильників з розрахунковим періодом. Заміна голого дроту на СПП допомагає унеможливити втрати через порушення якості електроенергії, а також виключити можливість бездоговірного споживання. Перенесення приладів обліку на межу експлуатаційної відповідальності споживачів електроенергії приватних володінь не дозволяє застосувати деякі способи розкрадання електроенергії. Таким чином, ми значно скорочуємо загальні втрати електроенергії за даними фідерів

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Електробезпека

Оперативне обслуговування і огляди електроустановок

Оперативні перемикання повинен виконувати оперативний або оперативно-ремонтний персонал, допущений розпорядливим документом керівника організації, черговий електрик або електромонтер по експлуатації електрообладнання.

У електроустановках напругою вище 1000 В працівники з числа оперативного персоналу, одноосібно обслуговуючі електроустановки, повинні мати групу по електробезпеці IV, інші працівники в зміні – групу III.

У електроустановках напругою до 1000 В працівники з числа оперативного персоналу, які одноосібно обслуговують електроустановки, повинні мати групу III.

У електроустановках не допускається наближення людей, механізмів і вантажопідійомних машин до необгороджених струмоведучих частинам, які знаходяться під напругою, на менші відстані ніж вказаних в таблиці. 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимих відстаней до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою

Напруга, кВ	Відстань від людей і використовуваних ними інструментів і пристосувань, від тимчасових обгороджень, м	Відстані від механізмів і вантажопідійомних машин в робочому і транспортному положенні, від стропів, вантажозахватних пристосувань і вантажів, м
До 1	Не нормується (без дотику)	1,0
1-35	0,6	1,0

Одноосібний огляд електроустановок, електротехнічної частині технологічного обладнання може виконувати працівник, що має групу не нижче III, з числа оперативного персоналу, що обслуговують цю

електроустановку в робочий час або знаходиться на чергуванні, або працівник з числа адміністративно-технічного персоналу, що має групу V, для електроустановок напругою вище 1000 В, і працівник, що має групу IV, для електроустановок напругою до 1000 В і право одноосібного огляду на підставі письмового розпорядження керівника організації.

Працівники, не обслуговуючі електроустановки, можуть допускатися до них у супроводі оперативного персоналу, що має групу IV – в електроустановках напругою вище 1000 В, і що має групу III – в електроустановках напругою до 1000 В, або працівника, що має право одноосібного огляду.

Супроводжуючий працівник повинен стежити за безпекою людей, допущених в електроустановки, і попереджати їх про заборону наближатися до струмоведучих частин.

При огляді електроустановок дозволяється відкривати двері щитів, складок, пультів керування та інших пристроїв.

При огляді електроустановок напругою вище 1000 В не допускається входити в приміщення, камери, не обладнані обгородженнями (вимоги до встановлення обгороджень приведені в ПУЕ) або бар'єрами, що перешкоджають наближенню до струмоведучих частин на відстані менші ніж вказаних в табл. 4.1. Не допускається проникати за обгородження і бар'єри електроустановок.

Не допускається виконання будь-яких робіт під час огляду.

При замиканні на землю в електроустановках напругою 3-35 кВ наближатися до місця замикання на відстань менше 4 м в ЗРП допускається тільки для оперативних перемикачів з метою ліквідації замикання і звільнення людей, що потрапили під напругу. При цьому слід користуватися електрозахисними засобами.

Відключати і включати роз'єднувачів, віддільників і вимикачі напругою вище 1000 В з ручним приводом необхідно в діелектричних рукавичках.

Знімати і встановлювати запобіжники слід при знятій напрузі.

Допускається знімати і встановлювати запобіжники, що знаходяться під напругою, але без навантаження.

Під напругою і під навантаженням допускається замінювати: запобіжники у вторинних колах, запобіжники трансформаторів напруги і запобіжники пробкового типу.

При знятті і встановленні запобіжників під напругою необхідно користуватися:

- у електроустановках напругою вище 1000 В – ізолюючими кліщами(штангою) із застосуванням діелектричних рукавичок і засобів захисту обличчя і очей;
- у електроустановках напругою до 1000 В – ізолюючими кліщами або діелектричними рукавичками і засобами захисту обличчя або очей.

Двері приміщень електроустановок, камер, щитів і складок, окрім тих, в яких проводяться роботи, мають бути закриті на замок.

Порядок зберігання і видачі ключів від електроустановок визначається розпорядженням керівника організації. Ключі від електроустановок повинні знаходитися на обліку у оперативного персоналу.

Ключі мають бути пронумеровані і зберігатися в ящику, що замикається. Один комплект має бути запасним.

Ключі повинні видаватися під розписку:

- працівникам, що мають право одноосібного огляду (у тому числі оперативному персоналу) від усіх приміщень;
- при допуску по наряді-допуску (допускаючому з числа оперативного персоналу, відповідальному керівникові і виконавцеві робіт) від приміщень, в яких належить працювати.

Ключі підлягають поверненню щодня після закінчення огляду або роботи.

Видача і повернення ключів повинні записуватись в спеціальному журналі довільної форми або в оперативному журналі.

При нещасних випадках для звільнення потерпілого від дії електричного струму напруга має бути знята негайно без попереднього дозволу.

Організаційні і технічні заходи по забезпеченню електробезпеки

До роботи в електроустановках повинні допускатися особи, що пройшли інструктаж і навчання безпечним методам праці, перевірку знань правил безпеки і інструкцій відповідно до займаної посади стосовно виконуваної роботи з привласненням відповідної кваліфікаційної групи по техніці безпеки і які не мають медичних протипоказань, встановлених Міністерством охорони здоров'я.

Для забезпечення безпеки робіт в діючих електроустановках повинні виконуватися наступні організаційні заходи:

- призначення осіб, відповідальних за організацію і безпеку виконання робіт;
- оформлення наряду або розпорядження на виконання робіт;
- здійснення допуску до проведення робіт;
- організація нагляду за проведенням робіт;
- оформлення закінчення роботи, перерв в роботі, переведень на інші робочі місця;
- встановлення раціональних режимів праці і відпочинку.

Для забезпечення безпеки робіт в електроустановках слід виконувати:

- відключення установки (частини установки) від джерела живлення;
- перевірку відсутності напруги;
- механічне замикання приводів комутаційних апаратів;
- зняття запобіжників ;
- від'єднання кінців живлячих ліній та інші заходи, що унеможливають помилкове подання напруги до місця роботи;
- заземлення відключених струмоведучих частин (накладення переносних заземлювачів, включення заземлюючих ножів);
- обгородження робочого місця або струмоведучих частин, які залишилися під напругою, до яких в процесі роботи можна доторкнутися або наблизитися на неприпустиму відстань.

При проведенні робіт зі зняттям напруги в діючих електроустановках або поблизу них:

- відключення установки (частини установки) від джерела живлення електроенергією;
- механічне замикання приводів відключених комутаційних апаратів;
- зняття запобіжників;
- від'єднання кінців живлячих ліній та інші заходи, що забезпечують неможливість помилкового подання напруги до місця роботи;
- встановлення знаків безпеки і обгороджень струмоведучих частин, які залишаються під напругою, до яких в процесі роботи можна доторкнутися або наблизитися на неприпустиму відстань;
- накладення заземлень (включення заземлюючих ножів або накладення переносних заземлень);
- обгородження робочого місця і встановлення попереджувальних знаків безпеки.

При проведенні робіт на струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою виконують роботи по наряду не менше ніж двоє осіб, із застосуванням електрозахисних засобів, із забезпеченням безпечного розташування працюючих і використовуваних механізмів і пристосувань.

4.2 Пожежна безпека

Головні причини можливих пожеж в електроустановках це пожежі, пов'язані з експлуатацією електроустановок, які відбуваються :

- від КЗ;
- від порушення правил експлуатації електронагрівних приладів;
- від перевантаження електродвигунів і електричних мереж;
- від утворення великих місцевих перехідних опорів;
- від електричних іскр і дуг.

Короткі замикання представляють найбільшу пожежну небезпеку.

Струми КЗ на декілька порядків перевищують номінальні струми проводів і срумоведучих частин і досягають сотень і тисяч ампер. Такі струми можуть не лише перегріти, але і запалити ізоляцію, розплавити струмоведучі частини і проводи. Плавлення металевих деталей машин і апаратів супроводжується розльотом іскр, які у свою чергу здатні запалити близько розташовані горючі речовини і матеріали, послужити причиною вибуху.

Короткі замикання в електроустановках виникають найчастіше із-за відмови електричної ізоляції внаслідок її старіння і відсутності контролю за її станом. Неправильна експлуатація електроустановок неминуче веде до виникнення пожеж. Не дотримуються пожежобезпечної відстані до горючих матеріалів, при експлуатації електронагрівних приладів для обігріву приміщень. Ігноруються чіткі технічні вказівки по режиму роботи.

На проектуваному об'єкті на кожні 800 м² площі будівлі встановлюються по чотири порошкових або вуглекислотних вогнегасники (місткістю 5 літрів).

У приміщеннях електрощитових 0,4 кВ і ВРП 10 кВ по два вуглекислотних вогнегасники .

Порошкові вогнегасники (ОП) призначені для гасіння пожеж твердих, рідких і газоподібних речовин (залежно від марки використовуваного вогнегасного порошку), а також електроустановок, що знаходяться під напругою до 1 кВ.

Вуглекислотні вогнегасники призначені для гасіння загорянь різних речовин і матеріалів, а також електроустановок, кабелів і проводів, що знаходяться під напругою до 10 кВ.

При проведенні основних проектуваних робіт на цьому об'єкті передбачаються наступні заходи пожежної безпеки

- під'їзні шляхи повинні мати покриття, придатне для проїзду пожежних автомобілів у будь-яку пору року. Ворота для в'їзду мають бути шириною не менше 4 м;

- на початок основних будівельних робіт на будівництві має бути забезпечене протипожежне водопостачання від пожежних гідрантів на водопровідній мережі;
- при реконструкції і введенні об'єктів в експлуатацію чергами частина, що будується, має бути відокремлена від діючої протипожежними перегородками;
- двері на шляхах евакуації повинні відкриватися вільно і по напрямленню виходу з будівлі;
- забороняється захаращувати евакуаційні шляхи і виходи (у тому числі проходи, коридори, тамбури, галереї, ліфтові холи, сходові майданчики). Фіксувати самозакриваючі двері сходових кліток, а також знімати їх;
- виконання робіт всередині будівель із застосуванням горючих речовин і матеріалів одночасно з іншими будівельно-монтажними роботами, пов'язаними із застосуванням відкритого вогню(зварювання і т. п.), не допускається.

Оперативна ліквідація аварій є процесом відділення пошкодженого устаткування (ділянки мережі) від системи електроспоживання, а також виробництва операцій з метою:

- усунення небезпеки для обслуговуючого персоналу і устаткування, не зачепленого аварією;
- запобігання розвитку аварії;
- негайного (в найкоротший строк) відновлення електропостачання споживачів;
- створення найбільш надійної післяаварійної схеми електропостачання і окремих її частин;
- з'ясування стану устаткування, що відключилося під час аварії, і можливості включення його в роботу.
- у аварійних ситуаціях необхідні перемикання робляться тільки оперативним персоналом відповідно до інструкцій підприємств, з

дотриманням норм і правил роботи в електроустановках і із застосуванням усіх необхідних захисних засобів.

У профілактику аварійних ситуацій входить, підтримка енергетичного устаткування на підприємствах в належному технічному стані шляхом технічних і організаційних заходів профілактичного характеру, що планомірно проводяться системою планово-запобіжного ремонту(ПЗР).

Системою ПЗР залежно від режимів роботи електроустаткування і умов його експлуатації встановлюється чергування, періодичність і об'єми технічних обслуговувань і ремонтів електроустаткування з урахуванням забезпечення безперебійної роботи підприємства і безпечного ведення робіт. Планово-запобіжний ремонт включає роботи по догляду, міжремонтному обслуговуванню і проведенню поточних і капітальних ремонтів електроустаткування.

Проведення ремонтів електроустаткування, передбачених системою ПЗР, забезпечує зниження витрат на його утримання, зменшує кількість і час простоїв, число аварій, підвищує надійність роботи і якість ремонту.

Передчасний знос окремих частин і деталей електроустаткування, як правило, є наслідком незадовільного обслуговування або погано проведеного ремонту. Це може створити аварійну ситуацію в електричній мережі або привести до виходу електроустаткування з ладу. Тому попередження передчасного зносу і забезпечення робочого стану устаткування є одним з основних завдань технічного обслуговування електроустаткування.

Приклад передбачуваних аварійних ситуацій :

При виконанні земляних робіт сталося ушкодження одного з живлячих кабелів 10 кВ. Діями обслуговуючого персоналу для відновлення електропостачання були проведені наступні дії:

Відключення пошкодженої живлячої лінії 10кВ. Включення секційного вимикача на РП 0,4 кВ чим було забезпечено електропостачання об'єкту у виниклій аварійній ситуації. Проведені заходи по забезпеченню безпеки відновних робіт.

У час відновлення живлячого кабелю 10 кВ на РП 0,4кВ виникає перегрівання ножів секційного вимикача із за неповного їх включення, що приводить їх до вигорання із-за поганого контакту і розплавленню частини алюмінієвих шин, що з'єднуються з секційним вимикачем. Це призводить до часткового відключення будівлі. Діями чергового персоналу робиться відключення секційного вимикача і попереджається виникнення пожежі на РП 0,4 кВ. Для забезпечення електроенергією відповідальних споживачів (ліфти, холодильне устаткування) персонал в електрощитовій, розташованій в цокольному поверсі будівлі, за допомогою кабелю робить тимчасове підключення і відновлює працездатність цих споживачів. Після відновлення живлячого кабелю 10 кВ черговий персонал робить включення об'єкту в нормальний режим, робить відновлення працездатності секційної зборки 0,4 кВ згідно спеціально розробленому для цього графіку проведення відновних робіт.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі здійснено аналіз втрат, та проведено розробку заходів, щодо зниження втрат електричної енергії в розподільній мережі Виноградівського РЕМ.

В роботі здійснено аналіз структури загальних втрат електроенергії. Детально розглянуто усі складові технічні втрат електричної енергії та подано детальну структуру комерційних втрат електроенергії.

Результатом роботи є аналіз загальних втрат в електричних мережах Виноградівського РЕМ по 3 фідерам, що розглядаються, за період з 2018 року по 2022 рік, запропоновано комплекс заходів щодо зниження загальних втрат в електричних мережах, що включає:

- Перенесення пристроїв обліку на межу експлуатаційної відповідальності споживачів електроенергії приватних володінь.
- Установка автоматизованих інформаційно - вимірювальних систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ)
- Заміна голого дроту на самонесучі ізольовані дроти (СІП) напругою 10 кВ.

За результатами проведених заходів загальні втрати по фідерам, що розглядаються, не перевищуватимуть нормативні втрати, а термін окупності запропонованих заходів – приблизно 4 роки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Малярєнко В. Економія електроенергії і зниження втрат в електричних мережах / Энергосбережение Энергетика Энергоаудит, 2012, № 8(102) С. 9–14.
2. Бохонко І. В. Формування системи виявлення та уникнення втрат операційної діяльності енергопостачальних підприємств [Текст] : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04 / Бохонко Ірина Вадимівна ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів, 2017. - 22 с.
3. Стогній, Б. С., Кириленко, О. В., Праховник, А. В., & Денисюк, С. П. (2012). Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні. Технічна електродинаміка.
4. В. А. Малярєнко, І. Є. Щербак, & І. Д. Колотило (2012). Економія електроенергії і зниження втрат в електричних мережах. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, (8 (102)).
5. Красовський, П. Ю. (2009). Складові втрат електроенергії в елементах систем електропостачання. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 77-80.
6. Герман, Д. О., Луців, В. В., & Стасін, С. Б. (2020). Заходи зниження втрат в системі електропостачання. Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 98-99.
7. Довгань П. І. Аналіз втрат електроенергії в електричних мережах / П. І. Довгань, Е. І. Олашин, А. О. Кукуруза // XI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 7-8 грудня 2022 року. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 65–66.
8. Бабюк, С. М., & В Пліс, Я. (2020). Шляхи підвищення енергоефективності систем електропостачання. Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 82-83.

9. Красовський, Ю. Л., Кулик, В. В., Лежнюк, П. Д., & Красовский, Ю. Л. (2003). Керування втратами електроенергії в розподільних мережах з використанням засобів АСКОЕ.

10. Створене посилання: Самоутримний ізольований провід СІП-3 // МПКА-Україна [Веб-сайт]. - Київ, 2023. - URL: <https://mpka.com.ua/sip-3-provod-samonesushhij-izolirovanny/> (дата звернення: 24.04.2023).

11. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначеності (EN 50160:2010, IDT) : ДСТУ EN 50160: 2014. – [Чинний від 2014-10-01]. – К.Мінекономрозвитку України, 2014. – 33 с. – (Національний стандарт України)

12. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.

13. Технічна політика: Побудова та експлуатація електричних мереж. Технічна політика // Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Київ: ДП «НЕК «Укренерго», 2014. 250 с.

14. Журахівський, А. В. "Оптимізація режимів електроенергетичних систем: навч. посібник для вузів." Львів: Видавництво Львівської політехніки (2010).

15. Буславець О. А. Методи та засоби підвищення достовірності розрахунку та аналізу технологічних витрат електроенергії для обгрунтування їх зменшення : дис. канд. техн. наук : 05.14.02 / Буславець Ольга Анатоліївна – Київ, 2017.– 167 с.

16. Ципленков Д. В. Методи та засоби зниження технічних втрат електроенергії В елементах систем електропостачання / Д. В. Ципленков, П. Ю. Красовський // Електротехніка та електроенергетика. - 2015. - № 1. - С. 77–82. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/etee_2015_1_15

17. НКРЕКП. Постанова № 311 від 14.03.2018 "Кодекс комерційного обліку електричної енергії". Офіційний веб-сайт Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг.

18. Мирославович, Л. А., Волощук, А. В., & Мельник, Ю. Р. (2021). Принципи організації розумних електричних мереж. Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 1, 104-104.

19. Lobanov, S. M. "The impact of environmental factors on the reliability of bare overhead conductors," *Electrical Engineering & Electromechanics*, vol. 2, pp. 54-59, 2019. (англійською мовою)

20. В. Лисенко, М. Кардаш, "Порівняльний аналіз економічної доцільності застосування кабелів СП," *Електротехніка та електромеханіка*, № 4, с. 49-52, 2018 рік.

21. Бабюк, С. М., & Комарський, В. В. (2017). Зменшення втрат електроенергії в комунальній мережі міста. Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 3, 92-92.

22. 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.

23. 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.

24. Бабюк С. М. Шляхи підвищення енергоефективності систем електропостачання / С. М. Бабюк, Я. В Пліс // Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 2. — С. 82–83.

25. Довгань П.І. Підвищення ефективності енергообліку Збаразького РЕМ шляхом впровадження АСКОВЕ для споживачів с. Старий Вишнівець: кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю „141 — електроенергетика, електротехніка та електромеханіка“ / П. І. Довгань. — Тернопіль: ТНТУ, 2022. — 70 с.