

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет
 «Дніпровська політехніка»

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(інститут)

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ

(факультет)

Кафедра ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Михайліної Юлії Миколаївни

(ПІБ)

Академічної групи 141М-22-4

(шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему «Розробка заходів щодо підвищення ефективності роботи електричних мереж
оператора системи розподілу»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинго вою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	<u>Луценко І.М.</u>			
розділів:				
Вступна частина	Луценко І.М.			
Основна частина:	Луценко І.М.			
Економічний	Тимошенко Л.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Олішевський Г.С.			

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
електроенергетики

(повна назва)

_____ Папайка Ю.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Михайліній Ю.М. академічної групи 141М-22-4
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему «Розробка заходів щодо підвищення ефективності роботи електричних мереж
оператора системи розподілу».

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 13.11.2023 № 1372-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступна частина	Аналіз стану проблеми низької надійності роботи електричних мереж України. Аналіз існуючих типів високовольтних вимикачів, що застосовуються в мережах ОСР.	31.10.2023 р.
Основна частина	Дослідження впливу експлуатаційних характеристик на пріоритетність вибору високовольтних вимикачів. Вирішення оптимізаційної задачі вибору вимикачів з певним принципом гасіння електричної дуги для підвищення ефективності роботи електричних мереж ОСР.	30.11.2023 р.
Економічна частина	Економічне обґрунтування запропонованих заходів.	10.12.2023 р.

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Луценко І.М.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Михайліна Ю.М.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 61 стр., 24 табл., 10 рис., 6 джерел.

ВИСОКОВОЛЬТНІ ВИМИКАЧІ, НАДІЙНІСТЬ, КАПІТАЛЬНІ ВИТРАТИ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВИТРАТИ, ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ОБЛАДНАННЯ.

Об'єкт досліджень: високовольтні вимикачі 10-150 кВ з різними принципами гасіння електричної дуги в електричних мережах ОСР.

Предмет досліджень: закономірності впливу технічних характеристик і параметрів експлуатації високовольтних вимикачів на вибір їх типу в умовах електричних мереж ОСР.

У вступній частині виконано аналіз типів високовольтних вимикачів, що застосовуються в електричних мережах ОСР України, їх переваги та недоліки.

В основній частині проведено розрахунки та запропоновано критерії вибору високовольтних вимикачів з урахуванням експлуатаційних характеристик, показників надійності протягом строку служби.

В економічній частині наведені розрахунки та узагальнення щодо оцінки показників вибору вимикачів за критерієм мінімальних капітальних витрат.

У роботі використано метод прийняття рішень для оцінки вагової значущості критеріїв, що впливають на вибір типу вимикача; елементи теорії надійності - при розрахунках відмов вимикачів і пов'язаного з цим недовідпуску електроенергії; метод експертних оцінок - при визначенні значущості критеріїв експлуатації вимикачів.

ABSTRACT

Explanatory note: 61 pages, 24 tables, 10 figures, 6 sources.

HIGH VOLTAGE CIRCUIT BREAKERS, RELIABILITY, CAPITAL COSTS, OPTIMIZATION, OPERATING COSTS, ENVIRONMENTAL EQUIPMENT.

The object of research: high-voltage switches 10-150 kV with different principles of extinguishing the electric arc in the electrical networks of DSO.

The subject of research: regularities of influence of technical characteristics and operational parameters of high-voltage circuit breakers on the choice of their type in the conditions of electric power networks.

In the introductory part, an analysis of the types of high-voltage switches used in the electrical networks of the Ukrainian DSO, their advantages and disadvantages is performed.

In the main part, calculations were carried out and criteria for choosing high-voltage switches were proposed, taking into account operational characteristics and reliability indicators during the service life.

The economic part contains calculations and generalizations regarding the evaluation of indicators for the selection of switches according to the criterion of minimum capital costs.

The paper uses the decision-making method to assess the importance of the criteria affecting the choice of switch type; elements of the theory of reliability - when calculating circuit breaker failures and related power failure; the method of expert evaluations - when determining the significance of the criteria for the operation of switches.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ВСТУПНА ЧАСТИНА	8
1.1 Загальна характеристика високовольтних вимикачів	8
1.2 Вимикаюча здатність, характерні особливості роботи та комутаційний ресурс високовольтних вимикачів	12
1.3 Висновки по розділу	16
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	18
2.1 Аналіз вибору вимикачів за капітальними витратами	18
2.2 Аналіз вибору вимикачів за експлуатаційними параметрами	20
2.3 Аналіз вибору вимикача за показниками надійності	26
2.4 Аналіз вибору вимикача за загальними витратами за період експлуатації	29
2.5 Аналіз вибору вимикача за показниками екологічності	31
2.6 Математична модель вибору комутаційних апаратів за експлуатаційними характеристиками	32
2.7 Аналіз експлуатаційних показників вимикачів 150 кВ за допомогою методу ієрархій	32
2.8 Визначення значущості критеріїв	34
2.9 Визначення пріоритетів вимикачів за критеріями K1-K5	38
2.10 Визначення глобальних пріоритетів вимикачів, що розглядаються, за всіма критеріями з урахуванням їх значущості	42
2.11 Аналіз розрахунку експлуатаційних характеристик методом ієрархій	43
2.12 Аналіз експлуатаційних показників вимикачів 6-10 кВ за допомогою методу ієрархії	44
2.13 Визначення значущості критеріїв	45

2.14	Порядок вибору високовольтних вимикачів за технічними параметрами	47
2.15	Висновки по розділу	49
3	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	51
3.1	Ціль і задачі	51
3.2	Економічний аналіз вибору вимикачів	51
3.3	Економічні показники вибору вимикача за загальними витратами за період експлуатації	56
3.4	Висновки по розділу	57
	ВИСНОВКИ	58
	Перелік посилань	60
	Додаток А. Відомість матеріалів роботи	61

ВСТУП

Актуальність роботи. Основною проблемою, яка характерна для електроенергетики - це низька ефективність роботи, спричинена експлуатацією морально та фізично застарілого обладнання, що спричиняє низьку надійність роботи електричних мереж. Підвищення надійності та безаварійності роботи електричних мереж України є актуальним завданням.

Основним і водночас найбільш важливим електрообладнанням, що забезпечує надійну та безаварійну роботу електричних мереж, є комутаційні елементи (високовольтні вимикачі), які з різних причин працюють суттєво довше, ніж передбачено заводами-виробниками та оновлюються низькими темпами. На сьогоднішній день, величина відмов вимикачів наближається до катастрофічних значень, що спричиняє підвищення експлуатаційних витрат та збільшення часу простою обладнання. Від підстанцій із застарілими вимикачами досить часто отримують живлення споживачі першої категорії, що спричиняє ризик отримання штрафних санкцій внаслідок перерви в електропостачанні.

Основним завданням, яке стоїть перед підприємством-експлуатаційником, є підвищення надійності електропостачання шляхом проведення реконструкції із заміною морально та технічно застарілих вимикачів.

Для досягнення поставленого завдання необхідно правильно вибрати вимикачі з широкого розмаїття, представленого на ринку нашої країни. Щоб правильно зробити вибір типу вимикача, необхідно глибоко проаналізувати основні функціональні характеристики того чи іншого комутаційного обладнання і тільки після цього можна прийняти єдине правильне рішення, яке допоможе знизити матеріальні витрати при експлуатації та будівництві, а також підвищити надійність електропостачання споживачів.

1 ВСТУПНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика високовольтних вимикачів

Вимикачі – це найважливіший елемент устаткування розподільних пристроїв підстанцій, оскільки цей комутаційний апарат здійснює включення і відключення ділянок електричної мережі під робочим струмом навантаження, а у разі виникнення аварійних режимів – струмів короткого замикання. Від якості та безвідмовності їхньої роботи залежить надійність електропостачання споживачів, а також збереження цілісності обладнання у разі виникнення аварійних ситуацій. Отже, питання вибору високовольтних вимикачів одна із найважливіших задач.

В електроустановках застосовується кілька типів високовольтних вимикачів – повітряні, олійні, вакуумні та елегазові.

Назви вимикачів відображають склад середовищ гасіння дуги між контактами вимикача, що виникає при комутації високої напруги.

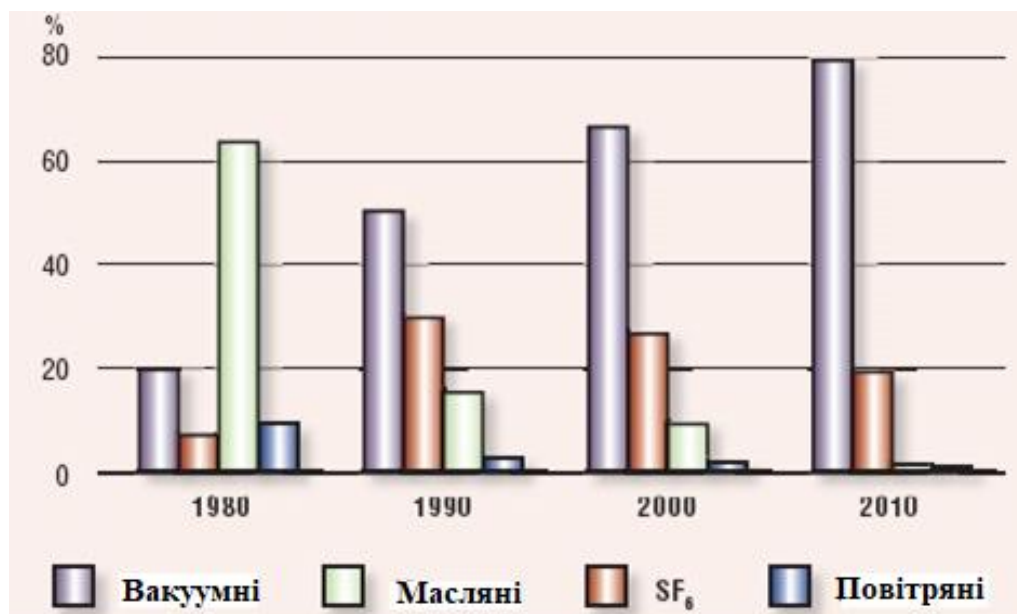


Рисунок 1.1 – Розвиток високовольтних вимикачів 6-35 кВ

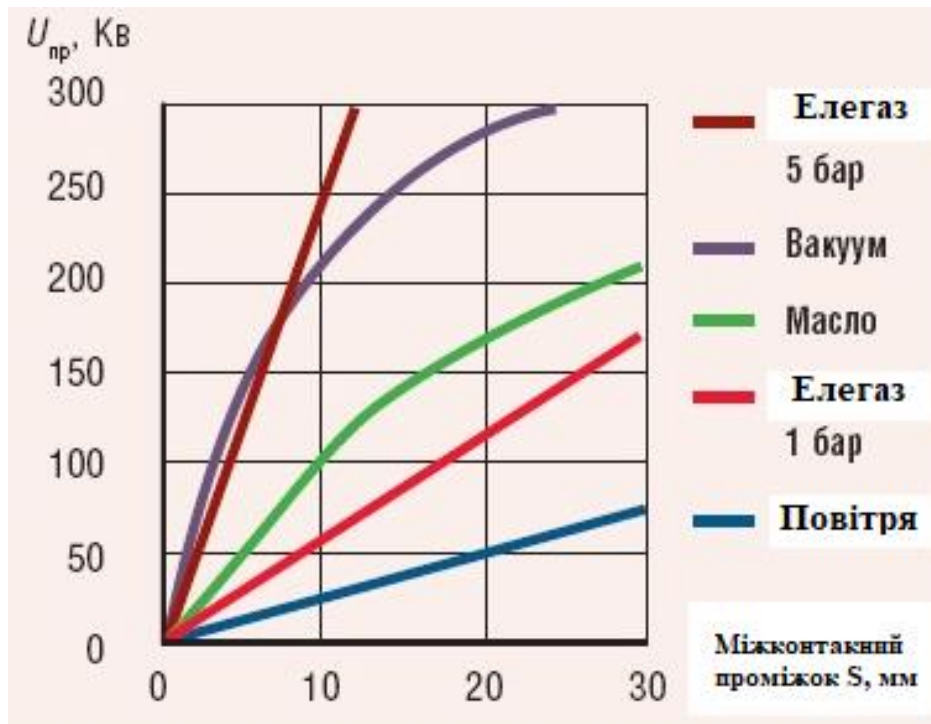


Рисунок 1.2 – Розрядна імпульсна пробивна напруга в залежності від міжконтактного проміжку в різних дугогасних середовищах

Масляні вимикачі. Гасіння дуги відбувається в певному газовому міхурі, що утворюється при виникненні дуги в товщі масляного об'єму. Масляні вимикачі прості та дешеві в експлуатації, але пожежо- та вибухонебезпечні.

Виділимо основні недоліки масляних вимикачів високої напруги:

- вибухо- та пожежонебезпечність;
- необхідність періодичного контролю за станом та рівнем олії в баку та на вводах;
- великий обсяг оливи, що зумовлює велику витрату часу на її заміну;
- Необхідність великих запасів оливи;
- непридатність для встановлення усередині приміщень;
- непридатність до виконання швидкодіючого АПВ;
- велика витрата металу, велика маса, незручність перевезення, монтажу та налагодження.
- морально застарілий тип обладнання

Повітряні вимикачі. У повітряному вимикачі дугу гасить потужний потік повітря із резервуарів високого тиску. Як і масляні вимикачі, повітряні високовольтні вимикачі можуть бути виготовлені на весь діапазон напруг і струмів, що застосовуються. Але їх конструкції складніші і дорожчі, ніж масляні, а експлуатація вимагає наявності компресорної станції для отримання чистого сухого повітря.

Повітряні вимикачі мають такі переваги:

- вибухо- та пожежобезпечність;
- швидкодія та можливість здійснення швидкодіючого АПВ;
- Висока відключаюча здатність;
- надійне відключення ємнісних струмів ліній;
- малий знос дугогасних контактів;
- Легкий доступ до дугогасних камер;
- можливість створення серій із великих вузлів;
- придатність для зовнішньої та внутрішньої установки.

Недоліками повітряних вимикачів є:

- Необхідність компресорної установки;
- складна конструкція ряду деталей та вузлів;
- Відносно висока вартість;
- Проблема установки вбудованих трансформаторів струму.

Повітряні вимикачі, як найменш ефективні, великі за габаритними розмірами та дорогі в обслуговуванні, у наш час практично не використовуються, всі старі повітряні вимикачі поступово замінюють ефективнішими та надійнішими вимикачами.

Елегазові високовольтні вимикачі, дугогасні пристрої яких працюють у середовищі «електротехнічного газу» SF₆, поєднують переваги різних типів вимикачів:

- можливе використання елегазових вимикачів на будь-яку з напруг, що застосовуються у вітчизняній енергетиці;

- невеликі маса та габаритні розміри конструкції елегазових вимикачів у поєднанні з безшумною роботою приводу;

- дуга гаситься у замкнутому газовому обсязі без доступу до атмосфери;

- нешкідливе для людини, екологічно чисте, інертне газове середовище елегазового вимикача;

- Збільшена комутаційна здатність елегазового вимикача;

- робота в режимі перемикачів великих і малих струмів без виникнення перенапруги, що автоматично унеможлиблює наявність пристроїв ГНН (обмеження перенапруги);

- Висока надійність елегазового вимикача, міжремонтний період збільшено до 15 років;

- Пожежобезпечність обладнання.

До недоліків елегазових вимикачів слід зарахувати:

- високу вартість обладнання та поточні витрати на експлуатацію, оскільки вимоги до якості елегазу дуже високі;

- температура навколишнього середовища впливає на агрегатний стан елегазу, що вимагає застосування систем підігріву вимикача при знижених температурах (при -40°C елегаз стає рідиною);

- комутаційний ресурс елегазового вимикача нижче, ніж у аналогічного вакуумного вимикача;

- необхідні високоякісні ущільнення резервуарів і магістралей, оскільки елегаз має значну плинність.

Вакуумні вимикачі більш прості в експлуатації, ніж масляні або електромагнітні і завдяки своїм перевагам поступово витісняють їх. До недоліків можна віднести:

- складність при створенні та виготовленні, пов'язана зі складністю вакуумного виробництва;

- великі капітальні вкладення, необхідні реалізації технології виробництва, і звідси — висока вартість;

- можливість комутаційних перенапруг при відключенні малих індуктивних струмів;

- схильність матеріалів контактів до зварювання за умов глибокого вакууму.

Наприкінці минулого століття у світовій енергетиці стався прорив у технологіях комутаційних апаратів високої напруги. Масляні та повітряні вимикачі стали поступатися місцем вакуумним і елегазовим вимикачам. Це пояснюється відмінними дугогасними властивостями вакууму, а також газу з хімічною формулою SF₆, іменованого елегазом, та підвищеною безпекою експлуатації комутаційного обладнання з їх застосуванням. І хоча вакуумне та елегазове обладнання недешеве, поки що не знайдено гідного конкурента середовищам гасіння дуги — вакууму та елегазу.

1.2 Вимикаюча здатність, характерні особливості роботи та комутаційний ресурс високовольтних вимикачів

Наведемо порівняльну характеристику масляних, вакуумних та елегазових високовольтних вимикачів, розглянувши їх переваги та недоліки в різних умовах, які враховують при виборі вимикачів.

Високовольтні вимикачі всіх типів можуть бути розраховані для роботи при різній нарузі та номінальному струмі навантаження. При необхідності можна вибрати будь-який з типів вимикачів, з необхідним номінальним струмом, струмом відключення (максимальним значенням короткого замикання струму) та іншими характеристиками. Але найефективнішими, що характеризуються високою швидкістю роботи, більш високою здатністю, що відключає, є елегазові і вакуумні вимикачі.

Дуже важливим критерієм є механічна міцність вимикачів. У цьому випадку, чим простіше конструкція, тим вища механічна міцність вимикача. Якщо розглядати три типи комутаційних апаратів, то найпростішу конструкцію і відповідно більш високу механічну міцність має вакуумний вимикач, найменшу міцність – масляний вимикач.

Що стосується механічної міцності, комутаційного ресурсу та інших параметрів, то все залежить також від якості конструктивних елементів вимикачів, а також якості складання в цілому. Тому не можна однозначно сказати, що якийсь вимикач є надійнішим, ніж інший.

Дуже важливим критерієм надійності вважатимуться гарантійний термін обслуговування. Якщо виробник дає великий гарантійний термін, це свідчить у тому, що це продукція дуже надійна. Принаймні можливі нюанси, що виникають під час експлуатації протягом гарантійного терміну обслуговування, усуваються представниками заводу-виробника.

Гарантійний термін обслуговування сучасних елегазових та вакуумних вимикачів становить 20-25 років. Тобто це термін, після якого, зазвичай, повинна проводитися заміна всього устаткування – реконструкція (технічне переоснащення) розподільного устро́йства.

Електрична міцність середовища дугогасіння – одна з найважливіших характеристик вимикачів. В даному випадку елегаз має найвищу діелектричну міцність, особливо на напрузі 110кВ та вище. Дугогасне середовище вакуумних вимикачів на напругу до 110кВ включно не поступається електричною міцністю елегазовим. Масляні вимикачі характеризуються нижчою електричною міцністю проміжку, що дугогасить.

Так само важливою характеристикою є комутаційний ресурс вимикача – кількість циклів роботи вимикача. Кількість циклів включень та відключень вимикача залежить від величини комутуваних струмів. У разі, що більше струм, то швидше вимикач вичерпує свій комутаційний ресурс.

Що стосується комутаційного ресурсу, то вимикач, незалежно від типу, розрахований на певну кількість відключень, залежно від величини струмів, що відключаються - номінальних або струмах відключення величиною до декількох десятків кА.

Якщо це вакуумний вимикач, то після вичерпання комутаційного ресурсу він підлягає заміні, так як його камера, що дугогасить, з контактною системою не обслуговуються. Елегазовий вимикач після вичерпання ресурсу підлягає

капітальному ремонту, у процесі якого оцінюється стан вимикача, встановлюється можливість подальшої експлуатації комутаційного апарату.

Масляний вимикач має значно менший міжремонтний ресурс. Як правило, після семи автоматичних відключень струмів короткого замикання необхідно виконувати капітальний ремонт комутаційного апарату. Це обумовлено в першу чергу тим, що середовище, що гасить дугу - трансформаторне масло підлягає заміні, так як воно втрачає свої ізоляційні і дугогасні властивості.

Що стосується ваги вимикачів, то якщо розглядати, наприклад, різні типи вимикачів на напругу 110 кВ, то очевидно, що елегазовий і вакуумний навіть при більш покращених експлуатаційних характеристиках мають у кілька разів менший габаритний розмір, ніж масляні.

Наприклад, масляний вимикач МКП-110 має вагу майже 17 тонн, у той час як більш надійний з більшим комутаційним ресурсом елегазовий вимикач 3AP1DT-126 фірми Siemens має вагу всього 3,6 т, при цьому габаритні розміри елегазового вимикача в кілька разів менші масляного.

Обслуговування вимикачів. Дуже важливим питанням є експлуатація високовольтних вимикачів, їх обслуговування – проведення періодичних капітальних та поточних ремонтів, а також позапланових (аварійних) ремонтів.

Як і згадувалося вище, елегазові та вакуумні вимикачі є більш надійними порівняно з масляними вимикачами. Відповідно періодичні ремонти даних комутаційних апаратів проводяться рідше.

Вакуумний вимикач не потребує обслуговування дугогасної та контактної частини, в цілому він має простішу конструкцію, порівняно з іншими вимикачами, тому його обслуговувати досить легко і для цього не потрібне застосування спеціалізованого обладнання та інструменту.

Елегазовий вимикач має складнішу конструкцію, порівняно з вакуумним комутаційним апаратом. Але проведення періодичних технічних обслуговувань не викликає труднощів, обсяг роботи не перевищує обсяг робіт із вакуумним вимикачем. Єдине, що при зниженні тиску елегазу, необхідно зробити його докачування.

Ремонт масляного вимикача передбачає значно більший обсяг робіт. Якщо дугогасна та контактна частина вакуумних та елегазових вимикачів до закінчення комутаційного ресурсу не обслуговується, то у разі масляного вимикача капітальний ремонт, як і згадувалося вище, необхідно проводити кожні сім відключень струмів короткого замикання.

Для порівняння: обслуговування згаданого вище масляного вимикача МКП-110 передбачає заміну 8 тонн трансформаторної оливи на кожен вимикач, а таких вимикачів, як правило п'ять і більше. У той же час, для кількох елегазових вимикачів знадобиться потрібно лише докачування невеликого обсягу газу.

Пожежна та екологічна безпека під час експлуатації високовольтних вимикачів. В електроустановках питанню пожежної безпеки приділяється чимало уваги. Мета – забезпечити найвищий рівень пожежної безпеки на об'єктах, виключивши, по можливості, всі фактори, що знижують її рівень.

Що стосується високовольтних вимикачів, то масляні є небезпечними з точки зору пожежної безпеки, тому що в них міститься деяка кількість трансформаторної оливи - легкозаймистої рідини. У розподільних пристроях з масляними вимикачами висувуються підвищені вимоги пожежної безпеки.

Елегазові та вакуумні вимикачі абсолютно безпечні, оскільки конструктивно вони не мають легкозаймистих рідин та матеріалів.

Питання впливу обладнання електроустановок на навколишнє середовище також дуже актуальне. Для захисту навколишнього середовища необхідно мінімізувати кількість шкідливих речовин, що потрапляє до навколишнього середовища.

В даному випадку масляні вимикачі мають найбільш згубний вплив на навколишнє середовище. Трансформаторна олива, що міститься в баках даних вимикачів, нерідко потрапляє в ґрунт через порушення герметичності баків, а також у разі виникнення аварійної ситуації, що супроводжується викидом оливи з бака.

Елегазові вимикачі відносно нешкідливі для навколишнього середовища, оскільки в процесі експлуатації вони не виділяють шкідливі речовини в

навколишнє середовище. Єдине, на що слід звернути увагу - це елегаз (ізолююче і дугогасне середовище вимикача).

Цей газ є небезпечним для довкілля. Але у зв'язку з тим, що технічно справний елегазовий вимикач, що періодично обслуговується, має малий відсоток витоків елегазу, можна вважати, що такий вимикач шкоди навколишньому середовищу не завдає. Виняток становлять випадки, коли через пошкодження бака вимикача елегаз повністю виходить із бака в атмосферу.

Вакуумний вимикач з точки зору екології, є найбезпечнішим, тому що він не містить ніяких шкідливих речовин, його робоче середовище, що гасить дугу - вакуум, тобто відсутність будь-яких газів або рідин.

Підсумовуючи, можна дійти висновку, що найбільш ефективними, якісними, надійними і кращими з погляду пожежної безпеки та екології є елегазові і вакуумні високовольтні вимикачі. Провідні виробники комутаційних апаратів даного типу з кожним роком дедалі більше удосконалюють продукцію, роблячи її надійнішою та ефективнішою. Тому в наш час масляні вимикачі практично не випускаються, скоро вони відійдуть у минуле разом із повітряними вимикачами.

При будівництві нових об'єктів енергетики та технічному переоснащенні старих, віддається перевага виключно елегазовим та вакуумним високовольтним вимикачам. Тільки такі вимикачі здатні забезпечити високу надійність електропостачання споживачів та повною мірою забезпечити свої експлуатаційні характеристики, при цьому вони повністю відповідають нормам безпеки обслуговування, пожежної безпеки та екологічності.

Обмеження застосування вакуумних вимикачів – клас напруги до 110 кВ. Тому в мережах 150 кВ та вище експлуатуються елегазові, масляні та повітряні вимикачі.

1.3 Висновки по розділу

На даний момент не існує комплексно обґрунтованого порядку вибору типу високовольтних вимикачів (повітряний, масляний, елегазовий чи

вакуумний) не лише за технічними та капітальними витратами, а й з урахуванням експлуатаційних показників протягом терміну служби. Аналіз експлуатаційних показників для оптимізації вибору високовольтних вимикачів є важливим завданням, що дозволить підвищити надійність роботи електроенергетичних об'єктів високовольтних електричних мереж.

Метою роботи є розробка рекомендацій щодо вибору високовольтних вимикачів з урахуванням досвіду їх експлуатації в електричних мережах України.

Для досягнення зазначеної мети у роботі необхідно вирішити такі завдання:

- визначити проблеми експлуатації високовольтних вимикачів різних типів;
- проаналізувати основні техніко-економічні показники різних типів вимикачів та визначити критерії для вирішення оптимізаційної задачі;
- обґрунтувати методи проведення дослідження;
- здійснити вибір оптимального типу вимикачів з урахуванням критеріїв оцінки підстанції 150-35-10 кВ.

Запропонований порядок вирішення завдання вибору високовольтних вимикачів з урахуванням комплексу техніко-економічних критеріїв та параметрів експлуатації дозволить обґрунтовано виконувати заміну вимикачів на кожному рівні напруги із збереженням необхідної надійності електропостачання споживачів та мінімальними витратами енергопостачальних підприємств на придбання та експлуатацію відповідного обладнання, а також із забезпеченням вимог екологічності.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз вибору вимикачів за капітальними витратами

Розглянемо вакуумний тип вимикачів. Вартість однієї одиниці вакуумного вимикача (6-10 кВ) складає близько 40 000 гривень.

Вартість монтажних-пусконаладжувальних робіт складає 0,1 $Z_{об}$.

$$Z_{об} = 40000 = 40000\text{грн},$$
$$Z_{м} = 40000 \cdot 0,1 = 4000\text{грн}.$$

Капітальні витрати на встановлення вакуумних вимикачів становитимуть 44000 гривень.

Аналогічно розраховуємо капітальні витрати для оливних вимикачів. Вартість однієї одиниці масляного вимикача складає 28 000 грн.

Розглянемо елегазові розподільчі пристрої. Для приміщень КРУЕ висуваються специфічні технічні вимоги, що стосуються будівельної частини (облаштування наливної підлоги, стін, що перешкоджають утворенню пилу, приміщення РП має бути герметичним, розрахунок несучої здатності існуючого фундаменту під нові осередки КРУЕ), вентиляції (облаштування припливно-витяжної вентиляції) (температура в приміщенні має бути на рівні від +10 до +40), кондиціонування. Виконання цих вимог тягне у себе збільшення капітальних витрат за одиницю устаткування. Приймаємо вартість одного осередку КРУЕ з урахуванням будівельних витрат 400 000 грн. Розглянемо кількість обладнання 38 одиниць (38 комірок). Результати зведемо до таблиці №2.1.

Таблиця 2.1 – Капітальні витрати

Тип обладнання	Вартість обладнання $Z_{об}$, тис. грн	Вартість монтажних робіт $Z_{мп}$, тис.грн	Капітальні витрати Z_k , тис. грн
Вакуумний вимикач	1520	152	1672
Масляний вимикач	1064	106	1170
КРУЕ	15200	1520	16720

На рис.2.1 наведено капітальні витрати при заміні кожного з типів вимикачів при повній заміні типового ЗРУ з кількістю осередків з вимикачами, що дорівнює 38 шт.

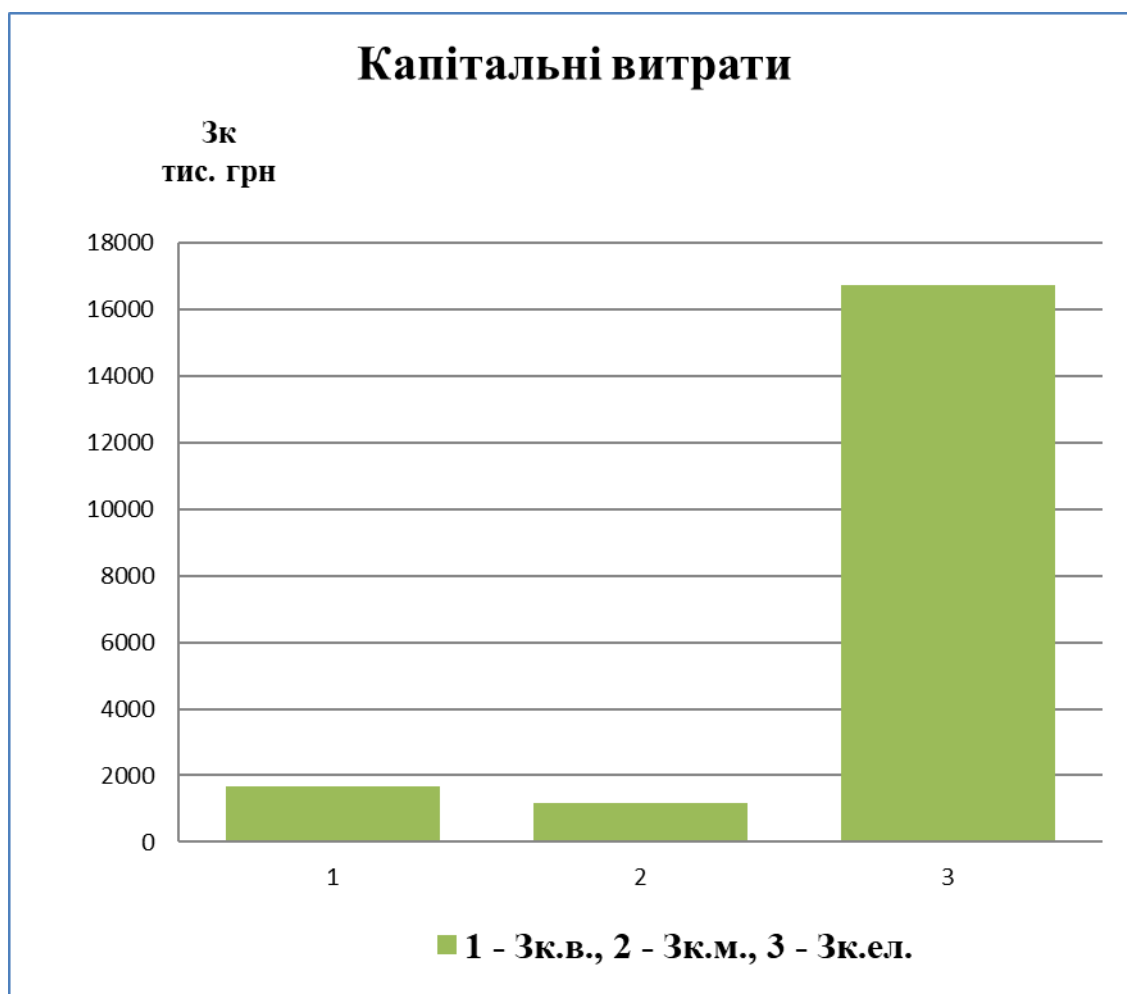


Рисунок 2.1 Капітальні витрати при заміні вимикачів

2.2 Аналіз вибору вимикача за експлуатаційними витратами

Однією з вимог, що висуваються вимикачам 6-10 кВ є мінімізація робіт з технічного обслуговування та можливість експлуатації без ремонту протягом усього терміну служби (25 років).

Розглянемо вакуумний тип вимикачів. Згідно з заводською документацією, обслуговування вимикачів відбувається в наступному обсязі:

1. Не рідше одного разу на два роки перевіряти спрацювання вимикача від релейного захисту. Крім того, один раз на рік необхідно перевіряти дію вимикача з приводом, якщо за минулий період вимикач не робив операцій увімкнення та відключення.

2. Під час експлуатації необхідно проводити огляд вимикача у терміни, визначені чинними інструкціями.

3. Раз на рік необхідно проводити технічне обслуговування вимикача.

4. При технічному обслуговуванні слід виконати такі перевірки та роботи:

- провести зовнішній огляд вимикача та переконатися у відсутності його забруднення та особливо ізоляційних частин.

- переконатися у відсутності тріщин на ізоляційних деталях.

- Провести зовнішній огляд контактних з'єднань і переконатися у відсутності ознак надмірного перегріву струмопроводів.

- протерти сухим чистим ганчір'ям ізолятори полюсів.

- підтягнути болти та гайки.

- виміряти електричний опір полюсів між контактами вимикача.

- при виявленні механічних пошкоджень ізоляції або перегріву полюсів вимикач має бути виведений у ремонт.

5. Вимикачі серії ВР1 не підлягають ремонту в експлуатаційних умовах, тому ремонтні роботи, пов'язані з розбиранням полюсів та приводу проводити забороняється.

Проведемо розрахунок вартості технічного обслуговування для вакуумних вимикачів згідно з СОУ 40.1-00130044-834:2010.

Таблиця 2.2 – Перелік робіт ТО вакуумних вимикачів

Склад бригади, трудовитрати, матеріали	Одиниця виміру	Кількість
Електромонтер 4 розряду	кіл. чол.	1
Електромонтер 5 розряду	кіл. чол.	1
Норма часу	люд*год	5

Заробітна плата за одну калькуляційну одиницю становить 61,96 грн. Податкові надбавки на зарплату становлять 37,06% від заробітної плати та дорівнюють 22,96 грн. ПММ при розрахунку не враховуємо.

Вартість одного ТО складає:

$$Z_{екс} = 61,96 + 22,96 = 85 \text{ грн};$$

Вартість 38 ТО складає:

$$Z_{екс} = 38 \cdot 85 = 3230 \text{ грн};$$

Вартість ТО за період 25 років:

$$Z_{екс} = 25 \cdot 3230 = 80750 \text{ грн}.$$

Розглянемо масляний тип вимикача. Відповідно до нормативно-технічної документації поточний ремонт масляних вимикачів проводиться 1 раз на 2 роки, капітальний ремонт проводиться 1 раз на 6 років.

Проведемо розрахунок вартості технічного обслуговування для масляних вимикачів:

Відповідно до СОУ 40.1-00130044-834:2010 перелік робіт при капітальному ремонті масляного вимикача:

1. Огляд вимикача;

2. 2. Розбирання вимикача, приводу, слив масла;
3. 3. Ремонт із замінних дефектних деталей;
4. 4. Чищення контактів;
5. 5. Складання вимикача, приводу та змащування деталей;
6. 6. Заливання олії;
7. 7. Регулювання вимикача та проведення випробувань.

Таблиця 2.3 – Перелік робіт для проведення КР масляного вимикача

Склад бригади, трудовитрати, матеріали	Одиниця виміру	Кількість
Електромонтер 2 розряду	кіл. чол.	1
Електромонтер 3 розряду	кіл. чол.	1
Електромонтер 4 розряду	кіл. чол.	1
Норма часу	люд*год.	27,87
Картон електроізоляційний	кг	0,5
Кисть малярна	шт.	1
Масло графітове	кг	0,02
Паста ГОІ-54П	кг	0,05
Масло трансформаторне	кг	6
Ацетон технічний	кг	0,15
Ганчірки	кг	1

Заробітна плата за одну калькуляційну одиницю становить 520 грн. Податкові надбавки на зарплату становлять 37,06% від заробітної плати та дорівнюють 192,7 грн. Вартість матеріалів складає 2560 грн. ПММ при розрахунку не враховуємо.

Вартість одного КР складає:

$$Z_{екс} = 520 + 193 + 2560 = 3273 \text{ грн};$$

Вартість 38 КР складає:

$$Z_{екс} = 38 \cdot 3273 = 124362 \text{грн};$$

Вартість КР за період часу 25 років (буде проведено 4 рази):

$$Z_{екс} = 4 \cdot 124362 = 497450 \text{грн.}$$

1. Перелік робіт при поточному ремонті:
 1. Зовнішній огляд та чищення від забруднень;
 2. Перевірка кріплень, підтяжка контактів ошинування;
 3. Ремонт ізоляції, змащення контактів, частин, що труться;
 4. Відбір проб олії та доливання олії;
 5. Пробне включення та випробування.

Таблиця 2.4 – Перелік робіт для проведення ПР масляного вимикача

Склад бригади, трудовитрати, матеріали	Одиниця виміру	Кількість
Електромонтер 3 розряду	кіл. чол.	1
Електромонтер 4 розряду	кіл. чол.	1
Норма часу	люд*год	7,2
Масло трансформаторне	кг	1,1
Масло ЦИАТИМ-203	кг	0,05
Фарба	кг	0,09
Ганчірки	кг	0,50

Заробітна плата за одну калькуляційну одиницю становить 105,1 грн. Податкові надбавки на зарплату становлять 37,06% від заробітної плати та дорівнюють 39 грн. Вартість матеріалів складає 850 грн. ПММ при розрахунку не враховуємо.

Вартість одного ПР складає:

$$Z_{екс} = 105 + 39 + 850 = 994 \text{ грн};$$

Вартість 38 КР складає:

$$Z_{екс} = 38 \cdot 994 = 37775 \text{ грн};$$

Вартість КР за період часу 25 років (буде проведено 12 разів):

$$Z_{екс} = 12 \cdot 37775 = 453309 \text{ грн}.$$

Розглянемо КРУЕ виробництва Siemens AG. Завдяки газощільному виконанню та автоматичному моніторингу, у звичайних умовах експлуатації вони практично не потребують технічного обслуговування. Лише після 25 років компанія «Сіменс» рекомендує провести першу планову ревізію.

Згідно з нормативними документами, огляд обладнання КРУЕ проводиться:

- на об'єктах з постійним черговим персоналом не рідше 1 разу на добу, у темний час для виявлення розрядів, коронування;
- на об'єктах без постійного чергового персоналу не рідше ніж 1 раз на місяць;
- РУ мають бути оснащені приладами та необхідним обладнанням для оперативного усунення можливих аварійних ситуацій.
- До обслуговування КРУЕ допускаються підрядні організації, які мають ліцензію на право виконання робіт з обслуговування обладнання даного виду.

Побудуємо таблицю, для відображення експлуатаційних витрат за трьома видами розглянутих вимикачів з урахуванням амортизаційних витрат в арифметичній прогресії.

Таблиця 2.5 – Експлуатаційні витрати за період 25 років

Рік експлуатації	Експлуатаційні витрати для вакуумного вимикача $Z_{\text{екс.в.}}$	Експлуатаційні витрати для масляного вимикача $Z_{\text{екс.м.}}$	Експлуатаційні витрати для КРУЕ $Z_{\text{екс.ел.}}$
	Експлуатаційні витрати, тис. грн.		
1	334	234	3344
2	669	469	6688
3	1003	703	10032
4	1338	938	13376
5	1672	1172	16720
6	1676	1297	16720
7	1679	1334	16720
8	1682	1372	16720
9	1685	1410	16720
11	1689	1448	16720
12	1692	1486	16720
13	1695	1610	16720
14	1698	1648	16720
15	1701	1686	16720
16	1705	1723	16720
17	1708	1761	16720
18	1711	1885	16720
19	1714	1923	16720
20	1717	1961	16720
21	1721	1999	16720
22	1724	2037	16720
23	1727	2161	16720
24	1730	2199	16720
25	1734	2236	16720

На рис. 2.2 наведено залежність експлуатаційних витрат за відрізок часу 25 років.

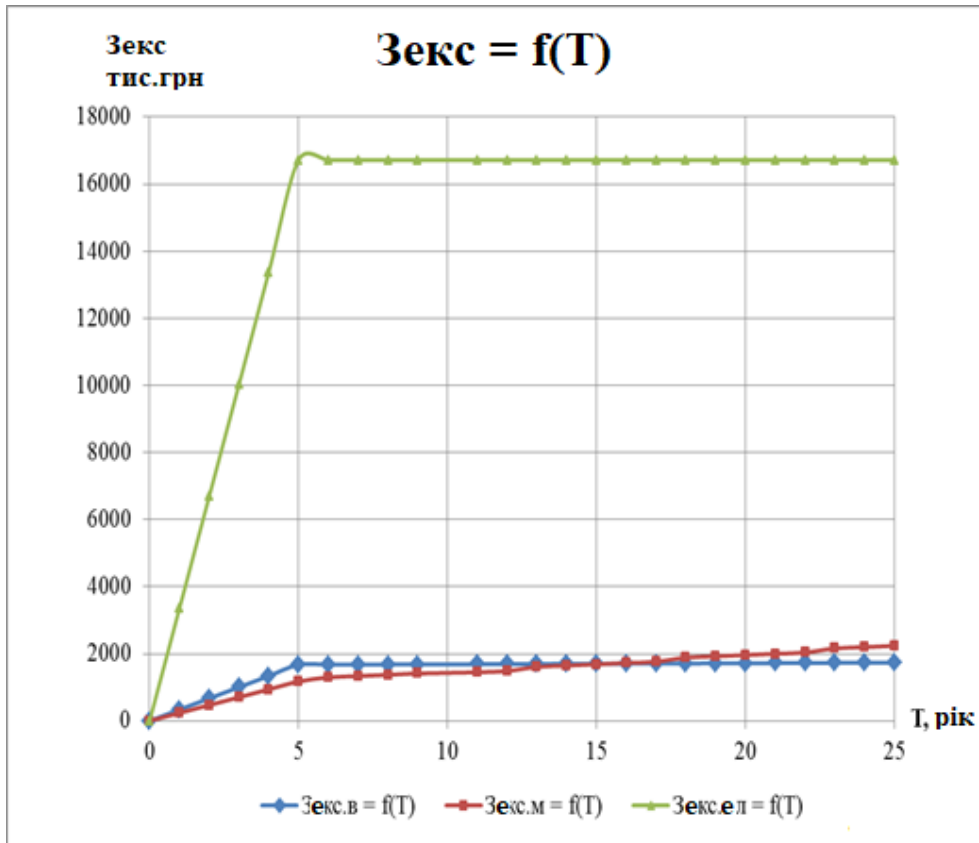


Рисунок 2.2 – Залежність експлуатаційних витрат за час 25 років

З малюнка та даних таблиці можна зробити висновок, що найдешевше протягом 25 років обійдеться експлуатація вакуумних вимикачів для напруги 6-10 кВ, а найдорожче – КРУЕ, оскільки обслуговування буде виконувати підрядна організація, і суттєвими будуть початкові вкладення на будівництво розподільчого пристрою з дотриманням усіх норм.

2.3 Аналіз вибору вимикача за показниками надійності

Проведемо порівняння типів вимикачів за показниками надійності. Показники відмов наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Показники надійності вимикачів

Вид обладнання	Номінальна напруга, U, кВ	Параметр потоку відмов, $\omega_{об.}$, 1/рік	Час відновлення, $T_{в.}$, год
Вакуумний вимикач	10	0,004	8
Масляний вимикач	10	0,011	25
КРУЕ	10	0,0025	10

Розглянемо вакуумні вимикачі

Параметр потоку відмов для 38 вимикачів у перший рік експлуатації:

$$\omega_{об.в.} = 38 \cdot 0,004 = 0,152 \text{ 1/рік.}$$

Недовідпуск електроенергії для споживача з потужністю споживання, наприклад, 6200 кВт складе:

$$W_{г} = 6200 \cdot \omega_{об.в.} \cdot T_{в.в} = 6200 \cdot 0,152 \cdot 8 = 7539,2 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість недовідпуску електроенергії для споживача становитиме:

Вартість 1 кВт·год приймемо на рівні 3,8 грн/кВт·год (середня, для першого класу напруги).

$$\Delta W_{г} = W_{г} \cdot 1,90 = 7539,2 \cdot 3,8 = 28649 \text{ грн.}$$

Зведемо дані розрахунку параметра потоку відмов та вартості недовідпуску до таблиці 2.7. Кількість відмов округляємо до цілого числа. Вартість недовідпуску розраховуємо для кожного року експлуатації.

Таблиця 2.7 – Параметр потоку відмов та вартість невідпуску електроенергії при відмові вимикачів за 25 років експлуатації

T , рік	$\dot{\omega}_{об.в.}$ 1/рік	$\dot{\omega}_{об.м.}$ 1/рік	$\dot{\omega}_{об.ел.}$ 1/рік	Вартість невідпуску електроенергії для вакуумного вимикача $\Delta W_{в.}$ тис.грн	Вартість невідпуску електроенергії для масляного вимикача $\Delta W_{м.}$ тис.грн	Вартість невідпуску електроенергії для КРУЕ $\Delta W_{ел}$ тис.грн
1	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	589	0
3	0	1	0	0	589	0
4	1	2	0	188,48	1178	0
5	1	2	0	188,48	1178	0
6	1	3	1	188,48	1767	235,6
7	1	3	1	188,48	1767	235,6
8	1	3	1	188,48	1767	235,6
9	1	4	1	188,48	2356	235,6
10	2	4	1	376,96	2356	235,6
11	2	5	1	376,96	2945	235,6
12	2	5	1	376,96	2945	235,6
13	2	5	1	376,96	2945	235,6
14	2	6	1	376,96	3534	235,6
15	2	6	1	376,96	3534	235,6
16	2	7	2	376,96	4123	471,2
17	3	7	2	565,44	4123	471,2
18	3	8	2	565,44	4712	471,2
19	3	8	2	565,44	4712	471,2
20	3	8	2	565,44	4712	471,2
21	3	9	2	565,44	5301	471,2
22	3	9	2	565,44	5301	471,2
23	3	10	2	565,44	5890	471,2
24	4	10	2	753,92	5890	471,2
25	4	10	2	753,92	5890	471,2

На рис. 2.3 наведено залежність вартості недовідпуску електроенергії внаслідок відмов вимикачів за період часу 25 років

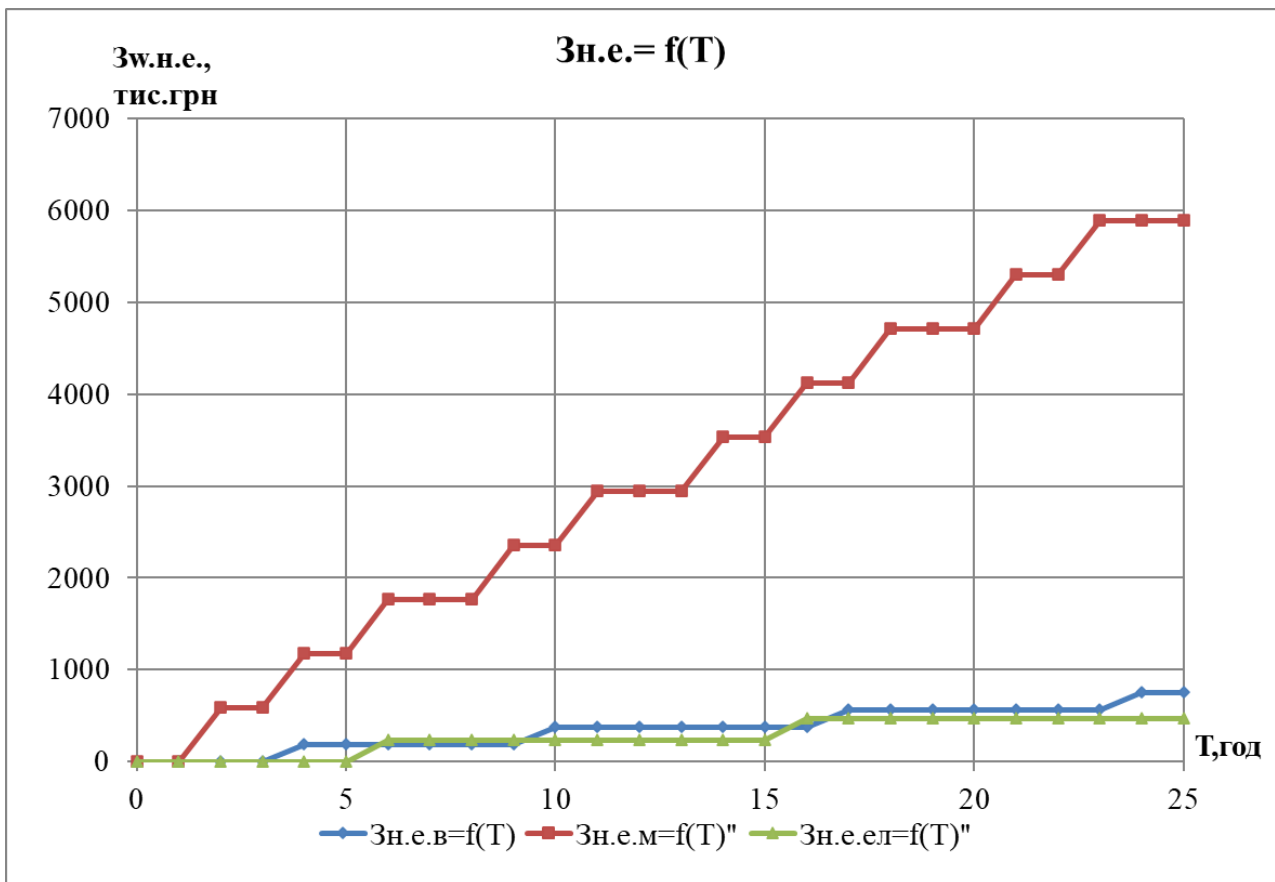


Рис. 2.3 Залежність вартості недовідпуску електроенергії при відмовах вимикачів за період 25 років

2.4 Аналіз вибору вимикача за загальними витратами за період експлуатації

Розглянемо вакуумний вимикач.

Сумарні витрати за 1 рік:

$$Z_{\text{сум.в1}} = Z_{\text{к.в}} + Z_{\text{екс1.в}} + Z_{\text{н.е.в1}}$$

де $Z_{\text{к.в}}$ – капітальні витрати на придбання та монтаж вакуумного вимикача.

$Z_{\text{екс1.в}}$ – експлуатаційні витрати за перший рік експлуатації.

$Z_{\text{н.е.в1}}$ – вартість недовідпуску електроенергії за перший рік експлуатації.

$$Z_{\text{сум.в1}} = 334,485 + 1672 + 0 = 2007 \text{ тис. грн.}$$

$$Z_{\text{сум.в2}} = Z_{\text{к.в}} + Z_{\text{екс1.в}} + Z_{\text{н.е.в1}} = 1672 + 0 + 0 + 669 = 2341 \text{ тис. грн.}$$

Зведемо дані розрахунку витрат у таблицю 2.8

Таблиця 2.8 – Розрахунок витрат за період експлуатації 25 років

Період часу T, рік	Витрати за період експлуатації вакуумного вимикача $Z_{\text{сум.в}}$ тис. грн.	Витрати за період експлуатації масляного вимикача $Z_{\text{сум.м}}$ тис. грн.	Витрати за період експлуатації КРУЕ $Z_{\text{сум.эл}}$ тис. грн.
1	2006,485	1404,48	20064
2	2340,97	1884,454	23408
3	2675,455	2363,434	26752
4	3088,308	3088,308	30096
5	3501,161	3812,188	33440
6	3582,759	4671,251	33537,96
7	3664,357	5443,726	33635,92
8	3745,955	6216,202	33733,88
9	3827,553	7233,578	33831,84
10	3987,519	8250,954	33929,8
11	4147,485	9513,23	34027,76
12	4307,451	10862,09	34125,72
13	4467,417	12124,37	34223,68
14	4627,383	13631,54	34321,64
15	4787,349	15138,72	34419,6
16	4947,315	16890,8	34615,52
17	5185,649	18729,46	34811,44
18	5423,983	20726,43	35007,36
19	5666,2	22723,41	35203,28
20	5900,651	24720,39	35399,2
21	6138,985	26962,26	35595,12
22	6377,319	29290,72	35791,04
23	6615,653	31777,5	35986,96
24	6932,355	34264,28	36182,88
25	7248,827	36757,25	36378,8

На рис. 2.4 наведено залежності витрат за період експлуатації 25 років.

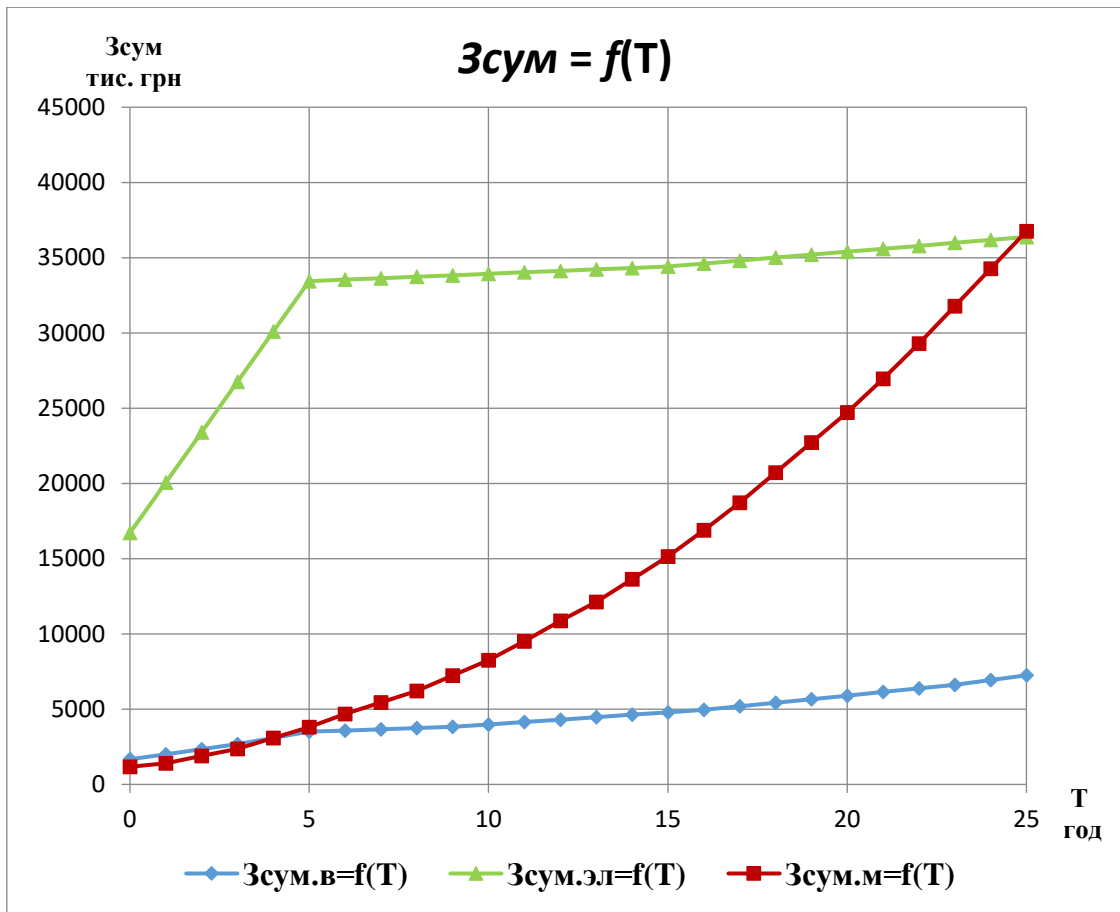


Рис. 2.4 Залежність витрат за період експлуатації 25 років

При монтажі вакуумних вимикачів витрати підприємства з урахуванням капітальних, експлуатаційних витрат та недовідпуску електроенергії становитимуть 7248,827 тис. грн., масляних – 36757,25 тис. грн. грн., КРУЕ – 36378,8 тис. грн. грн.

2.5 Аналіз вибору вимикача за показниками екологічності

Найбільш екологічним типом вимикачів є вакуумні вимикачі. Вони не несуть ніякої небезпеки для навколишнього середовища, але вакуумні вимикачі виробляються на клас напруги до 110 кВ включно. Розглядаючи масляні та елегазові вимикачі як альтернативу на бік 150 кВ – обидва несуть негативний вплив, одні на навколишнє середовище – за рахунок оливи, яка є середовищем для гасіння дуги, інші – за рахунок елегазу, який впливає на руйнування

озонового шару при попаданні в атмосферу. Але надійність елегазових вимикачів значно вища за масляні.

2.6 Математична модель вибору комутаційних апаратів за експлуатаційними характеристиками

Проаналізувавши вибір комутаційної апаратури за основними показниками, можемо звести всі розрахунки на одну універсальну формулу:

$$Z_{t,i} = n_{\text{вим}}(K_i + [\sum_{t=1}^{T_{\text{ам}}} H_A K_i + \sum_{t=1}^{T_{\text{сл}}} (Z_{\text{екс.}i} + (\omega_{ni} \cdot \tau_{в.и} \cdot P_{\text{спож.}} \cdot C_{Wt} \cdot 10^{-3})]t),$$

де $Z_{t,i}$ – витрати на певний тип вимикачів, тис. грн. на кінець розрахункового періоду; t – розрахунковий період, рік; K_i - капітальні витрати i -го вимикача; H_A - норма амортизації обладнання, в.о.; $T_{\text{ам}}$ – амортизаційний період, год; $Z_{\text{екс.}i}$ - експлуатаційні витрати i -го вимикача за поточний рік, тис. грн; $T_{\text{сл}}$ – регламентований термін служби обладнання, год; $n_{\text{вим}}$ - кількість вимикачів, ω_{ni} - параметр потоку відмов i -го вимикача, 1/год; $\tau_{в.и}$ - середній час відновлення i -го вимикача, $P_{\text{спож.}}$ - потужність споживача, для якого розраховується недовідпустка ЕЕ, кВт; C_{Wt} - поточний тариф на електроенергію для певного класу напруги, грн/кВт·год.

Підставляючи у запропонований вираз відповідні значення параметрів, можна визначити найбільш вигідний проект встановлення комутаційного обладнання за критерієм найменших витрат ($Z = \min$).

2.7 Аналіз експлуатаційних показників вимикачів 150 кВ за допомогою методу ієрархій

Розглянемо три види вимикачів, найпоширеніших на ринку України: для 150 кВ – повітряні (ПВ), масляні (МВ), елегазові (ЕВ).

Метод аналізу ієрархій передбачає поетапне виконання розрахунків. Приступаючи до оцінки конкурентної позиції кожного комутаційного обладнання, необхідно вирішити два завдання:

- 1) розробити систему критеріїв, за якими виконуватиметься аналіз;
- 2) запросити експерта на формування матриць порівнянь.

Експерт – це незалежний кваліфікований спеціаліст, який має досвід роботи у даній сфері діяльності (експлуатуюча організація)

Оцінку виконуватимемо за такими критеріями:

- К1 - капітальні витрати;
- К2 – експлуатаційні витрати;
- К3 – надійність;
- К4 – екологічність;
- К5 - монтажнопридатність;
- К6 – пожежна безпека.

Декомпозиція завдання в ієрархію представлена рисунку 2.5.

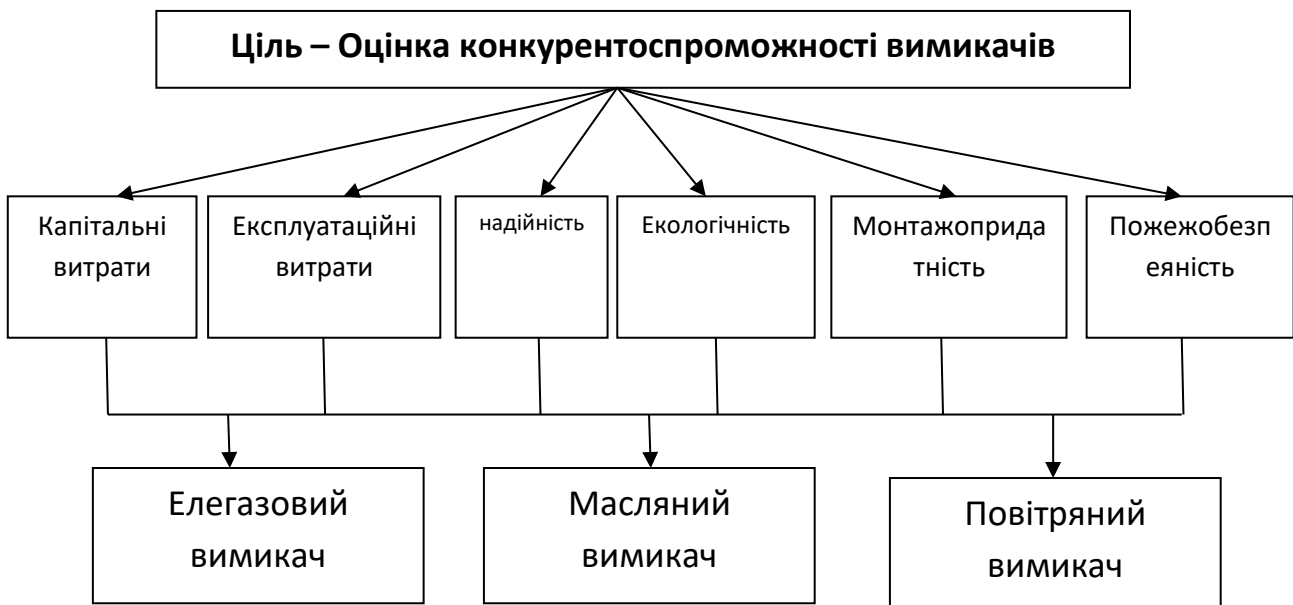


Рисунок 2.5 - Декомпозиція задачі в ієрархію

Слід зазначити, кожен із перелічених факторів має різну ступінь значимості. Відповідно, першому етапі необхідно оцінити значимість кожного з критеріїв з погляду експерта.

2.8 Визначення значущості критеріїв

Для визначення значущості критеріїв будується матриця парних порівнянь критеріїв. Для цього попарно порівнюються критерії щодо їхнього впливу на загальну мету. Система парних порівнянь призводить до результату, який може бути представлений у вигляді симетричної матриці, на головній діагоналі якої знаходяться одиниці. Парні порівняння проводять у термінах домінування однієї альтернативи над інший. Отримані судження виражаються у цілих числах з урахуванням дев'ятибальної шкали.

Шкала відносної важливості критеріїв оцінки наведена у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Шкала відносної важливості критеріїв оцінки

Важливість параметра оцінки	1-9
Однакова важливість	1
Незначна перевага	3
Значна перевага	5
Явна перевага	7
Абсолютна перевага	9

Наприклад заповнимо рядок K1 матриці попарних порівнянь. Для цього попарно порівнюємо всі критерії:

K1:K2 - капітальні витрати мають однакову важливість з експлуатаційними витратами - 1;

K1:K3 – капітальні витрати мають однакову важливість із надійністю – 1;

K1:K4 - капітальні витрати мають значну перевагу над екологічністю - 5;

K1:K5 - капітальні витрати мають значну перевагу над монтажнопридатністю - 3;

K1:K6 – капітальні витрати мають незначну перевагу над пожежною безпекою - 3.

У матриці парних порівнянь заповнюється лише верхній правий трикутник. У нижньому лівому трикутнику вводяться розрахункові формули. Наприклад заповнимо стовпець K1:

$$K2:K1 = \frac{1}{K1:K2} = \frac{1}{1} = 1;$$

$$K3:K1 = \frac{1}{K1:K3} = \frac{1}{1} = 1;$$

$$K4:K1 = \frac{1}{K1:K4} = \frac{1}{5} = 0,2;$$

$$K5:K1 = \frac{1}{K1:K5} = \frac{1}{3} = 0,33;$$

$$K6:K1 = \frac{1}{K1:K6} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Аналогічно заповнимо всі значення матриці парних порівнянь та занесемо результати до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Матриця парних порівнянь

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	A	X
K1	1	1	1	5	3	3	1,88	0,25
K2	1	1	1	5	5	5	2,24	0,29
K3	1	1	1	5	5	3	2,05	0,27
K4	0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,45	0,06
K5	0,33	0,2	0,2	1	1	1	0,49	0,06
K6	0,33	0,2	0,33	1	1	1	0,53	0,07
Σ	3,87	3,6	3,73	18	16	14	7,64	1

Сума парних порівнянь стовпця K1 дорівнює:

$$\sum K_1 = \sum_{i=1}^n K_i = 1 + 1 + 1 + 0,2 + 0,33 + 0,33 = 3,87.$$

Аналогічно розраховуємо усі суми стовпців матриці парних порівнянь.

Розраховуємо власний вектор матриці А:

$$A_i = \left(\prod_{i=1}^n K_i \right)^{\frac{1}{n}},$$

де $\left(\prod_{i=1}^n K_i \right)^{\frac{1}{n}}$ - середнє геометричне K_i рядка.

$$A_1 = \left(\prod_{i=1}^n K_{1i} \right)^{\frac{1}{6}} = (1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 3)^{\frac{1}{6}} = 1,88.$$

Аналогічно розраховуємо всі значення вектора матриці А та заносимо до таблиці 2.11.

Сума векторів матриці А:

$$\sum A = \sum_{i=1}^n A_i = 1,88 + 2,24 + 2,05 + 0,45 + 0,49 + 0,53 = 7,64.$$

Визначаємо вектор локальних пріоритетів Х, який показує важливість порівнюваних критеріїв з погляду експерта. Компоненти вектора пріоритетів визначаються як відношення компонентів власного вектора матриці до суми значень його компонента:

$$X_i = \frac{A_i}{\sum A},$$

$$X_1 = \frac{A_1}{\sum A} = \frac{1,88}{7,64} = 0,25.$$

Аналогічно розрахуємо всі значення вектора локальних пріоритетів та заносимо до таблиці.

Сума векторів локальних пріоритетів:

$$\sum X = \sum_{i=1}^n X_i = 0,25 + 0,29 + 0,27 + 0,06 + 0,06 + 0,07 = 1.$$

Визначаємо узгодженість проведених оцінок шляхом визначення відношення узгодженості:

$$ВУ = \frac{ІУ}{ВУ} \cdot 100\%,$$

де ІУ – індекс узгодженості, ВУ - випадкова узгодженість.

Випадкова узгодженість визначається із таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Середня узгодженість для випадкових матриць різного порядку

Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Індекс узгодженості дорівнює:

$$ІУ = \frac{\lambda - n}{n - 1},$$

де λ – власне число матриці, n – розмір матриці.

$$\lambda = \sum_{i=1}^n K_i X_i = 3,87 \cdot 0,25 + 3,6 \cdot 0,29 + 3,73 \cdot 0,27 + 18 \cdot 0,06 + 16 \cdot 0,06 +$$

$$14 \cdot 0,07 = 6,05,$$

$$IY = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{6,05 - 6}{5} = 0,01,$$

$$BY = \frac{IY}{BY} \cdot 100\% = \frac{0,01}{1,24} \cdot 100\% = 1,1\%.$$

Оскільки ВУ не перевищує 20%, то результати опитування експерта можуть бути використані у подальших розрахунках.

2.9 Визначення пріоритетів вимикачів за критеріями К1-К5

Визначення пріоритетів вимикачів за критеріями К1 (капітальні витрати)

Складання матриці та розрахунок локальних пріоритетів виконується аналогічно до визначення значущості критеріїв. Розрахунки зводимо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Розрахунок локальних пріоритетів за критерієм К1

К1	ЕВ	МВ	ПВ	А	Х
ЕВ	1	3	5	2,5	0,63
МВ	0,33	1	2	0,87	0,22
ПВ	0,33	0,5	1	0,55	0,14
Σ	1,67	4,5	8	3,89	1

$$\lambda = 3,2,$$

$$IV = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{3,2 - 3}{2} = 0,01,$$

$$VU = \frac{IV}{BY} \cdot 100\% = \frac{0,01}{0,58} \cdot 100\% = 17,1\%.$$

Оскільки ВУ не перевищує 20%, то результати опитування експерта можуть бути використані у подальших розрахунках.

Визначення пріоритетів вимикачів за критерієм К2 (експлуатаційні витрати)

Розрахунки локальних пріоритетів зводимо до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Розрахунок локальних пріоритетів за критерієм К2

К2	ЕВ	МВ	ПВ	А	Х
ЕВ	1	3	7	2,76	0,67
МВ	0,33	1	3	1	0,24
ПВ	0,14	0,33	1	0,36	0,09
Σ	1,48	4,33	11	4,1	1

$$\lambda = 3,007,$$

$$IV = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{3,007 - 3}{2} = 0,0035,$$

$$VU = \frac{IV}{BY} \cdot 100\% = \frac{0,0035}{0,58} \cdot 100\% = 0,6\%.$$

Оскільки ВУ не перевищує 20%, то результати опитування експерта можуть бути використані у подальших розрахунках.

Визначення пріоритетів вимикачів за критерієм К3 (надійність)

Розрахунки локальних пріоритетів зводимо до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Розрахунок локальних пріоритетів за критерієм К3

К3	ЕВ	МВ	ПВ	А	Х
ЕВ	1	3	7	2,76	0,67
МВ	0,33	1	3	1	0,24
ПВ	0,14	0,33	1	0,36	0,09
Σ	1,48	4,33	11	4,1	1

$$\lambda = 3,007,$$

$$IY = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{3,007 - 3}{2} = 0,0035,$$

$$BY = \frac{IY}{BY} \cdot 100\% = \frac{0,0035}{0,58} \cdot 100\% = 0,6\%.$$

Оскільки ВУ не перевищує 20%, то результати опитування експерта можуть бути використані у подальших розрахунках.

Визначення пріоритетів вимикачів за критерієм К4 (екологічність)

Розрахунки локальних пріоритетів зводимо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Розрахунок локальних пріоритетів за критерієм К4

К4	ЕВ	МВ	ПВ	А	Х
ЕВ	1	1	0,5	0,79	0,24
МВ	1	1	0,33	0,69	0,21
ПВ	2	3	1	1,82	0,55
Σ	4	5	1,83	3,3	1

$$\lambda = 3,018,$$

$$IY = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{3,018 - 3}{2} = 0,009,$$

$$BY = \frac{IY}{BY} \cdot 100\% = \frac{0,009}{0,58} \cdot 100\% = 1,6\%.$$

Оскільки ОЗ не перевищує 20%, то результати опитування експерта можуть бути використані у подальших розрахунках.

Визначення пріоритетів вимикачів за критерієм К5 (монтажопридатність)

Розрахунки локальних пріоритетів зводимо до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Розрахунок локальних пріоритетів за критерієм К5

К5	ЕВ	МВ	ПВ	А	Х
ЕВ	1	1	3	1,44	0,43
МВ	1	1	3	1,44	0,43
ПВ	0,33	0,33	1	0,48	0,14
Σ	2,33	2,33	7	3,3	1

$$\lambda = 3,$$

$$IY = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{3 - 3}{2} = 0,$$

$$BY = \frac{IY}{BY} \cdot 100\% = \frac{0,009}{0,58} \cdot 100\% = 0\%.$$

Оскільки ВУ не перевищує 20%, то результати опитування експерта можуть бути використані у подальших розрахунках.

Визначення пріоритетів вимикачів за критерієм К6 (пожежна безпека)

Розрахунки локальних пріоритетів зводимо до таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Розрахунок локальних пріоритетів за критерієм К6

К6	ЕВ	МВ	ПВ	А	Х
ЕВ	1	3	0,5	1,14	0,33
МВ	0,33	1	0,33	0,48	0,14
ПВ	2	3	1	1,82	0,53
Σ	3,33	7	1,83	3,44	1

$$\lambda = 3,053,$$

$$IY = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{3,053 - 3}{2} = 0,027,$$

$$BY = \frac{IY}{BY} \cdot 100\% = \frac{0,027}{0,58} \cdot 100\% = 4,6\%.$$

Оскільки ВУ не перевищує 20%, то результати опитування експерта можуть бути використані у подальших розрахунках.

2.10 Визначення глобальних пріоритетів вимикачів, що розглядаються, за всіма критеріями з урахуванням їх значущості

Узагальнимо дані, отримані у попередніх розрахунках, та занесемо їх до таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Розрахунок глобальних пріоритетів

	К1	К2	К3	К4	К5	К6	P _{глоб}
	0,25	0,29	0,27	0,06	0,06	0,07	
ЕВ	0,63	0,67	0,67	0,24	0,43	0,33	0,6
МВ	0,22	0,24	0,24	0,21	0,43	0,14	0,24
ПВ	0,14	0,09	0,09	0,55	0,14	0,53	0,16

К1, К2, ..., К_i – значення вектора глобальних пріоритетів X₁, X₂, ..., X_i з таблиці 2.10.

Значення у стовпці K1 для EB, MB, BP – Xi з таблиці 2.4. Інші значення заносяться аналогічно.

2.11 Аналіз розрахунку експлуатаційних характеристик методом ієрархій

Для узагальнення результатів розрахунку вимикачів 150 кВ побудуємо діаграму «Результати аналізу експлуатаційних характеристик вимикачів 150 кВ», рис. 2.6.

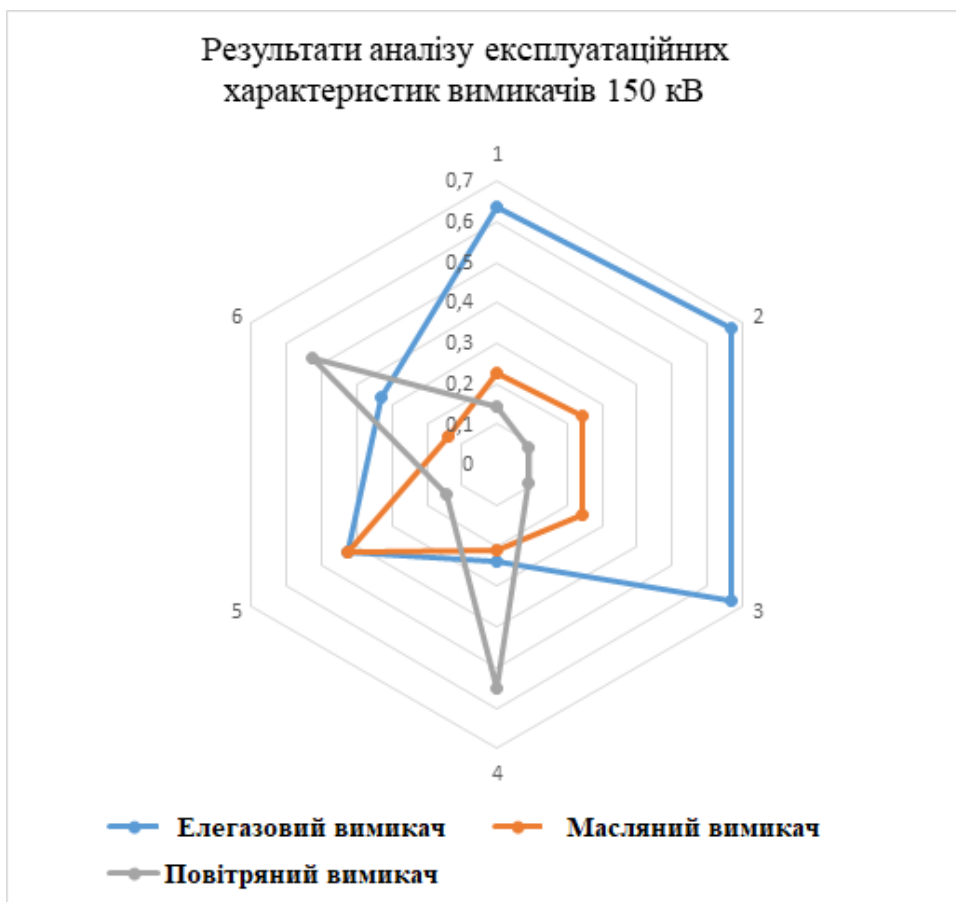


Рисунок 2.6 Результати аналізу експлуатаційних характеристик вимикача 150 кВ.

Виконавши розрахунок глобальних пріоритетів розглянутих вимикачів за всіма критеріями з урахуванням їхньої значущості, можна сказати, що

оптимальним типом вимикача для установки по стороні 150 кВ є елегазовий вимикач (60%).

2.12 Аналіз експлуатаційних показників вимикачів 6-10 кВ за допомогою методу ієрархії

Розглянемо три види вимикачів, найпоширеніших на ринку України: на 6-10 кВ – вакуумні (ВкВ), масляні (МВ), елегазові (ЕВ).

Оцінку виконуватимемо за такими критеріями:

- К1 - капітальні витрати;
- К2 – експлуатаційні витрати;
- К3 – надійність;
- К4 – екологічність;
- К5 - монтажнопридатність;
- К6 – пожежна безпека.

Декомпозиція завдання в ієрархію представлена рисунку 2.7.

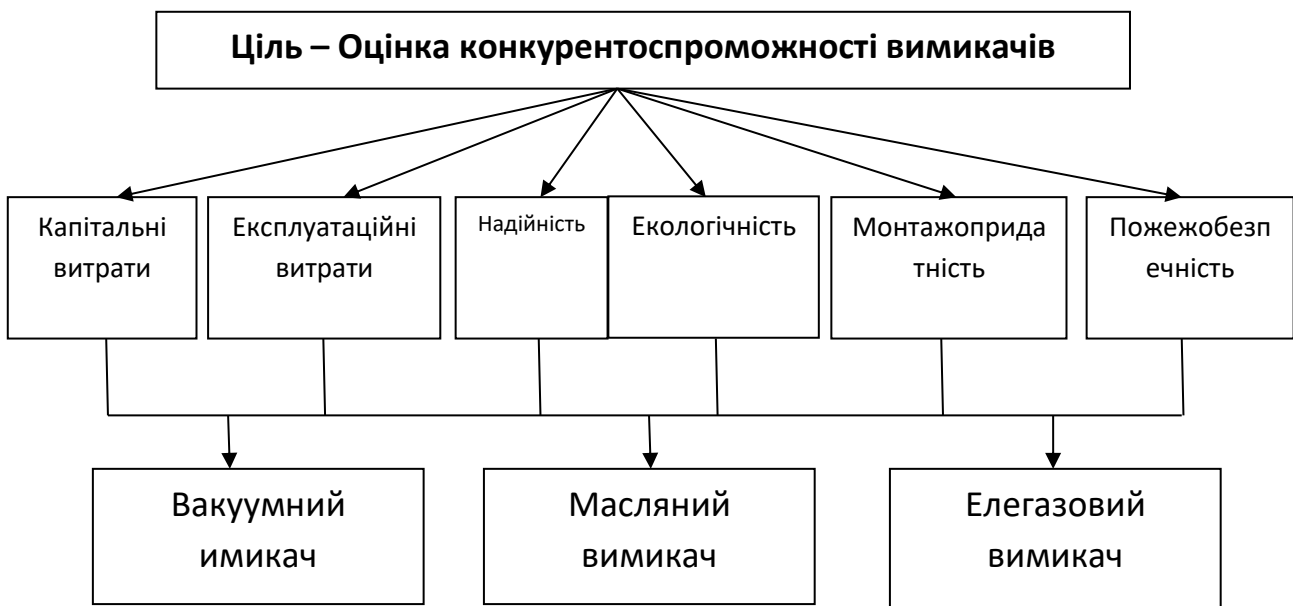


Рисунок 2.7 Декомпозиція задачі в ієрархію

2.13 Визначення значущості критеріїв

Розрахунок та побудову матриць виконуємо аналогічно як для вимикачів 150 кВ.

Складемо матрицю попарних порівнянь критеріїв для вимикачів 10 кВ. Результати занесемо до таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Матриця парних порівнянь

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	A	X
K1	1	3	1	5	3	3	2,3	0,31
K2	0,33	1	0,33	3	1	3	1	0,14
K3	1	3	1	5	7	1	2,17	0,31
K4	0,2	0,33	0,2	1	1	1	0,48	0,07
K5	0,33	1	0,14	1	1	1	0,6	0,08
K6	0,33	0,33	1	1	1	1	0,69	0,09
Σ	3,2	8,67	3,68	16	14	10	7,22	1

Визначення пріоритетів вимикачів за критеріями K1-K5

Результати розрахунку експлуатаційних характеристик методом ієрархій аналогічно до вимикачів 150 кВ, для вимикачів 6-10 кВ дозволяє побудувати діаграму на рис. 2.8.



Рисунок 2.8 – Результати аналізу експлуатаційних характеристик вимикачів 6-10 кВ

Зробивши розрахунок глобальних пріоритетів вимикачів, що розглядаються, за всіма критеріями з урахуванням їх значущості можна сказати, що оптимальним типом вимикача для установки по стороні 6-10 кВ є вакуумний вимикач (60%), що збігається з викладками та оцінками за вартісними фактичними показниками.

2.14 Порядок вибору високовольтних вимикачів за технічними параметрами

Представимо класичний вибір високовольтних вимикачів, згідно з яким прийняти до встановлення можна будь-який тип, що задовольняє умови вибору та необхідні перевірки.

Загальними умовами вибору електрообладнання є вибір за номінальною напругою та струмом. При виборі обладнання враховується, що максимальна робоча напруга може перевищувати номінальну на 15-20%.

Розрахункові струми для вибору вимикачів та перевірка їх на електродинамічну та термічну стійкість визначаються для найважчих умов, які можливі під час експлуатації.

Умови вибору вимикачів:

1) за номінальною напругою:

$$U_{ном} \geq U_{уст},$$

де $U_{ном}$ — номінальна робоча напруга вимикача, кВ;

$U_{уст}$ — номінальна робоча напруга електроустановки, кВ;

2) за номінальним струмом:

$$I_{ном} \geq I_{рф},$$

де $I_{ном}$ — номінальний робочий струм вимикача, А;

$I_{рф}$ — максимальний струм, що проходить через вимикач, розрахований для найважчого режиму роботи електроустановки, А;

3) за струмом відключення при трифазному КЗ:

$$I_{відкл.ном} \geq I_{нт},$$

де $I_{відкл.ном}$ — номінальний струм відключення трифазного КЗ (комутаційна здатність) вимикача, кА;

I_{nt} – розрахункове значення періодичної складової струму трифазного КЗ для моменту часу початку розходження контактів вимикача, кА;

4) перевірка по повному струму відключення:

$$\sqrt{2}I_{відкл.ном} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{ном\%}}{100}\right) \geq \sqrt{2}I_{nt} + i_{a\tau},$$

де $i_{a\tau}$ – розрахункове значення аперіодичної складової струму трифазного КЗ для моменту часу початку розходження контактів вимикача, кА;

I_{nt} – розрахункове значення періодичної складової струму трифазного КЗ для моменту часу початку розходження контактів вимикача, кА;

$\beta_{ном}$ – паспортне відносне значення аперіодичної складової струму трифазного КЗ, %;

5) динамічна стійкість проходженню струмів КЗ:

$$i_{дин} \geq i_y,$$

де $i_{дин}$ – паспортне значення струму електродинамічної стійкості до дії ударного струму трифазного КЗ, кА;

i_y – розрахункове значення ударного струму КЗ, кА;

б) термічна стійкість проходженню струмів КЗ:

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k, \text{кА}^2 \cdot \text{с},$$

де $I_{тер}$ – паспортний струм термічної стійкості вимикача до дії теплового імпульсу трифазного струму КЗ, кА;

$t_{тер}$ – паспортний час термічної стійкості до дії теплового імпульсу струму трифазного КЗ;

B_k – розрахункове значення теплового імпульсу струму КЗ, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$.

Таким чином, видно, що класична методика не враховує показників експлуатації, аналіз впливу яких наведено в дипломній роботі та є важливим з економічної точки зору при прийнятті рішення щодо застосування конкретного типу вимикача.

2.15 Висновки по розділу

Аналіз експлуатаційних характеристик високовольтних вимикачів дозволяє зробити такі висновки та рекомендації щодо їх вибору:

а) капітальні витрати:

- із виконаних розрахунків та отриманих залежностей (рис. 2.1) впливає, що найбільш капіталовитратним типом обладнання є КРУЕ – 16720,00 тис.грн. Капітальні витрати на встановлення масляних та вакуумних вимикачів становлять 1170,4 та 1672,00 тис.грн відповідно.

б) експлуатаційні витрати:

- з виконаних розрахунків та отриманих залежностей (рис. 2.2) впливає, що найменші експлуатаційні витрати вимагає масляний вимикач, але після 15 років експлуатації вакуумний вимикач є менш витратним з точки зору експлуатації.

в) надійність:

- з виконаних розрахунків та отриманих залежностей (рис. 2.3) впливає, що найменш надійним видом вимикача є масляний вимикач;

г) загальні витрати:

з виконаних розрахунків та отриманих залежностей (рис. 2.4) впливає, що масляні вимикачі, що вимагають найменших капітальних витрат, не відрізняються надійністю роботи та вимагають 36757,25 тис.грн. витрат за 25 років, вакуумні вимикачі – 7248,827 тис. грн, КРУЕ – 36378,8 тис. грн.

Провівши аналіз розрахунків та порівняння функціональні можливості комутаційних апаратів, представлених на ринку, найбільш надійним, екологічним та вимагаючим мінімум капітальних та експлуатаційних витрат є вакуумні вимикачі, які слід приймати для встановлення на напругу 6-10 кВ.

Проведений аналіз експлуатаційних показників високовольтних вимикачів із застосуванням методу прийняття рішень підтвердив наведені вище розрахунки з використанням абсолютних вартісних показників у частині вибору вимикачів 6-10 кВ, що підтверджує адекватність його застосування.

При виборі вимикачів 150 кВ і вище перевагу слід віддавати елегазовим вимикачам, через відсутність вакуумних на даний клас напруги. Це підтверджується одержаними результатами оцінки комплексу експлуатаційних характеристик вимикачів у порівнянні з повітряними та масляними типами.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Ціль і задачі

У роботі вирішено задачу щодо розробки рекомендацій вибору високовольтних вимикачів з урахуванням досвіду їх експлуатації в електричних мережах України.

При обґрунтуванні прийняття до встановлення високовольтних вимикачів, що потрібно в умовах ОСР в процесі модернізації або реконструкції розподільчих пристроїв 150-6 кВ, на підставі проведеного аналізу рекомендовано:

- у мережах 150 кВ та вище застосовувати елегазові вимикачі;
- у мережах 6-35 кВ – застосовувати вакуумні вимикачі.

Було виконано дослідження чотирьох типів високовольтних вимикачів: вакуумні, елегазові, масляні та повітряні.

Техніко-економічне обґрунтування вибору того чи іншого типу вимикачів наведено у розділі 2 дипломної роботи, тому в економічний розділ винесемо лише результуючі показники.

2.2 Економічний аналіз вибору вимикачів

Економічний аналіз проведено для випадку реконструкції підстанції з 38 комірками з вимикачами.

1. Капітальні витрати

Вакуумні: вартість одиниці ВР 6-10 кВ становить 40 000 гривень.

Вартість монтажно-пусконаладжувальних робіт становить 0,1 Зоб.
Загальна кількість вимикачів складає 38шт.

$$Z_{об} = 40000 = 40000\text{грн},$$

$$Z_{mi} = 40000 \cdot 0,1 = 4400 \text{ грн.}$$

Результати зведемо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Капітальні витрати

Тип обладнання	Вартість обладнання K _{об} , тис. грн/шт	Вартість монтажних робіт K _{мп} , тис.грн/тш	Кількість одиниць обладнання	Капітальні витрати K _Σ , тис. грн
Вакуумний вимикач	40	4	38	1672
Масляний вимикач	28	2,8	38	1170
КРУЕ	400	40	38	17600

2. Експлуатаційні витрати

До експлуатаційних витрат відносимо:

- амортизаційні відрахування A_0 з нормою амортизації 20 % на рік;
- технічне обслуговування (ТО) та поточний ремонт (ПР), капітальний ремонт (КР)

Вакуумні вимикачі.

Відповідно до СОУ 40.1-00130044-834:2010 для вакуумних вимикачів маємо:

Перелік робіт ТО вакуумних вимикачів

Склад бригади, трудовитрати, матеріали	Одиниця виміру	Кількість
Електромонтер 4 розряду	кіл. чол.	1
Електромонтер 5 розряду	кіл. чол.	1
Норма часу	люд*год	5

Заробітна плата за одну калькуляційну одиницю становить 61,96 грн. Податкові надбавки на зарплату становлять 37,06% від заробітної плати та дорівнюють 22,96 грн. ПММ при розрахунку не враховуємо.

Вартість одного ТО складає:

$$Z_{TO.B.i} = 0,085 \text{ тис. грн};$$

Вартість 38 ТО складає:

$$Z_{TO.B} = 38 \cdot 0,085 = 3,23 \text{ тис. грн};$$

ТО виконується щорічно.

Масляні вимикачі. Для масляних вимикачів 1 раз за 2 роки проводиться поточний ремонт (ПР), кожні 6 років – КР. Для періоду, що розглядається (5 років) вартість КР не включаємо.

Перелік робіт для проведення ПР масляного вимикача

Склад бригади, трудовитрати, матеріали	Одиниця виміру	Кількість
Електромонтер 3 розряду	кіл. чол.	1
Електромонтер 4 розряду	кіл. чол.	1
Норма часу	люд*год	7,2
Масло трансформаторне	кг	1,1
Масло ЦИАТИМ-203	кг	0,05
Фарба	кг	0,09
Ганчірки	кг	0,50

Заробітна плата за одну калькуляційну одиницю складає 105,1 грн. Податкові надбавки на зарплату становлять 37,06% від заробітної плати та

дорівнюють 39 грн. Вартість матеріалів складає 850 грн. ПММ при розрахунку не враховуємо.

Вартість одного ПР МВ складає:

$$Z_{ТО.М,i} = 0,994 \text{ тис. грн};$$

Вартість 38 ПР МВ складає:

$$Z_{ТО.М} = 38 \cdot 0,994 = 37,8 \text{ тис. грн};$$

Елегазові вимикачі (КРУЕ виробництва Siemens AG) Завдяки газощільному виконанню та автоматичному моніторингу, у звичайних умовах експлуатації вони практично не потребують технічного обслуговування. Лише після 25 років компанія «Сіменс» рекомендує провести першу планову ревізію.

$$Z_{ТО.Е} = 0 \text{ тис. грн.}$$

Амортизаційні відрахування.

Розрахуємо амортизаційні відрахування протягом перших п'яти років із нормою амортизації 20 %:

Таблиця 3.2 – Експлуатаційні витрати за період 5 років

Щорічні експлуатаційні витрати за перші 5 років, тис. грн. (амортизація - 20%, обслуговування (ТО та ПР) - відповідно до СОУ						
Рік експлуатації	Вакуумний вимикач		Масляний вимикач		КРУЕ	
	Ао, тис.грн	Зто.в, тис.грн	Ао, тис.грн	Зто.м, тис.грн	Ао, тис.грн	Зто.е, тис.грн
1	334	3,23	234,1	0,0	3520	0
2	334	3,23	234,1	37,8	3520	0
3	334	3,23	234,1	0,0	3520	0
4	334	3,23	234,1	37,8	3520	0
5	334	3,23	234,1	0,0	3520	0
	1672	16,15	1170	76	17600	0
$Z_{\text{екс}} =$	1688,2		1245,9		17600,0	

З даних таблиці можна зробити висновок, що найдешевше протягом 5 років обійдеться експлуатація масляних вимикачів для напруги 6-10 кВ, а найдорожче – КРУЕ, оскільки суттєвими будуть початкові вкладення на будівництво розподільчого пристрою з дотриманням усіх норм, внаслідок чого амортизаційні витрати перевищать вартість обслуговування з іншими типами вимикачів.

3 Вартість недовідпуску електроенергії споживачам

Значення показників надійності наведено у таблиці 2.6. Середній час відновлення: для ВР – 8 год, для МВ – 25 год, для ЕВ – 10 год.

Розглядаючи 38 вакуумних вимикачів, за параметром потоку відмов у перший рік експлуатації спостерігатиметься Кількість відмов:

$$\omega_{\text{об.в.}} = 38 \cdot 0,004 = 0,152 \text{ 1/год.}$$

Недовідпуск електроенергії для споживача з потужністю споживання, наприклад, 6200 кВт складе:

$$W_g = 6200 \cdot \omega_{об.в.} \cdot T_{в.в} = 6200 \cdot 0,152 \cdot 8 = 7539,2 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість недовідпуску електроенергії для споживача з тарифом, що складає 3,8 грн.

$$\Delta W_g = W_g \cdot T = 7539,2 \cdot 3,8 = 28649 \text{ грн.}$$

Імовірний недовідпуск електроенергії для кожного року експлуатації, наведемо в таблиці 3.3 для перших 5-ти років.

Таблиця 3.3 – Недовідпуск електроенергії за період 5 років

Рік	Недовідпуск ЕЕ, кВт·ч			Вартість недовідпуску ЕЕ, тис. грн		
	ВВ	МВ	ЕВ	ВВ	МВ	ЕВ
1	7539,2	64790	5890	28,65	246,20	22,38
2	15078,4	129580	11780	57,30	492,40	44,76
3	22617,6	194370	17670	85,95	738,61	67,15
4	30156,8	259160	23560	114,60	984,81	89,53
5	37696	323950	29450	143,24	1231,01	111,91
Всього	113088	971850	88350	429,73	3693,03	335,73

3.3 Економічні показники вибору вимикача за загальними витратами за період експлуатації

Сумарні витрати за 5 років для кожного типу вимикача визначаються:

$$Z_{сум.в.і} = K_{\Sigma} + Z_{екс.в.і} + U\Delta W.в.і$$

де K_{Σ} – капітальні витрати на придбання і монтаж вимикачів, тис.грн;

$Z_{екс.в.і}$ – експлуатаційні витрати за 5 років експлуатації, тис. грн.

$U\Delta W_{в.і}$ – вартість недовідпуску електроенергії за перші 5 років експлуатації, тис.грн.

Зведемо розрахунки за витратами в таблицю 3.4

Таблиця 3.4 – Розрахунок загальних витрат за період експлуатації 5 років

Період часу T, рік	Витрати за період експлуатації вакуумного вимикача $Z_{\text{сум.в}}$ тис. грн.	Витрати за період експлуатації масляного вимикача $Z_{\text{сум.м}}$ тис. грн.	Витрати за період експлуатації КРУЕ $Z_{\text{сум.эл}}$ тис. грн.
5 років	3789,88	6109,37	35535,73

3.4 Висновки по розділу

При виборі вакуумних вимикачів витрати підприємства за 5 років з урахуванням капітальних, експлуатаційних витрат та недовідпуску електроенергії становитимуть 3789,88 тис. грн., масляних – 6109,37 тис. грн. грн., КРУЕ – 35535,73 тис. грн.

ВИСНОВКИ

1. Запропонований порядок вирішення задачі вибору високовольтних вимикачів з урахуванням комплексу техніко-економічних критеріїв і параметрів експлуатації дозволяє обґрунтовано виконувати заміну вимикачів на кожному рівні напруги зі збереженням необхідної надійності електропостачання споживачів і мінімальними витратами енергопостачальних підприємств на придбання та експлуатацію відповідного обладнання, а також із забезпеченням вимог екологічності.

Економічний ефект від реалізації результатів роботи є позитивним для підприємств електроенергетики.

Соціальний ефект від реалізації результатів роботи очікується позитивним завдяки підвищенню надійності та безперебійності електропостачання споживачів.

Результати роботи можуть бути використані для розробки відповідних заходів та обґрунтованого вибору вимикачів для всіх енергооб'єктів високовольтних електричних мереж ОСР.

2. Аналіз експлуатаційних характеристик високовольтних вимикачів дозволяє зробити такі висновки та рекомендації щодо їх вибору: найбільш капіталовитратним типом обладнання є КРУЕ, вартість якого на порядок вища за капітальні витрати на встановлення масляних і вакуумних вимикачів. Вакуумні вимикачі орієнтовно в півтора рази дорожчі за масляні.

Найменші експлуатаційні витрати вимагає масляний вимикач, але після 15 років експлуатації вакуумний вимикач є менш витратним з точки зору експлуатації. Хоча КРУЕ і не потребує обслуговування в процесі експлуатації, проте амортизаційні відрахування за перші п'ять років перевищують вартість обслуговування вакуумних та масляних вимикачів.

Найменш надійним видом вимикача є масляний вимикач.

З урахуванням усіх показників експлуатації за загальними витратами найкращим варіантом є вакуумні вимикачі.

3. Проведений аналіз експлуатаційних показників високовольтних вимикачів із застосуванням методу прийняття рішень підтвердив розрахунки з використання абсолютних вартісних показників щодо вибору вимикачів 6-10 кВ, що підтверджує адекватність його застосування.

При виборі вимикачів 150 кВ і вище перевагу слід віддавати елегазовим вимикачам, через відсутність вакуумних на даний клас напруги. Це підтверджується одержаними результатами оцінки комплексу експлуатаційних характеристик вимикачів у порівнянні з повітряними та масляними типами.

Запропонований порядок вирішення задачі вибору високовольтних вимикачів з урахуванням комплексу техніко-економічних критеріїв та параметрів експлуатації дозволить обґрунтовано виконувати заміну вимикачів на кожному рівні напруги із збереженням необхідної надійності електропостачання споживачів та мінімальними витратами ОСР на придбання та експлуатацію відповідного обладнання, а також із забезпеченням вимог екологічності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. А.В. Катренко. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації. - Львів: Новий Світ-2000, 2003 - 416 с.
2. СОУ 40.1-00130044-834:2010 Норми часу на ремонт і технічне обслуговування електричних мереж. Том 1. Повітряні лінії електропередач напругою 0,4-20 кВ, трансформаторні підстанції напругою 6-20/0,4 кВ, розподільні пункти напругою 6-20 кВ.
3. ГДК 341.004.001-94 (ВБН В.2.4-94) «Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму вищою напругою 6 -750 кВ»
4. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видпнмицтво «Форт», 2017. - 760 с.
5. ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. – Київ,- 1995. –38 с.

Додаток А.
Відомість матеріалів роботи

		Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
1					
2			Документація		
3					
4	A4		Пояснювальна записка	60	
5					
6					
7			Презентаційні матеріали	12	
8					
9					
10					
11					
12					