

□

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістерського) рівня освіти

на тему:

**«ПОКРАЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ВИСОКОВОЛЬТНИХ
ЕЛЕКТРИЧНИХ ПІДСТАНЦІЙ»**

Виконав: студент VI курсу

групи Ен – 61 спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Гасюк О. М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник: _____ Левонюк В. Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____ Сиротюк С. В.

(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) рівень

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Левонюк В. Р.
(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ _____ ” _____ 202__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Гасюку Олегу Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Покращення пропускну́ї здатності високовольтних електричних підстанцій»

керівник роботи к.т.н., доцент Левонюк В. Р.

(наук.ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НУП № 616 / к - с від 12.09.2024 р.

2. Строк подання студентом роботи 6.12.2024 р.

3. Вихідні дані

технічна документація, науково-технічна і довідкова література

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

Вступ

1. Характеристика об'єкта дослідження

2. Аналіз навантаженості трансформаторів

3. Розробка заходів з покращання пропускну́ї здатності підстанцій

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Техніко-економічна оцінка

Висновки

Перелік джерел посилання

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
4	Городецький І. М., к.т.н., доцент			

7. Дата видачі завдання 12.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи. Здійснення характеристики об'єкта дослідження.</i>	<i>12.09.2024 – 30.09.2021</i>	
2	<i>Виконання аналізу завантаження трансформаторів електричних підстанцій 110 кВ</i>	<i>1.10.2024 – 11.10.2024</i>	
3	<i>Розробка заходів із покращання пропускної здатності трансформаторних підстанцій</i>	<i>14.10.2024 – 25.10.2024</i>	
4	<i>Розробка логіко імітаційної моделі процесу виникнення травми при обслуговуванні трансформатора</i>	<i>28.10.2024 – 8.11.2024</i>	
5	<i>Здійснення техніко-економічної оцінки</i>	<i>11.11.2024 – 22.11.2024</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентації</i>	<i>25.11.2024 – 29.11.2024</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>2.12.2024 – 9.01.2025</i>	

Студент _____ Гасюк О. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

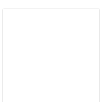
Керівник роботи _____ Левонюк В. Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 621.33.459:8

Гасюк О. М. Покращення пропускної здатності високовольтних електричних підстанцій. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2025 р. 56 с. текстової частини, 17 рисунків, 28 таблиць, 30 джерел.

У кваліфікаційній роботі представлено результати покращання пропускної здатності високовольтних електричних підстанцій Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго». Зроблено характеристику Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» та здійснено аналіз працюючого трансформаторного обладнання на підстанціях 110 кВ. Проаналізовано режими роботи мережі 110 кВ розгляданого району електричних мереж. Розкрито теоретичні положення завантаженості високовольтних електричних підстанцій та зроблено аналіз завантаженості трансформаторів підстанцій 110 кВ. Розроблено заходи щодо покращання пропускної здатності високовольтних електричних підстанцій. Розроблено структурно-імітаційну модель виникнення травми при обслуговуванні трансформаторів, а також розкрито питання щодо захисту населення у надзвичайних ситуаціях. Здійснено техніко-економічну оцінку розроблених заходів.

**ЗАХОДИ, ПОКРАЩАННЯ, КОМПЕНСАЦІЯ, ТРАНСФОРМАТОРИ,
ЗАМІНА, РЕЖИМ, ОПТИМІЗАЦІЯ.**



ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1 Історія розвитку.....	8
1.2 Характеристика ПрАТ «Львівобленерго».....	10
2 АНАЛІЗ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ.....	13
2.1 Теоретичні положення.....	13
2.2 Аналіз навантаженості трансформаторів підстанцій.....	15
2.3 Аналіз перевантажених підстанцій.....	23
3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ПОКРАЩАННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ПІДСТАНЦІЙ.....	29
3.1 Розрахунок та встановлення компенсаційних пристроїв.....	29
3.2 Заміна трансформаторів для покращання пропускної здатності підстанції.....	33
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	38
4.1 Перша невідкладна допомога при ураженні електричним струмом..	38
4.2 Категорії електроустановок за напругою та схеми їх живлення....	41
4.3 Модель процесу виникнення та формування виробничих небезпек при обслуговуванні трансформатора.....	43
4.4 Розробка заходів із питань безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	48
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА.....	50
5.1 Розрахунок втрат електроенергії у трансформаторах.....	50
5.2 Обчислення капіталовкладень для впровадження запропонованих заходів.....	52
ВИСНОВКИ.....	53
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	54

ВСТУП

Електроенергетика є однією з ключових галузей економіки, що забезпечує функціонування всіх інших секторів та задоволення побутових потреб населення. З кожним роком спостерігається значне зростання споживання електроенергії, що зумовлюється як розвитком промисловості, так і збільшенням кількості побутових приладів у домогосподарствах. У таких умовах постає питання ефективного функціонування енергосистем, важливою складовою яких є електричні підстанції [1].

Електричні підстанції виконують критично важливу роль у забезпеченні стабільності енергопостачання, оскільки вони здійснюють перетворення, розподіл та передачу електричної енергії. Однак багато підстанцій, збудованих кілька десятиліть тому, на сьогодні працюють із надмірними навантаженнями, що призводить до ризику аварій, зниження ефективності їх роботи та значних фінансових витрат на їхнє обслуговування. Особливо гостро проблема стоїть у частині трансформаторного обладнання, яке є основним елементом підстанцій. Трансформатори повинні забезпечувати стабільну передачу енергії навіть за умов різких змін навантажень, однак їхня пропускна здатність часто обмежена конструктивними та експлуатаційними факторами.

У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку шляхів модернізації електричних підстанцій з метою підвищення їхньої пропускної здатності. Цей процес включає оновлення існуючого обладнання, оптимізацію його роботи та впровадження сучасних технологій, зокрема автоматизованих систем управління, моніторингу стану обладнання та передових матеріалів, які дозволяють знизити втрати енергії [2].

Актуальність кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю вирішення питань, пов'язаних із підвищенням надійності електропостачання, особливо в умовах інтенсивного розвитку відновлюваної енергетики. Впровадження заходів, спрямованих на покращання роботи трансформаторів та інших елементів підстанцій, сприятиме зниженню аварійності, підвищенню ефектив-

ності використання енергоресурсів та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз та розробка рекомендацій з покращання пропускної здатності електричних підстанцій із фокусом на модернізацію трансформаторного обладнання та компенсацію реактивної потужності.

Для досягнення поставленої мети в роботі потрібно виконати такі **завдання**:

- здійснити характеристику досліджуваного об'єкта;
- здійснити аналіз роботи електричних підстанцій 110 кВ Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго»;
- розробити рекомендації щодо покращання пропускних властивостей аналізованих електричних підстанцій;
- розкрити питання охорони праці та захисту населення у надзвичайних ситуаціях;
- здійснити техніко-економічні обґрунтування розроблених заходів із покращання пропускних властивостей електричних підстанцій.

Об'єктом кваліфікаційної роботи є електричні підстанції 110 кВ Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго».

Предметом кваліфікаційної роботи є методи аналізу та обчислень режимів роботи електричних підстанцій.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Приватне акціонерне товариство «Львівобленерго» забезпечує постачання електроенергії за регульованими тарифами споживачам Львівської області та здійснює передачу електроенергії через місцеві електромережі. Компанія обслуговує 952 тисячі споживачів, а обсяг відпущеної електроенергії в мережу становить понад 4 790 млн кВт год. Виробничі потужності підприємства сягають 5000 МВт, а загальна довжина ліній електропередач усіх напруг понад 40 тис. км [3].

1.1 Історія розвитку

Наприкінці XIX століття у Львові активно обговорювали ідею електрифікації міста та впровадження електричного трамвая. У 1893 році міська рада вирішила побудувати лінії електричного трамвая до відкриття Галицької крайової виставки 1894 року. Для цього було оголошено тендер, переможцем якого стала компанія «СіменсГальське» з Відня. Для розміщення електростанції та депо вибрали ділянку на Вульці. 22 лютого 1894 року там встановили два пароелектричні блоки, кожен потужністю 200 кінських сил. Уже 31 травня, у день запуску першого рейсу електричного трамвая, блоки почали працювати.

Перед запуском трамвая компанія «СіменсГальське» спорудила електростанцію постійного струму потужністю 400 кінських сил, що еквівалентно приблизно 300 кВт. Для забезпечення роботи трамвайної лінії довжиною 8 км було прокладено 36 км кабельних ліній напругою 500 В. Згідно з контрактом, після двох років експлуатації міська рада могла викупити у компанії трамвай і електростанцію. У 1896 році Львівська міська рада скористалася цією можливістю, заплативши 1,68 мільйона крон, та створила комунальну компанію «Міські заклади електричні» [4].

На початку XX століття мережа електропостачання розвивалася далі. У 1900 році потужність електростанції збільшили до 1000 кінських сил. При буді-

вництві Оперного театру у підвалі було встановлено дві акумуляторні батареї по 250 кінських сил. Для їх живлення проклали кабельні лінії з напругою 220 В. У період з 1900 по 1910 роки збудували 150 км кабельних ліній постійного струму для постачання електроенергії будинкам та вулицям міста.

Крім того, «Міські заклади електричні» поступово викупили конкурентів: у 1906 році було електрифіковано кінний трамвай, а також придбано невеликі локальні електростанції, які жили окремі будівлі. У цей час у місті звели три розподільчі пункти, до яких підключили 80 трансформаторних підстанцій.

У 1908 – 1910 роках у районі Персенківки побудували електростанцію змінного струму потужністю 4500 кВт (6000 кінських сил). Станцію, яка коштувала 10 мільйонів крон, спочатку забезпечували вугіллям із Сілезії, а пізніше – природним газом із Дашави. Для подачі води до котлів використовували джерело «Софіївка» в парку «Залізна Вода».

З введенням у дію цієї електростанції почали поступово переводити мережу постійного струму на змінний. У 1916 році закрили електростанцію постійного струму на Вульці, а для трамвайної мережі створили випрямлювальну підстанцію.

Під час українсько-польської війни 1918 року електрична мережа міста та електростанція зазнали значних пошкоджень. Це призвело до зупинки електропостачання і трамвайного руху до травня 1919 року.

У 1928 році збудували першу замиську лінію електропередач напругою 30 кВ для водозабірної станції «Карачинів». У 1932 – 1936 роках було здійснено інтенсивну електрифікацію передмість Львова, таких як Винники, Жовква, Брюховичі, збудовано 10 підстанцій та 330 км повітряних ліній електропередач. Для їх обслуговування створили окреме підприємство.

Під час Другої світової війни електричне господарство Львова зазнало значних втрат, а після закінчення війни у роки радянської влади, як і по території усєї України – розвитку та розбудови.

Основна частина історії ПрАТ «Львівобленерго» розпочалася у 1995 році, коли було створено ДАЕК «Львівобленерго».

1.2 Характеристика ПрАТ «Львівобленерго»

Приватне акціонерне товариство «Львівобленерго» – одне з провідних підприємств електроенергетичного сектору України, яке пройшло багатоступеневий шлях розвитку з часу створення. Його історія розпочалася 1995 року, коли згідно з Указом Президента України №282/95 та наказом Міністерства енергетики й електрифікації України було створено Державну акціонерну енергопостачальну компанію «Львівобленерго» шляхом реорганізації виробничого об'єднання «Львівенерго» [5].

Тут можна виокремити такі основні етапи розвитку:

1. 1998 рік – перейменування у ВАТ «Львівобленерго» та затвердження нового статуту;
2. 2011 рік – перехід до статусу публічного акціонерного товариства;
3. 2017 рік – трансформація на ПрАТ «Львівобленерго» за рішенням акціонерів.

ПрАТ «Львівобленерго» має розгалужену організаційну систему, яка включає:

- раніше 22 райони електричних мереж, які 1 вересня 2020 року були ре-структуризовані у шість районів;
- високовольтні РЕМи у Львові та Дрогобичі;
- міські електромережі Львова;
- структурні одиниці, які виконують спеціалізовані функції, такі як ремонт, обслуговування обладнання, транспортне забезпечення, охорона та інші.

Основним напрямом економічної діяльності є продаж електроенергії. У 2009 році компанія реалізувала понад 3,2 млрд кВт год на суму майже 1,5 млрд грн. Ключовими споживачами були комунальні підприємства Львова та області, зокрема «Львівводоканал», «Дрогобичводоканал» і «Львівелектротранс».

ПрАТ «Львівобленерго» також, здійснює транзит електроенергії через місцеві мережі, який становив 18 % загального обсягу поставок у 2009 році та

ремонт і технічне обслуговування електромереж, впровадження нових технологій у енергопостачанні.

ПрАТ «Львівобленерго» забезпечує стабільне енергопостачання у Львові та Львівській області, відіграючи важливу роль у розвитку інфраструктури та економіки регіону.

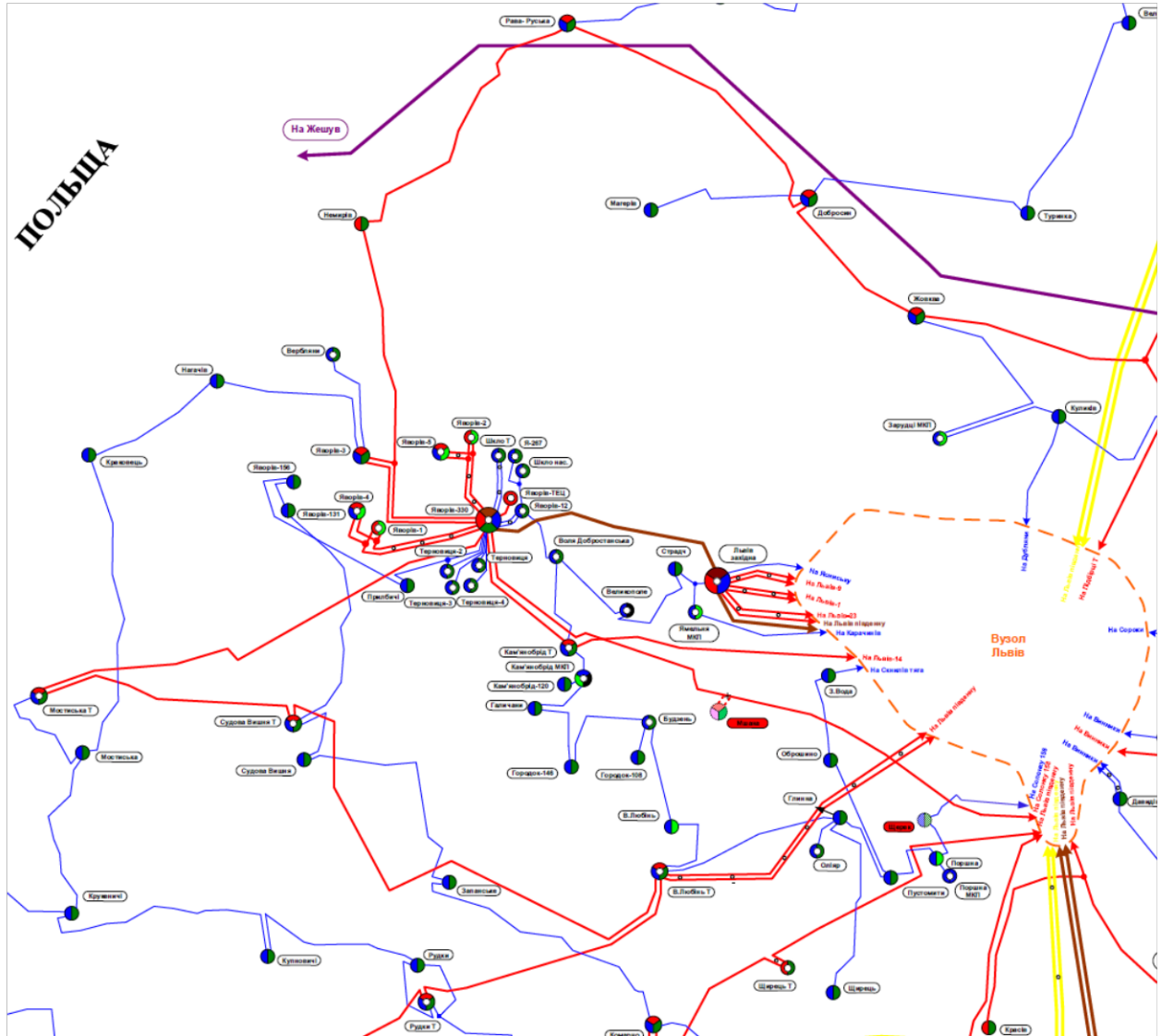


Рисунок 1.1 – Карта електричних мережі Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» [6]

Отже, ми вже згадували, що ПрАТ «Львівобленерго» складалося із 22 районів електричних мереж. Після реорганізації у 2020 році було утворено лише шість. У коло наших зацікавлень входить Західний район електричних мереж, до якого увійшли Городоцький, Мостиський, Жовківський та Яворівський РЕМи.

Для дослідження вибрано електричні підстанції Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» напругою 110 кВ. Карта електричної мережі Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» представлена на рисунку 1.1, а перелік підстанцій 110 кВ цього району представлено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік підстанцій 110 кВ Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» [6]

№ з/п	Назва підстанції	Класи напруг	Кількість трансформаторів
1	ПС «Мостиська»	110/35/10	2
2	ПС «Судова Вишня»	110/35/10	1
3	ПС «В. Любінь»	110/35/10	1
4	ПС «Кам'янобрід»	110/35/10	2
5	ПС «Яворів-1»	110/6	1
6	ПС «Яворів-4»	110/35/6	2
7	ПС «Яворів-3»	110/35/10	2
8	ПС «Яворів-5»	110/35/6	2
9	ПС «Немирів»	110/10	2
10	ПС «Рава-Руська»	110/35/10	2
11	ПС «Добросин»	110/35/10	2
12	ПС «Жовква»	110/35/10	2
13	ПС «Рудки»	110/35/10	2

У наступному розділі будемо здійснювати аналіз завантаженості трансформаторів наведених у таблиці підстанцій.

2 АНАЛІЗ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ

2.1 Теоретичні положення

Прийнято, що розрахунковий термін служби трансформатора терміном 25 років забезпечується при дотриманні таких умов [7]:

$$S_{TP} = S_{TP.HOM}; \quad (2.1)$$

$$U_M = U_{TP.HOM}; \quad (2.2)$$

$$\vartheta_0 = \vartheta_{0.HOM}, \quad (2.3)$$

де U_M – напруга мережі, до якої підключено трансформатор; S_{TP} – навантаження трансформатора; ϑ_0 – температура довкілля.

Реальні умови експлуатації трансформаторів суттєво відрізняються від нормованих, тому виникає питання про допустимі навантаження, тобто:

$$S_{TP} > S_{TP.HOM}; \quad (2.4)$$

$$U_M > U_{TP.HOM}; \quad (2.5)$$

$$\vartheta_0 > \vartheta_{0.HOM} = 20^\circ C. \quad (2.6)$$

У нормальних режимах роботи, перевантаження за напругою мають виключатися схемою та режимом роботи електричної мережі, а також захисними пристроями. Тому, зазвичай розглядають лише допустимість перевантаження за потужністю в умовах температури охолоджуючого середовища, яке змінюється.

Часті та тривалі перевантаження трансформаторів призводять до [8]:

- прискореного старіння виткової ізоляції та зниження її механічної міцності. Якщо це зниження є значним, то знижується термін служби трансформатора, особливо якщо він схильний до впливу струмів короткого замикання;
- прискорене старіння інших частин ізоляції;
- збільшення капітальних вкладень;
- збільшення опору контактів перемикаючих пристроїв, внаслідок впливу високої температури та великих струмів;

- старіння ущільнень бака, які стають більш крихкими. Тут існує ризик пошкодження при короткочасному впливі, зазвичай зникає при зменшенні рівня навантаження до номінального, але для загального рівня надійності короткочасні впливи можуть мати більш серйозні наслідки, ніж тривалі впливи.

На багатьох підстанціях встановлюють два трансформатори, це дає кілька переваг у порівнянні з роботою одного потужного трансформатора [9]:

- збільшення надійності постачання споживачів електроенергією, оскільки вихід із ладу одного із трансформаторів не позбавляє споживачів енергії. Навантаження пошкодженого трансформатора, може бути тимчасово прийнятим у частково або у повному розмірі;

- резервна потужність трансформаторів при їх паралельному увімкненні буде значно меншою, ніж при живленні споживачів від одного потужного трансформатора;

- у період зниження навантажень (протягом доби або весняного та літнього сезону) в енергетичних системах – на підвищувальних, понижувальних або на районних трансформаторних підстанціях, – частина трансформаторів може бути відімкнена, що забезпечує більш економічний спосіб роботи підстанції шляхом зменшення втрат неробочого ходу трансформаторів та їх завантаження на максимальний ККД;

- при під'єднанні нових споживачів електричної енергії збільшення трансформаторної потужності може бути виконане додатковим увімкненням одного або декількох трансформаторів на паралельну роботу. Це особливо необхідно на районних підстанціях, які забезпечують енергією великі промислові райони.

Важливу роль зниження пропускної спроможності відіграє зношування електротехнологічного устаткування станцій та підстанцій. Електромережні підприємства розробляють комплекси заходів щодо удосконалення діючого електротехнічного обладнання, чим підвищують надійність, потужність, пропускну здатність (продуктивність) та термін служби установок. Збіль-

шення пропускної спроможності має виконуватися з урахуванням техніко-економічного обґрунтування.

Для визначення коефіцієнту завантаження трансформатора, можна скористатися формулою [10]:

$$K_{ЗАВ} = \frac{S_{РОЗР}}{n_T \cdot S_{НОМ.ТРАН}}, \quad (2.7)$$

де $S_{РОЗР}$ – розрахункова повна потужність навантаження; n_T – кількість силових трансформаторів на підстанції; $S_{НОМ.ТРАН}$ – повна потужність трансформатора.

Для споживачів першої і другої категорії для двотрансформаторних підстанцій коефіцієнт оптимального завантаження становить $K_{ЗАВ} = 0,7$, а для однострансформаторних підстанцій $K_{ЗАВ} = 0,85$.

2.2 Аналіз завантаженості трансформаторів підстанцій

Здійснимо аналіз завантаження груп підстанцій 110 кВ Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго». На жаль, через російську агресію проти українського народу та проведення крайною агресором заходів щодо ліквідації української енергосистеми, ми не можемо висвітлювати дані воєнного періоду, а тим паче діючі дані. Тому у кваліфікаційній роботі буде розглянуто статистичні дані за три довоєнних календарних роки. У цих даних будуть висвітлюватися результати дворазових технічних вимірів на трансформаторах, відповідно літні та зимові [11].

У таблиці 2.1 представлено результати контрольних замірів на трансформаторах Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» від 21.06.2019 року.

Таблиця 2.1 – Результати контрольних замірів на трансформаторах Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» від 21.06.2019 року

Назва підстанції	Ном. пот. $S_{ТР.НОМ}$, МВА	P , МВт	Q , МВАр	S , МВА	Зав. трансформ., %	$\cos \varphi$	$tg \varphi$
ПС «Мостиська»	25	6,67	2,93	7,25	29,00	0,92	0,44
ПС «Мостиська»	25	9,20	3,86	10,00	40,00	0,92	0,42
ПС «Судова Вишня»	10	3,16	2,65	4,10	41,00	0,77	0,84

ПС «В. Любінь»	6	2,13	2,47	3,28	52,00	0,65	1,16
ПС «Кам'янобрід»	25	12,91	6,58	14,50	58,00	0,89	0,51
ПС «Кам'янобрід»	25	13,11	5,38	14,25	57,00	0,92	0,41
ПС «Яворів-1»	16	5,25	3,94	6,56	41,00	0,8	0,75
ПС «Яворів-4»	16	10,19	2,04	10,40	65,00	0,98	0,2
ПС «Яворів-4»	16	9,29	5,11	10,56	66,00	0,88	0,55
ПС «Яворів-3»	6	2,41	1,52	2,84	45,00	0,85	0,63
ПС «Яворів-3»	6	1,59	0,76	1,76	28,00	0,9	0,48
ПС «Яворів-5»	25	7,03	6,05	9,25	37,00	0,76	0,86
ПС «Яворів-5»	25	6,52	4,95	8,25	33,00	0,79	0,76
ПС «Немирів»	16	6,18	4,08	7,36	46,00	0,84	0,66
ПС «Немирів»	16	11,83	6,63	13,60	85,00	0,87	0,56
ПС «Рава-Руська»	6	4,77	2,53	5,42	86,00	0,88	0,53
ПС «Рава-Руська»	6	0,00	0,00	0,00	0,00		
ПС «Добросин»	10	1,73	2,07	2,70	27,00	0,64	1,2
ПС «Добросин»	10	2,27	2,27	3,20	32,00	0,71	1
ПС «Жовква»	25	8,48	4,75	9,75	39,00	0,87	0,56
ПС «Жовква»	25	7,02	6,74	9,75	39,00	0,72	0,96
ПС «Рудки»	10	3,15	2,74	4,20	42,00	0,75	0,87
ПС «Рудки»	10	3,57	2,43	4,30	43,00	0,83	0,68

Аналізуючи таблицю 2.1 бачимо, що значна частина трансформаторів працює у недовантаженому стані, оскільки їхній відсоток завантаженості перебуває у межах від 30 до 70 %. В принципі такі цифри частково пояснюються літнім режимом, при якому споживання електричної енергії є меншим.

На рисунку 2.1 представлено гістограму розподілу завантаженості трансформаторів під час контрольних вимірювань 21.06.2019 року.



Рисунок 2.1 – Розподіл завантаженості трансформаторів 110 кВ під час контрольних замірів від 21.06.2019 року [12]

Також, варто відзначити, що один трансформатор на підстанції ПС «Рава-Руська» знаходився у ремонті або на профілактичному обслуговуванні,

відповідно у таблиці навпроти цієї підстанції зазначено нульові значення контрольних замірів.

Тепер проаналізуємо дані зимових вимірювань. Відтак, у таблиці 2.2 представлено результати контрольних замірів на трансформаторах Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» від 21.12.2019 року.

Таблиця 2.2 – Результати контрольних замірів на трансформаторах Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» від 21.12.2019 року

Назва підстанції	Ном. пот. $S_{TR.НОМ}$, МВА	P , МВт	Q , МВАр	S , МВА	Зав. транс- форм, %	$\cos \varphi$	$tg \varphi$
ПС «Мостиська»	25	12,1	3,75	12,75	51	0,95	0,31
ПС «Мостиська»	25	10,39	2,06	10,55	42,2	0,98	0,2
ПС «Судова Вишня»	10	3,94	2,05	4,432	44,3	0,89	0,52
ПС «В. Любінь»	6,3	2,99	1,61	3,402	54	0,88	0,54
ПС «Кам'янобрід»	25	15,98	6,07	17	68	0,94	0,38
ПС «Кам'янобрід»	25	15,04	5,264	16	64	0,94	0,35
ПС «Яворів-1»	16	7,21	2,59	7,68	48	0,94	0,36
ПС «Яворів-4»	16	11,52	0,576	11,52	72	1	0,05
ПС «Яворів-4»	16	12,16	1,216	12,16	76	1	0,1
ПС «Яворів-3»	6,3	3,47	1,14	3,654	58	0,95	0,33
ПС «Яворів-3»	6,3	2,11	0,59	2,205	35	0,96	0,28
ПС «Яворів-5»	25	7,995	6,31	10,25	41	0,78	0,79
ПС «Яворів-5»	25	7,875	6,85	10,5	42	0,75	0,87
ПС «Немирів»	16	8,184	3,19	8,8	55	0,93	0,39
ПС «Немирів»	16	7,448	2,30	7,84	49	0,95	0,31
ПС «Рава-Руська»	6,3	5,38	2,04	5,73	91	0,94	0,38
ПС «Рава-Руська»	6,3	5,31	1,38	5,41	87	0,97	0,26
ПС «Добросин»	10	2,89	1,76	3,4	34	0,85	0,61
ПС «Добросин»	10	4,324	1,55	4,6	46	0,94	0,36
ПС «Жовква»	25	12,92	4,65	13,75	55	0,94	0,36
ПС «Жовква»	25	10,86	8,58	13,75	55	0,79	0,79
ПС «Рудки»	10	4,84	2,22	5,32	53,2	0,91	0,46
ПС «Рудки»	10	3,37	0,87	3,48	34,8	0,97	0,26

Аналізуючи таблицю бачимо, що порівняно із літнім завантаженням трансформаторів (таблиця 1.1), завантаженість трансформаторів збільшилася. Значення завантажених легко пояснюється сезонністю, адже у зимовий період споживання електричної енергії суттєво збільшується, що і показано у таблиці 2.2.

На рисунку 2.2 репрезентовано наочне відображення завантаженості трансформаторів у зимовий період від 21.12.2019 року. Аналізуючи діаграму бачимо, що відсоток недовантажених трансформаторів зменшився до нуля. Тобто, у цей період не залишилося недовантажених трансформаторів.



Рисунок 2.2 – Розподіл завантаженості трансформаторів 110 кВ під час контрольних замірів від 21.12.2019 року

Аналогічно здійснимо аналіз завантаженості трансформаторів за 2020 р та 2021 р. У таблиці 2.3 представлено результати контрольних замірів на трансформаторах Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» від 21.06.2020 року.

Таблиця 2.3 – Результати контрольних замірів на трансформаторах Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» від 21.06.2020 року

Назва підстанції	Ном. пот. $S_{TR.НОМ}$, МВА	P , МВт	Q , МВАр	S , МВА	Зав. трансформ., %	$\cos \varphi$	$tg \varphi$
ПС «Мостиська»	25	0,00	0,00	0,00	0,00		
ПС «Мостиська»	25	25,20	7,81	26,25	105,00	0,96	0,31
ПС «Судова Вишня»	10	2,96	2,58	3,90	39	0,76	0,87
ПС «В. Любінь»	6	0,71	0,80	1,07	17	0,66	1,13
ПС «Кам'янобрід»	25	17,06	7,85	18,75	75,00	0,91	0,46
ПС «Кам'янобрід»	25	17,48	7,34	19,00	76,00	0,92	0,42
ПС «Яворів-1»	16	4,23	2,83	5,09	31,83	0,83	0,67
ПС «Яворів-4»	16	12,23	2,45	12,48	78	0,98	0,2
ПС «Яворів-4»	16	10,91	3,27	11,36	71	0,96	0,3
ПС «Яворів-3»	6	0,65	0,38	0,76	12	0,86	0,59
ПС «Яворів-3»	6	0,73	0,60	0,95	15	0,77	0,82
ПС «Яворів-5»	25	4,13	3,67	5,50	22	0,75	0,89
ПС «Яворів-5»	25	4,92	3,44	6,00	24	0,82	0,7
ПС «Немирів»	16	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ПС «Немирів»	16	9,36	4,59	10,40	65	0,9	0,49
ПС «Рава-Руська»	6	3,70	2,41	4,41	70	0,84	0,65
ПС «Рава-Руська»	6	3,74	2,17	4,35	69	0,86	0,58
ПС «Добросин»	10	0,39	0,41	0,57	5,66	0,69	1,05
ПС «Добросин»	10	0,87	0,69	1,10	11	0,79	0,79
ПС «Жовква»	25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
ПС «Жовква»	25	15,48	9,29	18,00	72	0,86	0,6
ПС «Рудки»	10	1,55	1,40	2,10	21	0,74	0,9
ПС «Рудки»	10	2,82	1,89	3,40	34	0,83	0,67

Аналізуючи таблицю 2.3 бачимо, що значна частина трансформаторів знаходиться у недовантаженому стані. Зокрема, 48 % трансформаторів працює практично в режимі неробочого ходу, що призводить до додаткових втрат.

На рисунку 2.3 висвітлено розподіл завантаженості трансформаторів 110 кВ під час контрольних замірів від 21.06.2020 року.



Рисунок 2.3 – Розподіл завантаженості трансформаторів 110 кВ під час контрольних замірів від 21.06.2020 року

Аналізуючи рисунок 2.3 бачимо, що 48 % трансформаторів недовантажені, 22 % трансформаторів працює на помірному завантаженні та лише 30 % трансформаторів працюють із нормальним завантаженням. Також варто відзначити, що до недовантажених трансформаторів увійшли трансформатори, які знаходилися на ремонті або в обслуговуванні. Зокрема, туди увійшли три трансформатори із підстанцій ПС «Жовква», ПС «Немирів» та ПС «Мостиська».

У таблиці 2.4 представлено результати контрольних замірів завантаження трансформаторів підстанцій 110 кВ Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» від 21.12.2020 року.

Таблиця 2.4 – Результати контрольних замірів на трансформаторах Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» від 21.12.2020 року

Назва підстанції	Ном. пот. $S_{TP.НОМ}$, МВА	P , МВт	Q , МВАр	S , МВА	Зав. трансформ., %	$\cos \varphi$	$tg \varphi$
ПС «Мостиська»	25	17,28	4,67	18,00	72,00	0,96	0,27
ПС «Мостиська»	25	16,66	3,67	17,00	68,00	0,98	0,22
ПС «Судова Вишня»	10	4,19	2,14	4,71	47,09	0,89	0,51
ПС «В. Любінь»	6	0,99	0,58	1,15	18,21	0,86	0,59
ПС «Кам'янобрід»	25	18,67	4,48	19,25	77,00	0,97	0,24

ПС «Кам'янобрід»	25	18,76	6,38	19,75	79,00	0,95	0,34
ПС «Яворів-1»	16	7,75	3,18	8,42	52,63	0,92	0,41
ПС «Яворів-4»	16	12,20	1,83	12,32	77	0,99	0,15
ПС «Яворів-4»	16	11,40	1,71	11,52	72	0,99	0,15
ПС «Яворів-3»	6	0,70	0,25	0,74	11,8	0,94	0,36
ПС «Яворів-3»	6	1,30	0,16	1,31	20,77	0,99	0,12
ПС «Яворів-5»	25	5,89	5,12	7,75	31	0,76	0,87
ПС «Яворів-5»	25	4,18	2,93	5,10	20,39	0,82	0,7
ПС «Немирів»	16	3,49	1,54	3,84	24	0,91	0,44
ПС «Немирів»	16	3,91	1,45	4,16	26	0,94	0,37
ПС «Рава-Руська»	6	4,39	1,80	4,73	75	0,93	0,41
ПС «Рава-Руська»	6	4,46	1,03	4,60	73	0,97	0,23
ПС «Добросин»	10	1,38	0,50	1,47	14,68	0,94	0,36
ПС «Добросин»	10	3,10	0,81	3,20	32	0,97	0,26
ПС «Жовква»	25	10,58	4,02	11,25	45,00	0,94	0,38
ПС «Жовква»	25	10,79	7,12	13,00	52	0,83	0,66
ПС «Рудки»	10	4,90	2,01	5,27	52,7	0,93	0,41
ПС «Рудки»	10	2,99	0,72	3,09	30,85	0,97	0,24

Наочне відображення представленої у таблиці 4.1 репрезентовано на гістограмі рисунку 2.4. Бачимо, що у відносно нормальному режимі працює 30 % трансформаторів. Решта кількість трансформаторів порівно розділили статистику недовантажений та перевантажений режим роботи по 35 %.



Рисунок 2.4 – Розподіл завантаженості трансформаторів 110 кВ під час контрольних замірів від 21.12.2020 року

Бачимо, що всі трансформатори знаходилися у роботі.

Проаналізуємо дані за 2021 рік. У таблиці 2.5 представлено результати контрольних замірів на трансформаторах Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» від 21.06.2021 року.

Таблиця 2.5 – Результати контрольних замірів на трансформаторах Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» від 21.06.2021 року

Назва підстанції	Ном. пот. $S_{TR.НОМ}$, МВА	P , МВт	Q , МВАр	S , МВА	Зав. транс- сформ, %	$\cos \varphi$	$tg \varphi$
ПС «Мостиська»	25	13,05	6,39	14,50	58,00	0,9	0,49
ПС «Мостиська»	25	10,58	3,91	11,25	45,00	0,94	0,37
ПС «Судова Вишня»	10	3,96	2,10	4,45	44,51	0,89	0,53
ПС «В. Любінь»	6	0,47	0,62	0,78	12,35	0,6	1,32
ПС «Кам'янобрід»	25	12,60	6,30	14,00	56,00	0,9	0,5
ПС «Кам'янобрід»	25	16,51	6,44	17,75	71,00	0,93	0,39
ПС «Яворів-1»	16	2,65	2,02	3,32	20,74	0,8	0,76
ПС «Яворів-4»	16	9,19	1,56	9,28	58	0,99	0,17
ПС «Яворів-4»	16	8,54	2,22	8,80	55	0,97	0,26
ПС «Яворів-3»	6	0,39	0,19	0,43	6,89	0,9	0,49
ПС «Яворів-3»	6	0,81	0,40	0,90	14,34	0,9	0,49
ПС «Яворів-5»	25	1,43	0,51	1,52	6,07	0,94	0,36
ПС «Яворів-5»	25	3,02	2,51	3,92	15,68	0,77	0,83
ПС «Немирів»	16	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ПС «Немирів»	16	5,18	2,85	5,96	37,24	0,87	0,55
ПС «Рава-Руська»	6	3,32	2,03	3,91	62	0,85	0,61
ПС «Рава-Руська»	6	2,76	2,54	3,78	60	0,73	0,92
ПС «Добросин»	10	3,07	0,52	3,10	31	0,99	0,17
ПС «Добросин»	10	2,75	1,60	3,20	32	0,86	0,58
ПС «Жовква»	25	8,29	5,22	9,75	39,00	0,85	0,63
ПС «Жовква»	25	8,70	8,70	12,25	49	0,71	1
ПС «Рудки»	10	1,90	1,46	2,40	24	0,79	0,77
ПС «Рудки»	10	2,37	1,85	3,00	30	0,79	0,78

Аналізуючи таблицю 2.5 бачимо, що значна частина трансформаторів знаходиться у недовантаженому стані. Зокрема, 35 % трансформаторів працює практично в режимі неробочого ходу, що призводить до додаткових втрат.

На рисунку 2.5 висвітлено розподіл завантаженості трансформаторів 110 кВ під час контрольних замірів від 21.06.2020 року.

Аналізуючи рисунок 2.3 бачимо, що 35 % трансформаторів недовантажені, 61 % трансформаторів працює на помірному завантаженні та лише 4 % трансформаторів працюють із нормальним завантаженням. Також варто відзначити, що до недовантажених трансформаторів увійшов трансформатор на ПС «Немирів».

Також, аналіз показав, що значна частина трансформаторів працює із коефіцієнтом активної потужності меншим за 0,8. Так, при контрольних замірах 21.06.2021 року встановлено, що 6 трансформаторів працювало із коефіцієнтом трансформації меншим від 0,8.



Рисунок 2.5 – Розподіл завантаженості трансформаторів 110 кВ під час контрольних замірів від 21.06.2021 року

У таблиці 2.6 представлено результати контрольних замірів на трансформаторах Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» від 21.12.2021 року

Таблиця 2.6 – Результати контрольних замірів на трансформаторах Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» від 21.12.2021 року

Назва підстанції	Ном. пот. $S_{TR.НОМ}$, МВА	P , МВт	Q , МВАр	S , МВА	Зав. транс- сформ, %	$\cos \varphi$	$tg \varphi$
ПС «Мостиська»	25	17,81	5,70	18,75	75,00	0,95	0,32
ПС «Мостиська»	25	17,46	4,37	18,00	72,00	0,97	0,25
ПС «Судова Вишня»	10	3,75	1,73	4,12	41,21	0,91	0,46
ПС «В. Любінь»	6	0,85	0,57	1,02	16,24	0,83	0,67
ПС «Кам'янобрід»	25	16,86	5,40	17,75	71,00	0,95	0,32
ПС «Кам'янобрід»	25	17,16	6,35	18,25	73,00	0,94	0,37
ПС «Яворів-1»	16	10,21	5,82	11,73	73,33	0,87	0,57
ПС «Яворів-4»	16	7,53	1,51	7,68	48,02	0,98	0,2
ПС «Яворів-4»	16	11,32	1,92	11,44	71,47	0,99	0,17
ПС «Яворів-3»	6	0,70	0,28	0,75	11,97	0,93	0,4
ПС «Яворів-3»	6	1,20	0,37	1,27	20,13	0,95	0,31
ПС «Яворів-5»	25	3,41	1,53	3,74	14,97	0,91	0,45
ПС «Яворів-5»	25	3,58	3,01	4,71	18,85	0,76	0,84
ПС «Немирів»	16	2,35	1,25	2,67	16,69	0,88	0,53
ПС «Немирів»	16	4,34	1,69	4,67	29,19	0,93	0,39
ПС «Рава-Руська»	6	4,89	1,81	5,20	82,56	0,94	0,37
ПС «Рава-Руська»	6	1,10	0,29	1,14	18,06	0,97	0,26
ПС «Добросин»	10	0,94	0,49	1,06	10,6	0,89	0,52
ПС «Добросин»	10	2,94	1,30	3,20	32	0,92	0,44
ПС «Жовква»	25	8,08	2,66	8,50	34	0,95	0,33
ПС «Жовква»	25	0,61	0,44	0,75	3	0,81	0,73
ПС «Рудки»	10	4,53	1,90	4,93	49,29	0,92	0,42
ПС «Рудки»	10	3,20	0,96	3,34	33,38	0,96	0,3

Наочне відображення представленої у таблиці 2.6 інформації репрезентовано на гістограмі рисунку 2.6. Бачимо, що у відносно нормальному режимі працює 31 % трансформаторів.



Рисунок 2.6 – Розподіл завантаженості трансформаторів 110 кВ під час контрольних замірів від 21.12.2020 року

У недовантаженому режимі працює 39 % трансформаторів та ще 30 % із перевантаженням. Бачимо, що всі трансформатори знаходилися у роботі.

Підсумовуючи аналіз завантаженості трансформаторів варто відзначити, що велика кількість трансформаторів постійно працює у недовантаженому режимі, що потребує перегляду завантаженості підстанції. Також, варто відзначити, що одні і ті самі трансформатори постійно працюють у перевантаженому режимі. Це трансформатори на ПС «Мостиська», ПС «Кам'янобрід», ПС «Яворів-4» та ПС «Рава-Руська». Відповідно, в подальшому, будемо здійснювати аналіз відносно цих підстанцій.

2.3 Аналіз перевантажених підстанцій

На рисунку 2.7 представлено завантаження трансформатора на ПС 110 кВ «Рава-Руська» з 2013 по 2020 роки у режимі $N - 1$ [13].

З рисунку бачимо, що починаючи з 2014 року йде тренд на збільшення потужності, що проходить через підстанцію, і на момент 2020 року в режимі $N - 1$ другий трансформатор буде перевантажений, що є неприпустимо. У

таблиці 2.7 представлено зміну коефіцієнта завантаження ПС 110 «Рава-Руська» для 2021 року.

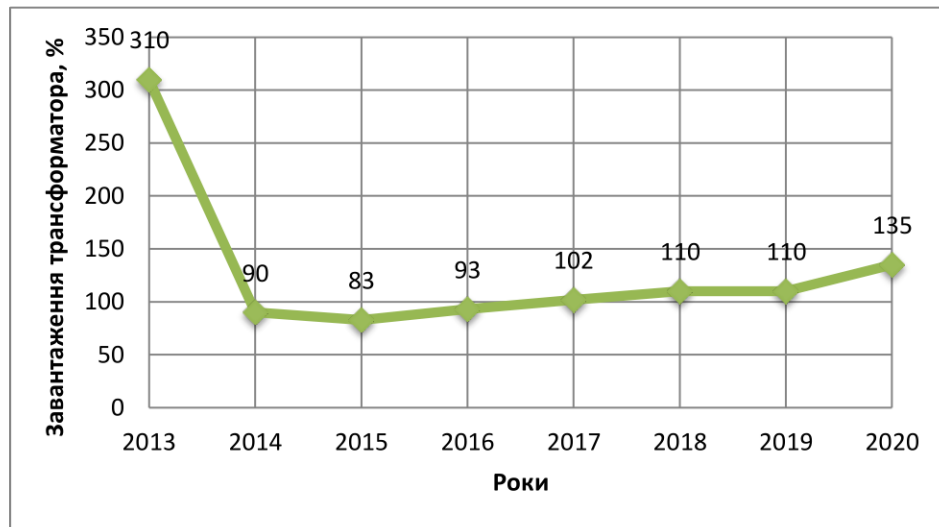


Рисунок 2.7 – Завантаження трансформатора на ПС 110 кВ «Рава-Руська» з 2013 по 2020 роки у режимі $N - 1$

Таблиця 2.7 – Показник $tg\varphi$ протягом 2021 року для ПС 110 кВ «Рава-Руська»

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
0,26	0,26	0,33	0,37	0,42	0,57	0,59	0,53	0,39	0,32	0,25	0,26

Аналізуючи таблицю 2.7 легко бачити, що у зимові місяці відсоток реактивної потужності зменшується порівняно із активною через велике споживання електричної енергії для нагріву пристроями, які в основному споживають активну потужність. З весни до осені навпаки, реактивна складова потужності збільшується, що відображено у таблиці.

На рисунку 2.8 представлено завантаження трансформатора на ПС 110 кВ «Яворів-4» з 2013 по 2020 роки у режимі $N - 1$.

Із графіка видно, що у 2014 році був різкий стрибок прохідної через підстанцію повної потужності, а починаючи з 2018 року навантаження на трансформатор в режимі, коли один із трансформаторів відімкнений, є неприпустимим. На ПС 110 кВ «Яворів-4» встановлено 2 трансформатора: ТДН-16000/110 та ТДН-16000/110, потужністю по 12 МВА. Очевидно, можемо зробити висновок, що потрібно збільшувати пропускну здатність трансформаторів.

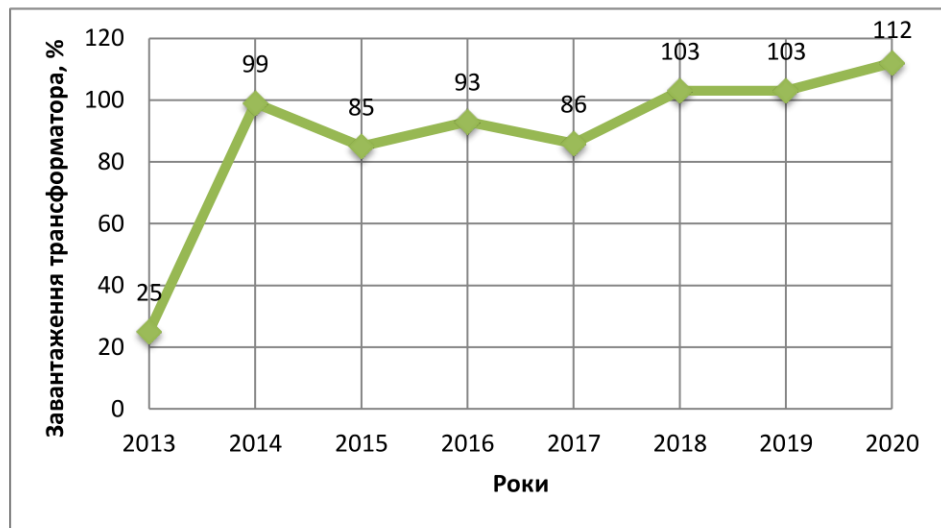


Рисунок 2.8 – Завантаження трансформатора на ПС 110 кВ «Яворів-4» з 2013 по 2020 роки у режимі $N - 1$

У таблиці 2.8 представлено зміну коефіцієнта завантаження ПС 110 «Яворів-4» для 2021 року.

Таблиця 2.8 – Показник $tg\varphi$ протягом 2021 року для ПС 110 кВ «Яворів-4»

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
0,16	0,16	0,18	0,18	0,2	0,27	0,3	0,29	0,21	0,18	0,17	0,16

Власне зроблені висновки підтверджує і розподіл коефіцієнт завантаження підстанції $tg\varphi$ протягом року. Бачимо, що він знаходиться у допустимих межах та практично не змінюється при зміні сезону.

На рисунку 2.9 представлено завантаження трансформатора на ПС 110 кВ «Кам'янобрід» з 2013 по 2020 роки у режимі $N - 1$.

З графіка бачимо, що у 2013 році завантаження трансформатора у режимі $N - 1$ становило 138 %, що призводить до виходу з ладу трансформатора. Пікове завантаження трансформатора в даному режимі було в 2014 році, після чого щороку зменшувалася і у 2020 році становило 94 %. За даними на 21.12.2021 (таблиця 2.6), трансформатори даної підстанції завантажені на 71 % та 73 % відповідно, отже у режимі $N-1$ завантаження дорівнюватиме 144 %. Підстанція 110 кВ «Кам'янобрід» потребує збільшення пропускної спро-

можності. У таблиці 2.9 представлено розподіл коефіцієнта завантаження цієї підстанції протягом 2021 року.

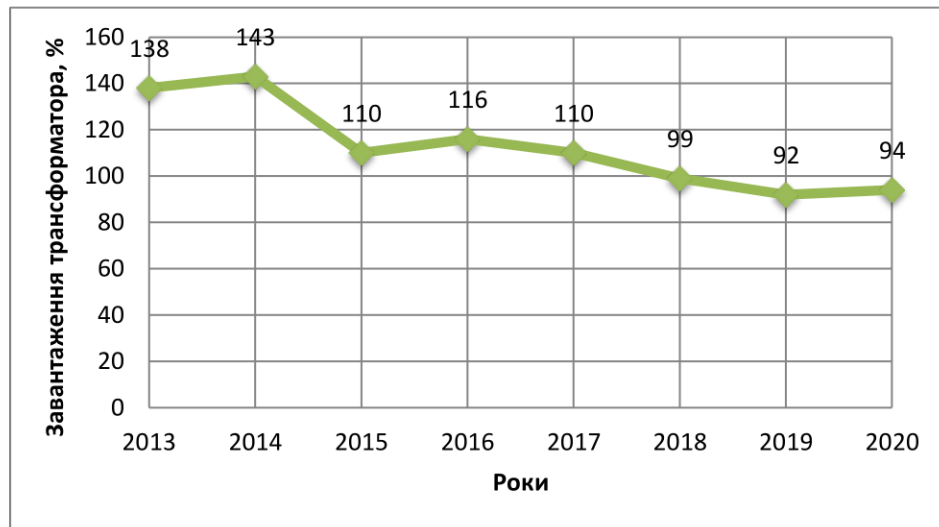


Рисунок 2.9 – Завантаження трансформатора на ПС 110 кВ «Кам'янобрід» з 2013 по 2020 роки у режимі $N - 1$

Таблиця 2.9 – Показник $tg\varphi$ протягом 2021 року для ПС 110 кВ «Кам'янобрід»

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
0,27	0,27	0,33	0,34	0,37	0,37	0,39	0,38	0,32	0,33	0,31	0,29

Аналізуючи таблицю 2.9 бачимо, коефіцієнт завантаження підстанції не суттєво варіюється протягом року, проте все таки змінюється. Якщо у зимовий період він становить 0,27, то у липні місяці – 0,39, що говорить про завантаження підстанції реактивною потужністю. Таблиця 2.9 підтверджує гіпотезу про збільшення пропускної здатності підстанції.

На рисунку 2.10 представлено завантаження трансформатора на ПС 110 кВ «Мостиська» з 2013 по 2020 роки у режимі $N - 1$.

На підстанції 110 кВ «Мостиська» у 2014 році було різке збільшення повної потужності, яка проходить через підстанцію, після чого тенденція зменшилася. Але у 2018 – 2020 роках трансформатор знову був навантажений більше допустимої потужності у режимі $N - 1$. На підстанції 110 кВ «Мостиська» потрібно провести заходи щодо підвищення пропускної спроможності.

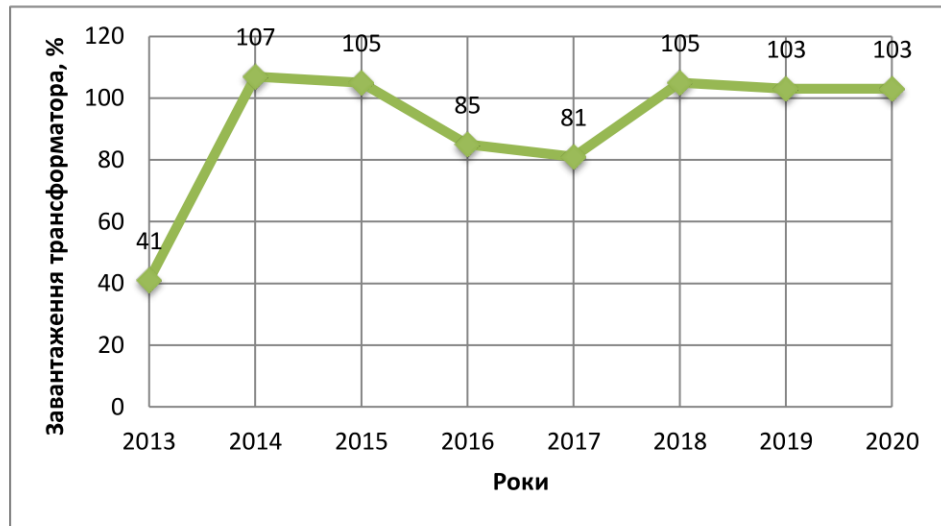


Рисунок 2.10 – Завантаження трансформатора на ПС 110 кВ «Мостиська» з 2013 по 2020 роки у режимі $N - 1$

У таблиці 2.10 представлено коефіцієнт завантаження ПС 110 кВ «Мостиська» для 2021 року.

Таблиця 2.10 – Показник $tg \varphi$ протягом 2021 року для ПС 110 кВ «Мостиська»

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
0,18	0,18	0,23	0,26	0,27	0,3	0,33	0,32	0,27	0,24	0,2	0,18

Бачимо, що таблиця 2.10 повністю підтверджує висновки зроблені на основі графіка представленого на рисунку 2.10.

Ще один дуже цікавий випадок стосується підстанції 35 кВ «Прилбичі». Ця підстанція є транзитною із відбором потужності. На рисунку 2.11 представлено завантаження трансформатора на ПС 35 кВ «Прилбичі» з 2013 по 2020 роки у режимі $N - 1$.

Аналізуючи рисунок бачимо, що спостерігається збільшення завантаження трансформатора, що зумовлено зростанням споживання електричної енергії. На підстанції 35 кВ «Прилбичі» встановлено трансформатори ТМН-1600/35 та ТН-1600/35 потужністю 1,6 МВА. У ситуації, коли один із цих трансформаторів доведеться відімкнути для виведення в ремонт або у аварійній ситуації, другий трансформатор буде завантажений на 110 %.

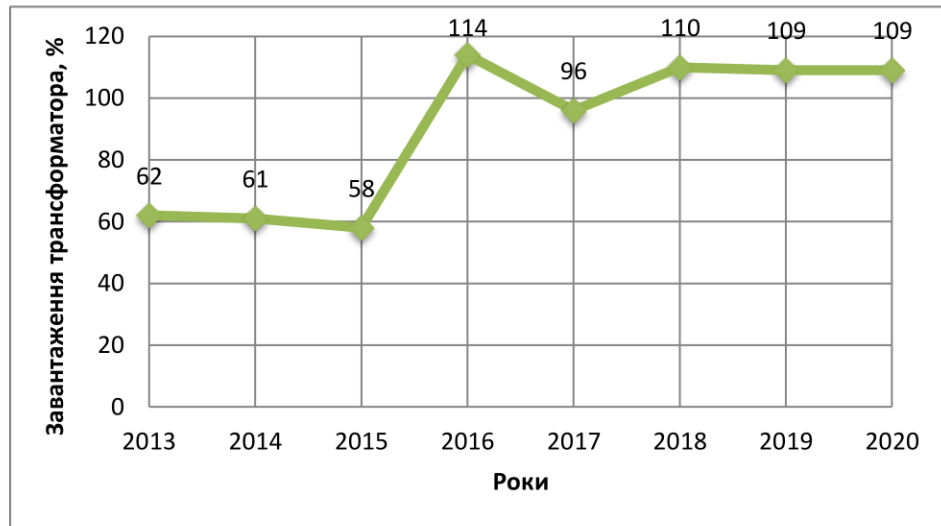


Рисунок 2.11 – Завантаження трансформатора на ПС 35 кВ «Прилбичі» з 2013 по 2020 роки у режимі $N - 1$

У таблиці 2.11 представлено коефіцієнт завантаження ПС 35 кВ «Прилбичі» для 2021 року.

Таблиця 2.11 – Показник $tg\varphi$ протягом 2021 року для ПС 35 кВ «Прилбичі»

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
0,34	0,35	0,39	0,41	0,46	0,49	0,56	0,6	0,48	0,44	0,34	0,3

Аналізуючи таблицю 2.11 бачимо, що підстанція 35 кВ «Прилбичі» суттєво завантажена реактивною складовою потужності, особливо у весняно-літньо-осінній період. Наприклад, у липні місяці показник завантаження становить 0,56. Для цієї підстанції потрібно передбачати збільшення пропускної здатності трансформаторів.

3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ПОКРАЩАННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ПІДСТАНЦІЙ

3.1 Розрахунок та встановлення компенсаційних пристроїв

В середньому у мережах 6 – 10 кВ частка технологічних втрат становить близько 8 – 12 % від відпущеної електроенергії. Втрати переважно залежать від коефіцієнта реактивної потужності, переданої споживачам елементами мережі. Наприклад, при зміні коефіцієнта потужності $tg\varphi$ від 0,5 до 0,8 втрати електроенергії збільшуються на 20 % [14].

Проведемо розрахунок компенсуючих пристроїв для ПС 35 кВ «Прилбичі». Протягом року, зокрема, у семи із дванадцяти місяців на ПС 35 кВ «Прилбичі» спостерігається підвищений $tg\varphi > 0,4$ та досягав максимального значення $tg\varphi_{\max} > 0,6$ у серпні 2021 року (таблиця 2.11).

Ми пропонуємо встановити на ПС 35 кВ «Прилбичі» компенсуючі пристрої, щоб знизити $tg\varphi$, зменшити втрати електроенергії та підвищити пропускну здатність. Одним з найбільш ефективних способів зменшення коефіцієнта реактивної потужності $tg\varphi$ та зниження втрат електроенергії є встановлення батарей статичних конденсаторів. Батареї статичних конденсаторів складаються з груп силових конденсаторів, зібраних у сталеві несучі силові блоки та закріплені на ізоляторах.

Вибір потужності здійснюється за умовою мінімуму наведених витрат з урахуванням вартості пристроїв, які компенсують та очікуваного ефекту від впровадження даного заходу.

У таблиці 3.1 представлено дані про споживання потужності на ПС 35 кВ «Прилбичі» та завантаженні її трансформаторів.

Розрахунок потужності компенсуючих пристроїв реактивної потужності здійснюємо за формулою [15]:

$$Q_{\text{розр.мак}} = P_{\text{розр}} \cdot tg\varphi_n, \quad (3.1)$$

де $tg\varphi_n$ – нормативне значення приймаємо $tg\varphi_n = 0,4$.

$$Q_{розр.маж} = 790 \cdot 0,4 = 316 \text{ кВАр.}$$

Обчислюємо потужність компенсаційних установок за формулою [16]:

$$Q_{розр.КУ} = Q_{розр.1} - Q_{розр.маж}, \quad (3.2)$$

$$Q_{розр.КУ} = 610 - 316 = 294 \text{ кВАр.}$$

Для виконання умов компенсації реактивної потужності, встановлюємо на обидві секції шин дві компенсаційні установки потужністю по 150 кВАр. Вибираємо компенсаційний марки УКРМ-10,5-150.

Таблиця 3.1 – Споживана потужність ПС 35 кВ «Прилбичі» за літній період

Т-тор	Тип	Ном. на-пруга, кВ	Ном. потуж-ність, МВА	P , МВт	Q , МВАр	S , МВАр	Зав. транс-сф, %
1Т	ТМН-1600/35	35/10,5	1,6	0,31	0,21	0,47	29
2Т	ТМН-1600/35	35/10,5	1,6	0,48	0,4	1,29	80

Компенсаційна установка УКРМ-10,5-150 призначена для компенсації реактивної потужності на шинах розподільчих підстанцій, а також в електричних розподільчих мережах промислових підприємств. Може використовуватися як індивідуальна високовольтна компенсаційна установка, яка компенсує реактивну потужність безпосередньо у споживача. Відтак, фактична потужність компенсаційної установки на шинах 10 кВ становитиме [17]:

$$Q_{факт.КУ} = Q_{КУ} \cdot n, \quad (3.3)$$

де n – кількість пристроїв, що компенсують; $Q_{КУ}$ – потужність компенсуючого пристрою.

$$Q_{факт.КУ} = 150 \cdot 2 = 300 \text{ кВАр.}$$

Залишкова реактивна потужність становитиме [18]:

$$Q_{розр.2} = Q_{розр.1} - Q_{факт.КУ}, \quad (3.4)$$

$$Q_{розр.2} = 610 - 300 = 310 \text{ кВАр.}$$

Перерахунок коефіцієнта потужності з урахуванням пристроїв компенсації реактивної потужності [19]:

$$tg\varphi_{рез} = \frac{Q_{розр}}{P_{розр}}; \quad (3.5)$$

$$tg\varphi_{рез} = \frac{310}{790} = 0,39.$$

Перевірка відповідності умові компенсації реактивної потужності:

$$0,39 < 0,4. \quad (3.6)$$

Бачимо, що результативне значення коефіцієнта знаходиться у допустимих межах.

Таблиця 3.2 – Споживана потужність ПС 35 кВ «Прилбичі» за літній період після встановлення компенсаційних пристроїв

Т-тор	Тип	Ном. напруга, кВ	Ном. потужність, МВА	P , МВт	Q , МВАр	S , МВАр	Зав. трансф, %
1Т	ТМН-1600/35	35/10,5	1,6	0,31	0,06	0,32	20
2Т	ТМН-1600/35	35/10,5	1,6	0,48	0,25	0,54	34

Обчислимо коефіцієнт завантаження трансформатора, який залишився у роботі в режимі $N - 1$ у літній період, на основі таблиці 3.2 [20]:

$$K_{зав(N-1)} = \frac{0,32 + 0,54}{1,6} \cdot 100\% = 54\%.$$

Аналізуючи обчислення бачимо, що виконана установка компенсуючого пристрою УКРМ-10,5-150 дає змогу знизити $tg\varphi$ до допустимих меж, а також збільшити пропускну спроможність ПС 35 кВ «Прилбичі» у літній період.

Подальші обчислення та проведення вибору компенсаційних установок здійснюється аналогічно. Результати обчислень та вибору компенсаційних пристроїв представлено у таблицях 3.3 – 3.4.

Далі представимо результати обчислення та вибору компенсаційних установок для ПС 110 кВ. Результати обчислень та вибору компенсаційних

установок для ПС 110 на основі контрольних вимірювань від 21.06.2021 року представлено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір компенсувальних пристроїв для ПС 110 кВ Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» за даними від 21.06.2021 року

Назва підстанції	P , МВт	$P_{розр}$, МВт	Q , МВАр	$Q_{розр1}$, МВАр	$Q_{розр,max}$, МВАр	$Q_{розр,КУ}$, кВАр	$Q_{КУ}$, кВАр	$Q_{фактКУ}$, кВАр	$Q_{розр2}$, МВАр	Назва КУ	Кількість КУ
ПС «Судова Вишня»	3,94	3,94	2,07	2,07	1,576	494	600	600	1470	УКРП57-10,5-600	1
ПС «Кам'янобрід»	8,37	15,8	4,15	7,08	6,33	748	600	1200	5880	УКРП-57-10-250	2
ПС «Кам'янобрід»	7,36		2,93								
ПС «Яворів-1»	2,64	2,64	2,01	2,01	1,056	954	900	900	1110	УКРМ-10,5-900	1
ПС «Яворів-5»	1,43	4,45	0,51	3,01	1,78	1230	600	1200	1810	УКРМ-10,5-600	2
ПС «Яворів-5»	3,02		2,5								
ПС «Немирів»	0	5,21	0	2,89	2,08	806	900	900	1990	УКРМ-10,5-900	1
ПС «Немирів»	521		2,89								
ПС «Рава-Руська»	2,09	2,75	1,28	1,89	1,1	790	450	900	990	УКРМ-10,5-450	2
ПС «Рава-Руська»	0,66		0,61								

Розглянемо вибір компенсувальних пристроїв для ПС 110 кВ на основі контрольних вимірювань від 21.12.2024 року. Результати представлено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Вибір компенсувальних пристроїв для ПС 110 кВ Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» за даними від 21.12.2021 року

Назва підстанції	P , МВт	$P_{розр}$, МВт	Q , МВАр	$Q_{розр1}$, МВАр	$Q_{розр,max}$, МВАр	$Q_{розр,КУ}$, кВАр	$Q_{КУ}$, кВАр	$Q_{фактКУ}$, кВАр	$Q_{розр2}$, МВАр	Назва КУ	Кількість КУ
ПС «Судова Вишня»	3,74	3,74	1,73	1,73	1,49	234	250	250	1480	УКРП57-10,5-250	1
ПС «Яворів-1»	10,2	10,2	5,78	5,78	4,08	1696	1800	1800	3980	УКРМ-10,5-900	1
ПС «Яворів-5»	3,41	7,01	1,54	4,58	2,8	1776	900	1800	2780	УКРМ-10,5-900	2
ПС «Яворів-5»	3,6		3,04								

Аналізуючи таблицю 3.4 бачимо, що для зимового періоду потрібно значно менше компенсаційних установок ніж для літнього (таблиця 3.3). Відтак, для приведення результатів до кількісної характеристики підсумуємо: для ПС «Судова Вишня» потрібна одна установка УКРП57-10,5-600 зі ступеневим регулюванням на 250 кВАр; для ПС «Яворів-5» потрібно дві установки УКРП57-10,5-900 з можливістю ступеневого регулювання на 600 кВАр. Для решти підстанцій потрібно закупити установки згідно таблиці 3.3.

3.2 Заміна трансформаторів для покращання пропускної здатності підстанції

У таблиці 3.5 представлено потужність, яка проходить через трансформатор на ПС 110 кВ «Кам'янобрід», а також завантаження трансформаторів у звичайному режимі та в режимі $N - 1$.

Таблиця 3.5 – Завантаження трансформаторів ПС 110 кВ «Кам'янобрід»

Т-то р	Тип	Ном. напру-га, кВ	Ном. пот., МВ А	P , МВ т	Q , МВА р	S , МВА р	Зав. трансф, %	При відмиканні 1Т	При відмиканні 2Т
1Т	ТРДН-25000/110	115/11	25	10,9	3,36	11,4	20	105,1	105,1
2Т	ТРДН-25000/110	115/10,5	25	14,6	4,86	14,8	34		

Із таблиці 3.5 видно, що на ПС 110 кВ «Кам'янобрід» при виході із ладу одного з трансформаторів, другий працюватиме у перевантаженому режимі роботи. Щоб підвищити пропускну здатність підстанції та не допускати перевантаження трансформаторів, потрібно встановити трансформатор наступного ступеня потужністю 40 МВА.

У такому випадку завантаження трансформатора у режимі із одним працюючим трансформатором складе:

$$K_{зав(N-1)} = \frac{11,41 + 14,87}{40} \cdot 100\% = 65,6\% .$$

Таблиця 3.6 – Завантаження трансформаторів ПС 110 кВ «Кам'янобрід» після заміни трансформаторів

Т-то р	Тип	Ном. напру-га, кВ	Ном. пот., МВ А	P , МВ т	Q , МВА р	S , МВА р	Зав. трансф, %	При відмиканні 1Т	При відмиканні 2Т
1Т	ТРДН-40000/11	115/11	40	10,9	3,36	11,4	28,5	65,6	65,6

	0								
2Т	ТРДН-40000/110	115/10,5	40	14,6	4,86	14,8	37,1		

У таблиці 3.6 можемо бачити результати заміни трансформаторів на потужніші: фактичне завантаження підстанції у режимі $N - 1$ за потужністю знизиться зі 105 % до 66 %. Тепер трансформатори у режимі $N - 1$ будуть працювати в нормальному для себе режимі, підвищилася пропускна здатність, збільшився резерв потужності, який дає змогу підключати нових споживачів.

У таблиці 3.7 представлено потужність, яка проходить через трансформатор на ПС 110 кВ «Яворів-4», а також завантаження трансформаторів у звичайному режимі та в режимі $N - 1$.

Таблиця 3.7 – Завантаження трансформаторів ПС 110 кВ «Яворів-4»

Т-то р	Тип	Ном. напруга, кВ	Ном. пот., МВА	P , МВт	Q , МВАр	S , МВАр	Зав. трансф, %	При відмиканні 1Т	При відмиканні 2Т
1Т	ТРДН-16000/110	115/11	16	11,1	2,1	11,2	70,4	120	120
2Т	ТРДН-16000/110	115/11	16	7,8	1,9	7,9	49,6		

Згідно з даними наведеними у таблиці 3.7, встановлені на ПС 110 кВ «Яворів-4» трансформатори у режимі, коли один із трансформаторів відімкнений, другий буде працювати в режимі перевантаження. Як бачимо із рисунку 2.8, на цій підстанції спостерігається тенденція до збільшення споживання потужності, а встановлені у 1972 та 1981 роках трансформатори не можуть забезпечити достатній резерв потужності, щоб підключати нових споживачів. Вирішенням цієї проблеми є заміна трансформаторів із 2x16МВА на 2x25МВА.

У випадку заміни трансформаторів, завантаження трансформатора в режимі з одним працюючим трансформатором становитиме:

$$K_{зав(N-1)} = \frac{11,2 + 7,9}{25} \cdot 100\% = 76,7\%.$$

Після заміни трансформаторів на ПС 110 кВ «Яворів-4» з 2х16МВА на 2х25МВА, в режимі $N - 1$ у зимовий період завантаження трансформатора зміниться зі 120 % на 76,7 %, що дасть змогу забезпечити необхідний запас потужності, який дозволить підвищувати споживану потужність, відповідаючи тенденції збільшення її споживання. У таблиці 3.8 представлено результати заміни трансформаторів на ПС 110 кВ «Яворів-4».

Таблиця 3.8 – Завантаження трансформаторів ПС 110 кВ «Яворів-4» після заміни трансформаторів

Т-то р	Тип	Ном. напру-га, кВ	Ном. пот., МВ А	P , МВ т	Q , МВА р	S , МВА р	Зав. транс-сф, %	При від-миканні 1Т	При від-миканні 2Т
1Т	ТРДН-25000/110	115/11	25	11,1	2,1	11,2	45,1	76,7	76,7
2Т	ТРДН-25000/110	115/11	25	7,8	1,9	7,9	31,7		

У таблиці 3.9 представлено потужність, яка проходить через трансформатор на ПС 110 кВ «Рава-Руська», а також завантаження трансформаторів у звичайному режимі та в режимі $N - 1$.

Таблиця 3.9 – Завантаження трансформаторів ПС 110 кВ «Рава-Руська»

Т-то р	Тип	Ном. напру-га, кВ	Ном. пот., МВ А	P , МВ т	Q , МВА р	S , МВА р	Зав. транс-сф, %	При від-миканні 1Т	При від-миканні 2Т
1Т	ТРДН-6300/110	115/11	6,3	3,63	1,31	3,86	61,2	134,3	134,3
2Т	ТРДН-6300/110	115/11	6,3	4,42	1,3	4,61	73,1		

З таблиці 3.9 бачимо, що ПС 110 кВ «Рава-Руська» у зимовий період у режимі $N-1$ перевантажена. На рисунку 2.7 спостерігається тенденція до збільшення завантаження підстанції з 2014 року, яка впевнено продовжує зростати. Тому, потрібно збільшити пропускну здатність, щоб витримувати перевантаження у режимі, при якому один трансформатор виведено з ладу. Оскільки величина перевантаження велика, щоб покрити потреби збільшення потужності потрібно замінити трансформатор на більш потужний, тобто, встановити 2x10 МВА трансформатори.

У такому випадку завантаження трансформатора у режимі з одним працюючим трансформатором буде становити:

$$K_{зав(N-1)} = \frac{3,86 + 4,61}{10} \cdot 100\% = 84,6\%.$$

У таблиці 3.10 представлено результати заміни трансформаторів на ПС 110 кВ «Рава-Руська».

Таблиця 3.10 – Завантаження трансформаторів ПС 110 кВ «Рава-Руська» після заміни трансформаторів

Т-то р	Тип	Ном. напру-га, кВ	Ном. пот., МВ А	P , МВ т	Q , МВА р	S , МВА р	Зав. трансф, %	При відмиканні 1Т	При відмиканні 2Т
1Т	ТРДН-10000/110	115/11	10	3,63	1,31	3,86	45,1	84,6	84,6
2Т	ТРДН-10000/110	115/11	10	4,42	1,3	7,9	4,61		

Згідно з інформацією представленою у таблиці 3.10, фактичне навантаження трансформатора у режимі $N-1$ у зимовий період після заміни трансформатора 2x10 МВА зміниться з 134,3 % на 84,6 %, що задовольняє нормативні значення за завантаженням трансформаторів.

У таблиці 3.11 представлено потужність, яка проходить через трансформатор на ПС 110 кВ «Мостиська», а також завантаження трансформаторів у звичайному режимі та в режимі $N - 1$.

Таблиця 3.11 – Завантаження трансформаторів ПС 110 кВ «Мостиська»

Т-то р	Тип	Ном. напру-га, кВ	Ном. пот., МВ А	P , МВ т	Q , МВА р	S , МВА р	Зав. трансф, %	При відмиканні 1Т	При відмиканні 2Т
1Т	ТРДН-15000/110	115/11	15	4,84	1,64	5,1	33,9	103	103
2Т	ТРДН-15000/110	115/11	15	9,89	3,1	10,3	68,9		

Аналізуючи таблицю 3.11 бачимо, що у режимі $N - 1$ трансформатор, який залишився, буде працювати в режимі перевантаження, що неприпустимо для тривалого часу. Ми пропонуємо здійснити заміну трансформаторів на потужніші, зокрема 2x25 МВА.

У такому випадку завантаження трансформатора у режимі роботи з одним працюючим трансформатором буде становити:

$$K_{зав(N-1)} = \frac{5,1 + 10,3}{25} \cdot 100\% = 62\% .$$

У таблиці 3.12 представлено потужність, яка проходить через трансформатор на ПС 110 кВ «Мостиська», а також завантаження трансформаторів у звичайному режимі та в режимі $N - 1$.

Таблиця 3.12– Завантаження трансформаторів ПС 110 кВ «Мостиська» після заміни трансформаторів

Т-то р	Тип	Ном. напру-га, кВ	Ном. пот., МВ А	P , МВ т	Q , МВА р	S , МВА р	Зав. трансф, %	При відмиканні 1Т	При відмиканні 2Т
1Т	ТРДН-25000/110	115/11	25	4,84	1,64	5,1	20,4	62	62

2Т	ТРДН- 25000/11 0	115/11	25	9,89	3,1	10,3	41,4		
----	------------------------	--------	----	------	-----	------	------	--	--

З таблиці 3.12 бачимо, що заміна трансформаторів дала змогу збільшити пропускну здатність ПС 110 кВ «Мостиська» та зменшити завантаження трансформатора у режимі $N-1$ у зимовий період з 103 % до 62 %, що дає змогу підключати нові навантаження до підстанції з урахуванням перспективного розвитку району.

Резюмуючи зроблене у цьому розділі кваліфікаційної роботи скажемо, що розроблені заходи дають змогу зменшити втрати енергії та збільшити пропускну здатність електричних підстанцій.

Для підтвердження ефективності розроблених заходів, у п'ятому розділі кваліфікаційної роботи представимо техніко-економічну ефективність прийнятих рішень.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Перша невідкладна допомога при ураженні електричним струмом

За ураження електричним струмом потерпілого потрібно швидко звільнити від подальшої дії електричного струму. Якщо пульс та дихання стійкі, то потерпілого необхідно зручно вкласти, зняти пояс, розстебнути одяг; потрібно забезпечити повний спокій та доступ свіжого повітря; потрібно безперервно спостерігати за пульсом та диханням; рекомендується окропити водою і дати понюхати нашатирний спирт [21].

У разі, якщо потерпілий не дихає чи дихає судорожно із всхлюпуванням, тоді потрібно робити йому штучне дихання; за відсутності в потерпілого пульсу одночасно із штучним диханням необхідно здійснювати закритий масаж серця. В усіх випадках негайно викликають лікаря.

Мимовільне судорожне скорочення м'язів руки може бути настільки сильним, що вивільнити струмоведучу частину із рук потерпілого стає майже неможливим. Відтак необхідно швидко вимкнути електроустановку за допомогою вимикача або рубильника. У випадку, якщо неможливо швидко вимкнути електроустановку, слід відокремити потерпілого від струмоведучої частини. Потрібно пам'ятати, що доторкнувшись до людини, яка перебувала у контурі струму, можна самому потрапити під напругу, через це не можна торкатися до його тіла незахищеними руками.

За напруги до 1000 В потерпілого виокремлюють від струмоведучої частини сухим канатом, дошкою, палицею, за допомогою одягу, який не проводить струм. На свої руки необхідно одягнути діелектричні рукавички (за їх відсутності ізолювати руки полотняним шарфом, кашкетом, прогумованою тканиною чи сухою тканиною, встати на суху дошку, ізолюючу підставку). Якщо відокремити потерпілого дуже важко, дозволяється перерубати чи перерізати дроти сокирою (інструментом) із сухим дерев'яним держакком.

За напруги вище 1000 В, щоб звільнити потерпілого від електричного

струму, потрібно одягнути діелектричні рукавички та чоботи й відтягувати потерпілого штангою чи кліщами, призначеними для цієї напруги. Іншими підручними засобами користуватися заборонено. На лініях електропередач можна накоротко замкнути усі дроти лінії, накинувши на них дріт. Накидаючий дріт повинен бути попередньо з'єднаний із землею.

Одним із найдієвіших способів відновити дихання у потерпілого є штучне дихання [22].

Перед початком штучного дихання слід зробити прохідними для повітря дихальні шляхи. Якщо рот потерпілого стиснутий, його потрібно розкрити. Для цього потрібно відвести нижню щелепу так, щоб нижні зуби опинилися впереді верхніх, або між корінними зубами вставити плоский предмет та із його допомогою розтиснути щелепи. Після цього швидко відкривають та очищають від слизу рот потерпілого, знімають щелепи виймають. Далі закидають голову потерпілого назад, підкладаючи одну руку під шию, а іншою натискають на чоло. Корінь язика при цьому відходить від задньої стінки гортані, відкриваючи при цьому вільний доступ повітря до легень. Для зберігання досягнутого положення під лопатки потерпілого підкладають валик із одягу.

Штучне дихання здійснюють у наступному порядку. Підтримуючи голову у закинутому стані (рот відкритий), зажимають ніздрі великим та вказівним пальцями тієї руки, що лежить на лобі. Пізніше, глибоко вдихнувши повітря, притискають свій рот до відкритого рота потерпілого (безпосередньо чи через марлю або хустку) та різко вдихають у нього повітря. Під час цього груди потерпілого повинні підніматися. Видих в постраждалого відбудеться мимовільно, так як відбувається спад грудної клітини. В хвилину роблять 10-12 вдихів – видихів. Цей метод штучного дихання називається «із рота у рот».

При штучному диханні потрібно стежити за потерпілим: якщо він поворухне губами, зробить ковтальний рух, потрібно перевірити, чи не почне він дихати самостійно та рівномірно. У цьому випадку штучне дихання слід призупинити. Якщо ж виявиться, що потерпілий не дихає, то штучне дихання негайно відновлюють.

При способі «із рота у ніс» повітря вдувають через ніс, щільно закривши рот. Цей метод застосовують у разі, коли рот потерпілого неможливо відкрити (стиснуті щелепи) або охопити [23].

Непрямий масаж серця здійснюють для того, щоб відновити його роботу та кровообіг. Цей масаж називають непрямим, зовнішнім тому, що на серце впливають через грудиноу. В шоковому стані м'язи тіла розслаблені, а відтак грудну клітку можна змістити у сторону хребта на 4 – 5 см, (здоровій людині цього зробити не можна). Сутність способу полягає у тому, що за допомогою ритмічного стискання серця між грудиною та хребтом вдається виштовхнути кров в великі судини. Коли тиск на грудиноу припиняється й вона випрямляється, серце знову наповнюється кров'ю. Повторюючи натискання із частотою пульсу (1 раз у 1 с), можна підтримувати кровообіг в організмі за відсутності роботи серця. Ритмічне стискання та опускання грудини стимулює самостійну роботу серця.

Для здійснення закритого (непрямого) масажу серця потерпілого вкладають на жорстку (щоб не було амортизації) лаву чи підлогу й швидко звільняють від одягу, що стискує – розстібають комір, пояс, знімають краватку. Той хто надає допомогу стає з лівого боку потерпілого й кладе на нижню частину його грудної клітини долоню витягнутої до відмови руки, а другу руку для посилення натискання кладе на першу.

Важливо правильно визначити місце, на яке необхідно натискати – на два пальця вище кінця грудини. Поклавши на це місце нижню частину лодоні однієї руки, другу необхідно покласти на неї під прямим кутом. Пальці не повинні торкатися грудної клітки. Натискати на грудиноу слід швидким поштовхом такої сили, щоб змістити її на 4 – 5 см. Після кожного натискання потрібно відносити руки від грудної клітки, щоб не заважати їй вільному випрямленню. Це сприяє притоку крові із вен у серце. Не можна натискати на верхню частину грудини, ребра, м'які тканини (печінку), так як їх можна пошкодити.

Частота натискання – один раз у секунду. Якщо допомогу надає одна людина, то робиться 14 – 15 натискань, а потім 2 – 3 глибоких вдихування.

Якщо ж допомогу надають двоє, то після 4 – 6 натискань роблять перерву на 2 с, під час якої вдувають повітря потерпілому, потім знову натискають і т.д. Про відновлення кровообігу можна судити за появою пульсу, який зберігається, якщо на 2 – 3 с припинити масаж. Процедуру масажу серця рекомендується доручати спеціально навченому працівнику.

За правильного надання допомоги в потерпілого проявляються наступні ознаки оживлення: колір обличчя набуває рожевого відтінку замість сіро-землистого із синуватим; проявляються стійкі самостійні дихальні рухи; звужуються зіниці, що означає збільшення кровопостачання мозку. Вузькі зіниці вказують на достатнє живлення мозку киснем.

Тривала відсутність пульсу при самостійному диханні та вузьких зіниць вказує на фібриляцію серця. В цих випадках необхідно оживляти потерпілого безперервно як до, так й після доставки його до лікувального закладу чи до прибуття лікаря. Навіть короткочасне (менше 1 хв) припинення нагадування допомоги по оживленню може мати небажані наслідки.

Після появи перших ознак життя зовнішній масаж серця та штучне дихання слід продовжувати ще 5 – 10 хв, приурочивши вдування до моменту власного вдиху.

4.2 Категорії електроустановок за напругою та схеми їх живлення

Ураження людини струмом можливе у разі дотику її до двох точок, між якими є напруга, наприклад до двох фаз, фази та землі, до двох місць землі, які мають різні потенціали. Струм ураження залежить від робочої напруги та схеми живлення електроустановки, опору усіх елементів електричного контуру, по якому проходить струм [24].

Умовно, у тому числі й з метою техніки безпеки, електроустановки поділяють на дві категорії у залежності від величини робочої напруги: до та вище 1000 В. В електроустановках напругою вище 1000 В дотик до струмоведучих частин дуже небезпечний у будь-яких випадках незалежно від схеми

живлення, тому тут вживаються усі заходи для того, щоб зробити струмопровідні частини недоступними для випадкового дотику до них людини. Їх розташовують на недоступних відстанях, надійно огорожують, строго регламентуючи правила доступу до установки.

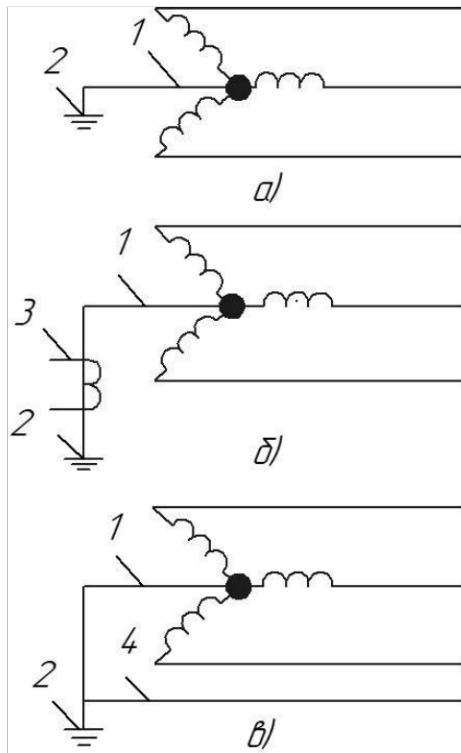


Рисунок 4.1 – Мережа із глухозаземленою нейтраллю: *a* – глухе заземлення нейтралі; *б* – глухе заземлення нейтралі через трансформатор струму; *в* – трифазна чотири провідна мережа із заземленими нульовим проводом; *1* – нейтраль; *2* – заземлення; *3* – трансформатор струму; *4* – нульови провід.

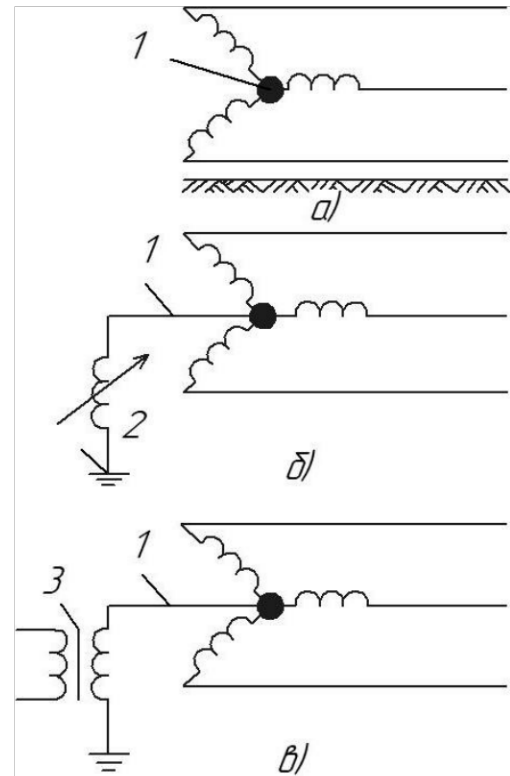


Рисунок 4.2 – Мережа з ізолюваною нейтраллю трансформатора: *a* – повністю ізолювана нейтраль; *б* – у нейтраль увімкнена котушка, яка компенсує ємнісний струм мережі; *в* – в нейтраль увімкнена обмотка трансформатора напруги; *1* – нейтраль; *2* – компенсувальна котушка; *3* – трансформатор напруги.

Електроустановками напругою до 1000 В оснащені усі галузі народного господарства, у тому числі й побут. В цих установках велика ймовірність випадкового дотику до струмоведучих частин, корпусів електрообладнання, що опинилися під напругою при замиканні на них [25].

Електроустановки напругою до 1000 В у переважній більшості працюють від чотирипровідних мереж із глухозаземленою нейтраллю (рис. 4.1): нейтралі генераторів та трансформаторів приєднані до заземлювальних при-

строїв безпосередньо через малий опір (наприклад, трансформатор струму). Четвертий провід мережі приєднаний до заземленої нейтралі трансформатора, тому він називається нульовим. За допомогою нульового проводу вмикають споживачів на фазну напругу (наприклад, освітлювальне навантаження) Нульовий провід, а також заземлення нейтралі є робочими елементами схеми.

За підвищених вимог безпеки живлення електроустановок напругою до 1000 В здійснюється трипровідних мереж із нейтраллю, ізольованою від землі (рис. 4.2) або пов'язаної з заземлювальним пристроєм через апарати, маючі великий опір (наприклад, трансформатори напруги, котушки, які компенсують ємнісний струм мережі) [26].

4.3 Модель процесу виникнення та формування виробничих небезпек при обслуговуванні трансформатора

Сучасні комплекси та системи електропостачання промислових підприємств включають окрім повітряних та кабельних ліній трансформаторні підстанції. Підстанція – це електроустановка, яка складається із трансформаторів чи інших перетворювачів енергії, пристроїв управління, розподільних пристроїв (РП) та допоміжних споруд. Підстанції промислових підприємств зазвичай можуть буди прибудованими до основної будівлі, вбудованими а також внутрішньоцехові. Широко застосовують комплектні трансформаторні підстанції (КТП), які поставляються у зібраному чи повністю підготовленому для збирання вигляді. Комплектним (КРП) називається РП, які складається із частково чи повністю закритих шаф або блоків із вбудованими у них апаратами, пристроями захисту та автоматики, які постачаються у зібраному чи повністю підготовленому для збирання вигляді [26].

Відтак, монтаж сучасної підстанції зазвичай зводиться в основному до встановлення у підготовленому приміщенні (чи на майданчику у разі відкритих РП) окремих шаф або блоків, з'єднання їх апаратів між собою та із КЛ чи ПЛ. Електромонтери виконують під час цього слюсарно-складальні та такела-

жні роботи: виконання електричних з'єднань первинних та вторинних контурів, виконання електромонтажних заготовок у майстернях, включення приладів релейного захисту та автоматики, наладка змонтованого обладнання. При ремонті та електромонтажі устаткування підстанцій слід вживати заходів щодо захисту опіків, від механічних травм (поранень, ударів), від ураження електричним струмом. Працюючий персонал електромонтажної організації незалежно від наявності кваліфікаційної групи по техніці безпеки не прирівнюється до експлуатаційного персоналу, й йому забороняється проводити будь-які роботи по експлуатації електроустановок на будівельних майданчиках.

Для закріплення деяких деталей електроустаткування до стін та конструкцій приміщення РП за допомогою дюбелів застосовують порохові інструменти – будівельно-монтажний пістолет поршневого типу ПЩ-52-1 та порохові оправлення типу ОДП-4М. Заходи безпеки під час використання порохових інструментів передбачені заводськими інструкціями по їх експлуатації.

Конструкції масою понад 20 кг підіймати слід двом електромонтажникам. При масі вантажу більше 50 кг піднімати його слід із застосуванням лебідки чи кранів.

Роботи, пов'язані із підйомом на висоту та кріпленням важких деталей електроустаткування РП (трансформаторів струму, роз'єднувачів, опорних та прохідних ізоляторів та ін.) є небезпечними щодо можливості травмування. Під час установки різноманітних апаратів та інших деталей у закритих РП, які закріплюються у стелях, стінах та на будівельних конструкціях за допомогою цементних розчинів, не варто забирати підтримуючі їх пристрої до повного затвердіння розчину. Завчасне видалення підпорок та розтяжок може викликати руйнування вузла кріплення та падіння цих конструкцій, що є дуже небезпечно. Підняття на висоту для монтажу різні елементи обладнання та апарати повинні негайно закріплюватися на своїх місцях.

При переміщенні та підйомі на місце установки роз'єднувачів, відокремлювачів та короткозамикачів їх потрібно встановлювати у положення «включено», так як при такому положенні ножів виключається можливість

травмування робітників ножовими контактами [25].

Всі електромагнітні приводи, автоматичні вимикачі та інші апарати, забезпечені механізмами вільного розчеплення поворотними пружинами, слід переміщати контакти на місце, коли вони знаходяться у положенні «відключено». Річ у тому, що під час включеного положення цих апаратів можливе випадкове спрацьовування на відключення та випадковий рух механізму може травмувати робітника.

При підйомі та переміщенні камер, розподільних щитів чи блоків збірних розподільчих пристроїв необхідно за допомогою відтяжок запобігти їх перекиданні.

Для обчислення імовірності травми використаємо логіко-імітаційну модель процесу її формування (рис. 4.3) і програмний комплекс MathCad в якому зроблено всі розрахунки.

Вихідні дані:				
$P1 := 0.4$	$P2 := 0.3$	$P4 := 0.3$	$P5 := 0.5$	
$P7 := 0.3$	$P8 := 0.5$	$P12 := 0.3$	$P11 := 0.5$	$P14 := 0.3$
$P15 := 0.5$	$P17 := 0.3$	$P18 := 0.5$		
Імовірність події 3				
+				
$P3 := P1 + P2 - P1 \cdot P2 = 0.58$				
Слід зауважити, що обчислення ймовірностей випадкових подій проводяться відповідно до положень булевої алгебри.				
Аналогічно обчислюємо ймовірність інших подій залежно від їх номера:				
$P6 := P4 + P5 - P4 \cdot P5 = 0.65$				
$P9 := P7 + P8 - P7 \cdot P8 = 0.65$				
$P10 := P3 + P6 + P9 - P3 \cdot P6 - P3 \cdot P9 - P6 \cdot P9 + P3 \cdot P6 \cdot P9 = 0.949$				

Рисунок 4.3 – Розрахунок імовірностей в *MathCad 15*

$$\begin{aligned}
 P_{13} &:= P_{11} + P_{12} - P_{11} \cdot P_{12} = 0.65 \\
 P_{16} &:= P_{14} + P_{15} - P_{14} \cdot P_{15} = 0.65 \\
 P_{19} &:= P_{17} + P_{18} - P_{17} \cdot P_{16} = 0.605 \\
 P_{20} &:= P_{13} + P_{16} + P_{19} - P_{13} \cdot P_{16} - P_{13} \cdot P_{19} - P_{16} \cdot P_{19} + P_{13} \cdot P_{16} \cdot P_{19} \\
 P_{20} &= 0.952 \\
 P_{21} &:= 0.12 \\
 P_{22} &:= P_{10} + P_{20} - P_{10} \cdot P_{20} = 0.998
 \end{aligned}$$

Рисунок 4.4 – Розрахунок імовірностей в MathCad 15 (продовження).

На робочому місці оператора під час обслуговування турбогенератора за наявності згаданих недоліків з охорони праці, які репрезентовані в основних подіях на 100 таких місць, можна очікувати 2 травми. Якщо терміново виправити зазначені недоліки (значно підвищивши професіональний рівень операторів, покращивши контроль та побудувавши потрібну кількість пристроїв захисту за усіма вимогами безпеки), побачимо на моделі, що шляхом ще одного розрахунку, цей показник небезпеки почне наближатися до 0, а рівень безпеки – до 1.

Цілком зрозуміло, потрібно пам'ятати, що на згаданому робочому місці можуть бути й інші несправності і недоліки, які призведуть до травми за інших обставин. Складовими обставинами іншої травми можуть бути наступні недоліки: малоефективний контроль чи дуже низький професійний рівень умінь і знань працюючих з охорони праці. Потрібно здійснити розробку відповідної моделі і зробити необхідні розрахунки. Враховуючи, що показник імовірності виникнення аварії або травм (травмонебезпечної ситуації або аварійної) найкраще й об'єктивніше характеризує показник небезпеки на конкретному об'єкті, через це створені умови для покращення системи управління безпекою праці у виокремлених підрозділах або господарствах. Величина імовірності може враховуватися при розробці заходів впливу на працюючий оперативний персонал, що часто допускає небезпечні дії, і стимулюючих заходів до тих працівників, на індивідуальних робочих місцях яких є низька імовірність появи аварії і травми.

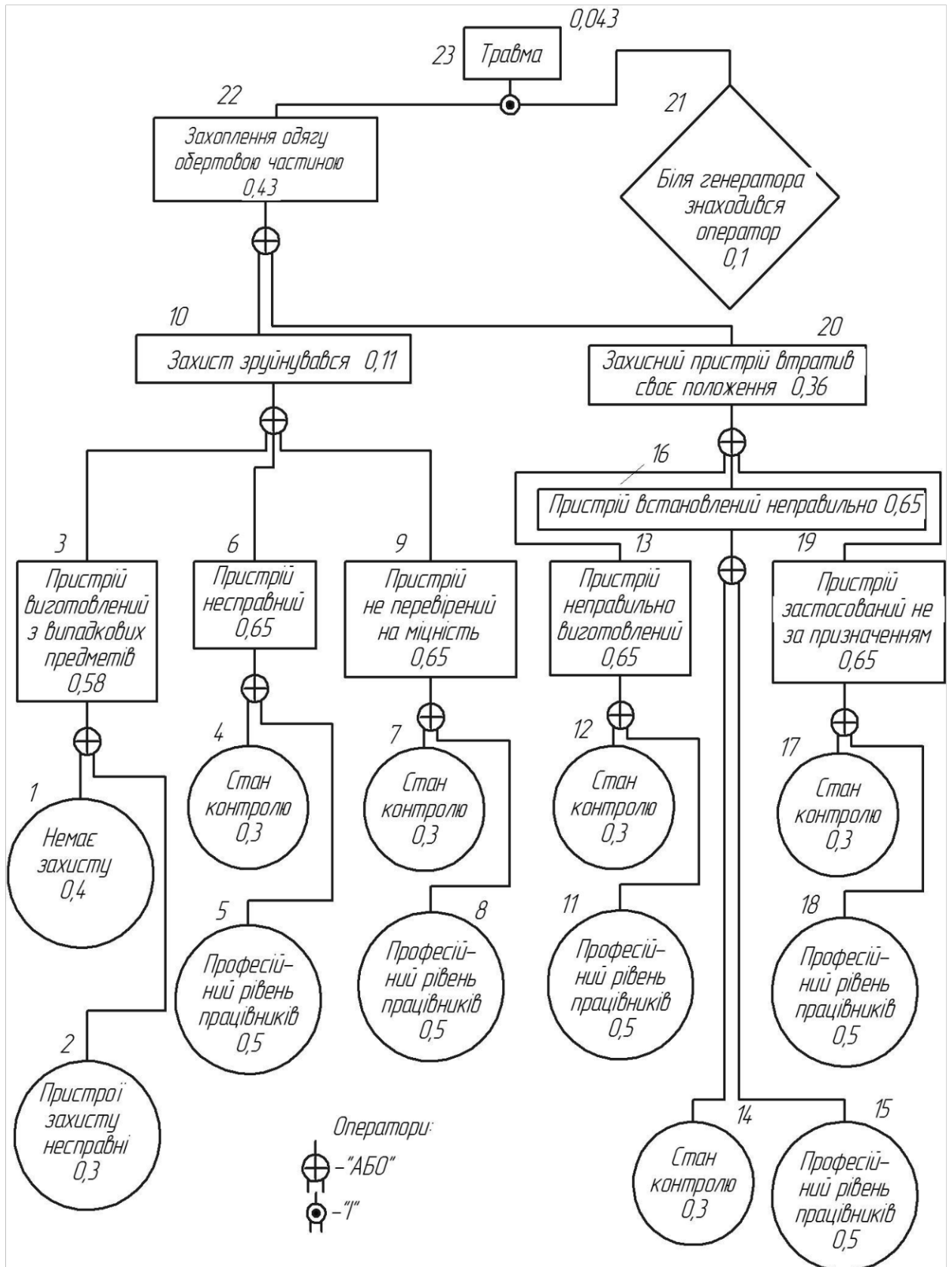


Рисунок 4.5 – Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травми при обслуговуванні трансформатора

4.4 Розробка заходів питань безпеки у надзвичайних ситуаціях

Відповідно до чинного законодавства функції безпеки, в тому числі й у сфері соціальної політики, покладені на законодавчі та виконавчі органи влади усіх рівнів.

Відтак, місцеві органи федеральних органів й органів суб'єкта виконавчої влади розв'язують задачі комплексної безпеки в відповідності із своїми призначеннями та на основі сучасної законодавчої бази, визначають шляхи, напрями та способи підвищення рівня безпеки окремої особи та населення у цілому [27].

Дані органи роблять усе можливе для удосконалення і розвитку методичної, нормативної правової бази, яка здійснює регулювання діяльності в області безпеки, у тому числі й у соціальній сфері. Також удосконалюються, створюються та задіюються правові, економічні, адміністративні та інші механізми, які підвищують рівень діяльності в сфері безпеки, здійснюється координація та керівництво діяльності підвідомчих органів, засобі та сил у області безпеки.

Ми розглянемо лише основні напрями діяльності органів муніципальної та державної влади до забезпечення безпеки під час підготовки і під час виникнення надзвичайної ситуації даного виду.

Ця робота полягає у наступному:

- розвиток та створення системи антитерористичної діяльності окремих регіонів та населених пунктів, проведення на всіх рівнях виховного та інформаційного на населення, деякі його групи, що є об'єктом екстремістської пропаганди терористичних й інших екстремістських структур;
- усунення і виявлення причин та умов, що створюють сприятливі умови для здійснення терористичної діяльності, також інформаційний, ідеологічний та організаційна і адміністративна протидія тероризму;
- здійснення підготовки населення, працівників установ, підприємств та організацій до раціональних дій в умовах виникнення терористичної за-

грози вчинення терористичного акту, проведення комплексу спеціальних робіт із антитерористичного захисту небезпечних та особливо важливих об'єктів. Значну увагу у цих умовах приділяють організаціям із значним перебуванням людей (установи освіти, охорони здоров'я, культури, соціального захисту, спорту та ін).

- проведення заходів по залученню необхідних сил та засобів щоби здійснювати правове, інформаційне, адміністративне та оперативне протистояння виникненню й діяльності терористичних організацій та груп, а також розробка та вживання заходів по припиненню проникнення у регіон (населений пункт) терористів й терористичних груп, увезення засобів терористичної діяльності (вибухових речовин, боєприпасів, небезпечних хімічних речовин та ін) [27].

Під час безпосередньої загрози чи виникнення надзвичайних ситуацій антитерористичної спрямованості органи державної та муніципальної влади в взаємодії з спеціалізованими службами проводять управління на період ліквідації загрози терористичного акту, його здійснення і ліквідацію наслідків.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

5.1 Розрахунок втрат електроенергії у трансформаторах

Для прикладу представимо обчислення втрат електроенергії для ПС 110 кВ «Судова Вишня».

Визначимо час максимальних втрат за формулою [28]:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\max}}{10^4} \right)^2 \cdot 8760; \quad (5.1)$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{4000}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = 2405,3 \text{ год},$$

де T_{\max} – час найбільшого навантаження.

Обчислюємо втрати електроенергії у трансформаторі за формулою:

$$\Delta W = n \cdot \Delta P_x \cdot 8760 + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{K3} \left(\frac{S_{розр}}{S_{ном}} \right)^2 \cdot \tau; \quad (5.2)$$

$$\Delta W = 12 \cdot 8760 + 70 \left(\frac{4,45}{10} \right)^2 \cdot 2405,3 = 136,95 \text{ МВт год},$$

де n – кількість трансформаторів; ΔP_x – втрати неробочого ходу; ΔP_{K3} – втрати короткого замикання; $S_{ном}$ – номінальна потужність трансформатора; $S_{розр}$ – розрахункова повна потужність.

Обчислимо значення втрат у грошовому еквіваленті за формулою [29]:

$$\Delta B = \Delta W \cdot T; \quad (5.3)$$

$$\Delta B = 136,95 \cdot 1000 \cdot 2,65 = 406,74 \text{ тис. грн.}$$

де ΔW – втрати електроенергії; T – тариф.

Аналогічним чином здійснюється обчислення і для інших трансформаторів до та після компенсації реактивної потужності.

Так, у таблиці 5.1 представлено результати обчислення втрат потужності та енергії за підстанціями, на яких рекомендовано здійснити компенсацію реактивної потужності з розрахункові вартості втрат.

Таблиця 5.1 – Результати обчислення втрат потужності та енергії по підстанціях до компенсації реактивної потужності

Назва підстанції	Зав. транс, %	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	ΔP_{Xx} , кВт	ΔP_{Kz} , кВт	ΔW , МВт год	ΔB , тис. грн
ПС «Судова Вишня»	44,5	0,89	0,53	11,5	76	136,9	406,7
ПС «Кам'янобрід»	37,3	0,9	0,5	19	120	206,7	614
ПС «Кам'янобрід»	32,1	0,93	0,4	19	120	196,2	582,5
ПС «Яворів-1»	20,8	0,81	0,77	15,9	90	147,8	438,8
ПС «Яворів-5»	6,1	0,95	0,37	19	120	167,6	497,5
ПС «Яворів-5»	15,7	0,78	0,84	19	120	173,6	515,5
ПС «Немирів»	37,3	0,88	0,56	19	100	199,8	593,4
ПС «Рава-Руська»	38,8	0,85	0,62	6,5	35	69,7	206,9
ПС «Рава-Руська»	14,3	0,74	0,92	6,5	35	58,7	174,1
Всього						1357	4029,4

Аналізуючи таблицю 5.1 бачимо, що втрати енергії до компенсації реактивної потужності становлять 1357 МВт год, що у грошовому еквіваленті становить 4,029 млн. грн. на рік.

У таблиці 5.2 представлено результати обчислення втрат потужності та енергії за підстанціями, після здійснення компенсації реактивної потужності з розрахунком вартості втрат.

Таблиця 5.2 – Результати обчислення втрат потужності та енергії по підстанціях після компенсації реактивної потужності

Назва підстанції	Зав. транс, %	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	ΔP_{Xx} , кВт	ΔP_{Kz} , кВт	ΔW , МВт год	ΔB , тис. грн
ПС «Судова Вишня»	42,1	0,95	0,38	11,5	76	133,1	395,3
ПС «Кам'янобрід»	36,4	0,92	0,43	19	120	204,7	607,7
ПС «Кам'янобрід»	31,3	0,95	0,32	19	120	194,7	578,2
ПС «Яворів-1»	17,9	0,92	0,42	15,9	90	145,3	431,6
ПС «Яворів-5»	5,72	1,0	0	19	120	167,3	497,1
ПС «Яворів-5»	14,2	0,92	0,43	19	120	172,3	511,7
ПС «Немирів»	34,8	0,93	0,38	19	100	195,6	581,1
ПС «Рава-Руська»	35,7	0,93	0,4	6,5	35	67,6	200,9
ПС «Рава-Руська»	10,7	0,97	0,24	6,5	35	57,9	172,1
Всього						1338,5	3975,7

Аналізуючи таблицю 5.2 бачимо, що внаслідок встановлення пристроїв компенсації реактивної енергії втрати енергії будуть становити 1338 МВт год, що в грошовому еквіваленті становить 3,975 млн. грн..

5.2 Обчислення капіталовкладень для впровадження запропонованих заходів

У таблиці 5.3 представлено результати обчислення вартості встановлення компенсаційних установок за підстанціями.

Таблиця 5.3 – Результати обчислення вартості встановлення компенсаційних установок за підстанціями

Назва підстанції	Назва КУ	Кількість КУ, шт	Ціна, грн.	Сума, грн
ПС «Судова Вишня»	УКРП57-10,5-600	1	80560	80560
ПС «Кам'янобрід»	УКРП-57-10-600	2	80560	161120
ПС «Кам'янобрід»				
ПС «Яворів-1»	УКРМ-10,5-900	1	87160	87160
ПС «Яворів-5»	УКРМ-10,5-900	2	80560	161120
ПС «Яворів-5»				
ПС «Немирів»	УКРМ-10,5-900	1	87160	87160
ПС «Немирів»				
ПС «Рава-Руська»	УКРМ-10,5-450	2	75040	150080
ПС «Рава-Руська»				
Всього				727200

Обчислення вартості встановлення компенсаційних пристроїв показали, що для встановлення компенсаційних пристроїв потрібні капіталовкладення у розмірі 727 тис. грн.

У таблиці 5.4 представлено обчислення вартості заміни перевантажених трансформаторних підстанцій

Таблиця 5.4 – Результати обчислення вартості заміни перевантажених трансформаторних підстанцій [30]

Назва підстанції	Діючий трансформатор	Пропонований трансформатор	Кількість, шт	Орієнтовна вартість заміни, тис. грн
ПС «Кам'янобрід»	ТРДН-25000/110	ТРДН-40000/110	2	30,719
ПС «Яворів-4»	ТРДН-16000/110	ТРДН-25000/110	2	25,361
ПС «Рава-Руська»	ТРДН-6300/110	ТРДН-10000/110	2	14,645
ПС «Мостиська»	ТРДН-15000/110	ТРДН-25000/110	2	30,719
Всього				101,444

Аналізуючи таблицю 5.4 бачимо, що для заміни трансформаторів на підстанціях із перевантаженими трансформаторами, потрібні капіталовкладення у розмірі 101,444 млн. грн, а сумарні капіталовкладення за запропонованими заходами становлять понад 102 млн. грн.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі представлено результати покращання пропускнуої здатності високовольтних електричних підстанцій Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго». Отримані у роботі результати можна резюмувати такими висновками:

1. Зроблено характеристику Західного РЕМу ПрАТ «Львівобленерго» та здійснено аналіз працюючого трансформаторного обладнання на підстанціях 110 кВ. Проаналізовано режими роботи мережі 110 кВ розглядуваного району електричних мереж.

2. Розкрито теоретичні положення завантаженості високовольтних електричних підстанцій. Зроблено аналіз завантаженості трансформаторів підстанцій 110 кВ аналізованого району електричних мереж. Встановлено, що понад 30 % трансформаторних підстанцій працюють із надмірними перевантаженнями та зі значною завантаженістю реактивною потужністю.

3. Розроблено заходи щодо покращання пропускнуої здатності високовольтних електричних підстанцій. Зокрема, розраховано та вибрано компенсаційні установки для здійснення генерування реактивної потужності безпосередньо на нижчій стороні трансформатора для розвантаження трансформатора у цілому. Також, здійснено вибір трансформаторів для перевантажених трансформаторних підстанцій.

4. Розроблено структурно-імітаційну модель виникнення травми при обслуговуванні трансформаторів, а також розкрито питання щодо захисту населення у надзвичайних ситуаціях.

5. Здійснено техніко-економічну оцінку розроблених заходів. Зокрема, здійснено обчислення капіталовкладень для встановлення на підстанціях компенсаційних установок та заміни трансформаторів. Обчислення показали, що для впровадження запропонованих заходів необхідно задіяти капіталовкладення у розмірі 102 млн. грн..

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Mahdi Fathi, University of North Texas, Marzieh Khakifirooz, Tecnológico de Monterrey. Panos Pardalos. Optimization in Large Scale Problems. 2019. 245 p.
2. Гаряжа В. М., Карюк А. О. Електрична частина станцій та підстанцій: конспект лекцій. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 149 с.
3. <https://loe.lviv.ua/>
4. <https://uk.wikipedia.org/wiki>
5. <https://www.wikidata.uk-ua.nina.az/%D0%9B%D1%8C%D0%B2%D1%96%D0%B2%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE.html>
6. Карта-схема електричної мережі 110-35 кВ ПрАТ „Львівобленерго” станом на 2024 р. Львів: ПрАТ «Львівобленерго». 2024.
7. Тісенко В. В. Системи електропостачання загального призначення. Чернігів: ЧНТУ, 2005. 341 с.
8. Бурбело М. Й., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2011. 204 с.
9. Бардик Є. І. Експлуатація та режими роботи електростанцій. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 73 с.
10. Бардик Є. І., Лукаш М. П. Електрична частина станцій та підстанцій. Синхронні генератори: навчальний посібник. Київ: НТУУ «КПІ», 2008. 100 с.
11. Черкашина В. В. Структурування повітряних ліній електропередачі в умовах неповноти інформації. Харків: Факт, 2016. 160 с.
12. Нелюбов В. О., Куруца О. С. Основи інформатики. Microsoft Excel 2016: навчальний посібник. Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2018. 58 с.

13. Добровольська Л. Н., Лесько В. О., Черкашина В. В. Автоматизація розподільних електричних мереж в умовах балансуєчого ринку електроенергії. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2014. 208 с.
14. Жежеленко І. В., Півняк Г. Г., Трофімов Г. Г., Папаїка Ю. А. Реактивна потужність в електричних мережах: монографія. Дніпро: НТУ«ДП», 2020. 72 с.
15. Півняк Г. Г., Довгань В. П., Шкрабець Ф. П. Електричні машини: навчальний посібник. Донецьк: НГУ, 2003. 327 с.
16. Kowalski Z. Jakosc energii elektrycznej. Lodz, 2007. 620 s.
17. Чаленко А. А., Демов А. О., Демов О. Д., Хінді Айман Тахер. Метод впровадження конденсаторних установок в районні електричні мережі. *Енергетика та електрифікація*, 2003. № 2. С. 35 – 39.
18. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Харків: Вид-во «Точка», 2012. 340 с.
19. Кирик В.В. Електричні мережі та системи. Київ: Політехніка, 2014. 132 с.
20. Кулик В. В., Тептя В. В., Бурикін О. Б., Сікорська О. В. Типові рішення при проектуванні електричних мереж напругою 110–330 кВ: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2018. 110 с
22. Гажаман В. І. Електробезпека на виробництві. Київ: Ред. журналу «Охорона праці», 2001. 272 с.
23. Гандзюк М. П., Желібо. Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці: підручник. Київ: Каравелла, 2004. 408 с.
24. Пістун І. П., Березовецький А. П., Тимочко В. О., Городецький І. М. Охорона праці (гігієна праці та виробнича санітарія). Львів: Тріада плюс, 2017. 620 с.
25. Панченко С. В., Акімов О. І., Бабаєв М. М. Основи безпечної експлуатації електроустановок: підручник. Харків: УкрДУЗТ, 2021. 149 с.
26. Лехман С. Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві: навч. посібник. Київ: Урожай, 1993. 272 с.
27. Касьянов М. А., Ревенко Ю. П., Тищенко Ю. А. Захист населення в умовах надзвичайних. Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля., 2003. 183 с.

28. Мірошник О. О., Черкашина В. В., Мороз О. М., Черемісін М. М. Економічні розрахунки в інженерній діяльності на прикладах задач електроенергетики. Харків: ФЛП Панов А. Н., 2018. 214 с.

29. ГКД 340.000.001-95. Визначення економічної ефективності капіталовкладень в енергетику. Методика. (Загальні методичні положення). Київ: Міненерго України, 1995. 34 с.

30. <https://nashigroshi.org/2017/04/08/lvivoblenerho-za-44-miljony-pereosnastyt-pidstantsiyu-dorohuvatym-transformatorom/>