

Вінницький національний технічний університет

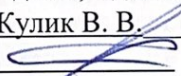
Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська дипломна робота на тему:

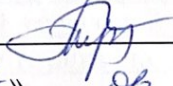
Аналіз альтернативних рішень при відбудові пошкоджених підстанцій

Виконав: студент 4 курсу, групи 2ЕЕ-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка»,
Лащенко Ю. В. 

Керівник: д.т.н., доцент, професор каф. ЕСС
Кулик В. В. 

« 10 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., проф. каф. ЕЕЕМ
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)

 Терещевський
« 17 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В. О.


« 17 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма – Електроенергетика та електротехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.

«11»

03 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лашенку Юрію Володимировичу .

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Аналіз альтернативних рішень при відбудові пошкоджених підстанцій»

Керівник роботи д.т.н., доцент, професор каф. ЕСС Кулик В. В.

затверджена наказом вищого навчального закладу від від 11.03.2024р № 80

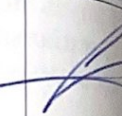
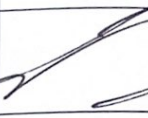
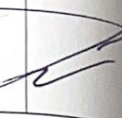
2. Термін подання студентом роботи 8 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи:

1. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Харків. : Видавництво «Форт», 2017. – 760 с. 2. «ПБЕ Правила безпечної експлуатації електроустановок.» 3. Електрична частина станцій та підстанцій: курс лекцій навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: О. В. Остапчук, П. Л. Денисюк, Ю. П. Матєєнко/. – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 183 с.. 4. Лежнюк П.Д., Лагутін В.М., Тептя В.В. Проектування електричної частини електричних станцій. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 194 с.. Зміст текстової частини: Вступ. 1. Типові підстанції різних класів напруги. 2. Пропозиції щодо вдосконалення при відбудові або реконструкції підстанцій. 3. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу 1. Вступ. 2. Типові схеми РУ. 3. Основне обладнання підстанції. 4. Впровадження безпекових заходів. 5. Конструкції з габійонів 6. Споруда типу Шелтер 7. Підземні підстанції 8. Елегазові вимикачі. 9. Комплектні розподільчі установки. 10. Мобільні підстанції. 11. Висновок

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	викона прийм
Спеціальна частина	Керівник роботи Кулик В. В., д.т.н., доцент, професор кафедри ЕСС		
Охорона праці	Кобилянський О. В. д. пед. н., професор, зав. каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 16 січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи	
		початок	кінець
1	Формування та затвердження завдання БДР	16.01.2024	18.01.2024
2	Вступ. Огляд літературних джерел	20.01.2024	25.01.2024
3	Пошук та аналіз схем та типового обладнання підстанцій (розділ 1 БДР)	27.01.2024	13.02.2024
4	Пошук та аналіз альтернативних рішень для відбудови підстанцій(розділ 2 БДР)	14.02.2024	03.03.2024
5	Розрахунок переводу мережі 6 кВ на 20 кВ (розділ 2 БДР)	05.03.2024	11.03.2024
6	Виконання розділу охорона праці (розділ 3 БДР)	13.03.2024	01.04.2024
7	Формування висновків по роботі	05.04.2024	08.04.2024
8	Оформлення пояснювальної записки	07.05.2024	10.05.2024
9	Виконання графічної частини та оформлення презентації	12.05.2024	13.05.2024

Студент

(підпис)

Ю. В. Лашенко

Керівник роботи

(підпис)

В. В. Кулик

Анотація

УДК 621.3

Лашенко Ю. В. «Аналіз альтернативних рішень при відбудові пошкоджених підстанцій». Бакалаврська дипломна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2024. – 78 с. Бібліогр. : 40. Рис. : 39. Табл. : 9.

Дана бакалаврська робота присвячена аналізу альтернативних рішень які можна використовувати як заміну або доповнення до типових на даний час. Масовані повітряні атаки на українську енергетичну інфраструктуру показали неочікувані недоліки організації передавання електроенергії за рахунок великих відкритих розподільчих установок, тому постало питання дослідження нових рішень для перебудови й підвищення захищеності підстанцій.

Ключові слова: електрична підстанція, електрична схема, трансформатор, підземна підстанція, комплектна розподільча установка, електротехнічний газ, мобільна підстанція, реконструкція.

Abstract

УДК. 621.3

Lashchenko Y. V. “Analysis of alternative solutions for the reconstruction of damaged substations”. Bachelor's diploma work. - Vinnytsia: VNTU, 2024. – 78p. Bibliography: 40. Figures: 39. Table: 9.

This bachelor's diploma is devoted to the analysis of alternative solutions that can be used as a replacement or addition to the current ones. Massive air attacks on the Ukrainian energy infrastructure have shown unexpected shortcomings in the organization of electricity transmission through large open distribution facilities, so the question arose of researching new solutions for rebuilding and improving the security of substations.

Keywords: electrical substation, electrical circuit, transformer, underground substation, complete switchgear, electrical gas, mobile substation, reconstruction.

ЗМІСТ

Анотація.....	2
Abstract.....	3
ВСТУП.....	4
1. ТИПОВІ ПІДСТАНЦІЇ РІЗНИХ КЛАСІВ НАПРУГИ.....	7
1.1 Аналіз схем електричних підстанцій.....	7
1.2 Аналіз обладнання підстанцій.....	18
1.2.1 Силові трансформатори.....	19
1.2.3 Захисне обладнання підстанції.....	23
1.2.4 Трансформатори напруги та струму.....	24
1.2.5 Пристрої релейного захисту та автоматики підстанції.....	25
2. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИ ВІДБУДОВІ ПІДСТАНЦІЙ.....	28
2.1 Впровадження безпекових заходів.....	28
2.2 Сучасне силове обладнання.....	41
2.2.1 Елегазові вимикачі.....	41
2.2.2 Комплектні розподільчі установки.....	45
2.2.3 Мобільні підстанції.....	50
2.3 Реконструкція мереж і підстанцій з метою покращення режимів їх роботи	58
3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	62
3.1. Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту.....	62
3.1.1. Технічні рішення з безпечної організації робочих місць із застосуванням автомобілів, вантажопідіймальних машин, механізмів та драбин.....	62

3.1.2. Електробезпека	4
3.1.2. Електробезпека	67
3.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	68
3.2.1. Мікроклімат	68
3.2.2. Склад повітря робочої зони	69
3.2.3. Виробниче освітлення	70
3.2.4. Виробничий шум	70
3.3. Пожежна безпека	71
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
ДОДАТКИ	79

ВСТУП

Енергетична інфраструктура є необхідною складовою існування будь-якої сучасної держави, забезпечуючи безперервну роботу промисловості, транспорту, зв'язку та інших критично важливих сфер. Підстанції, як ключові елементи цієї інфраструктури, виконують роль вузлових точок у системах передачі електроенергії від об'єктів генерації та її розподілу між споживачами. Вони перетворюють напругу електроенергії, що дозволяє її ефективно транспортувати на великі відстані та безпечно використовувати на місцях споживання.

Актуальність теми. Актуальність даної роботи зумовлена необхідністю розробки ефективних стратегій відновлення енергетичної інфраструктури в умовах зростання частоти і масштабів постійних атак на нашу енергетичну інфраструктуру. Сучасні геополітичні, кліматичні, та інші процеси створюють нові виклики для енергетичної безпеки, що вимагає інноваційних підходів до відновлення та модернізації енергетичних систем.

Методологія дослідження включає комплексний підхід, що охоплює аналіз технічної документації, оцінку економічної ефективності різних технологічних рішень, моделювання можливих сценаріїв розвитку подій та їх впливу на енергетичну систему. В ході роботи будуть використані сучасні методи аналізу.

Використання комплексного підходу до аналізу альтернативних рішень дозволить виробити рекомендації щодо оптимальних стратегій відбудови пошкоджених підстанцій, які сприятимуть підвищенню стійкості енергосистеми та забезпеченню її безперебійного функціонування в умовах сучасних викликів. Результати роботи можуть бути корисними для інженерів, політиків та інших фахівців, які займаються плануванням, проектуванням та експлуатацією енергетичних систем в умовах військових конфліктів та інших надзвичайних ситуацій.

Підстанції є вразливими до пошкоджень у випадках природних лих, техногенних аварій та військових конфліктів. Останнім часом, внаслідок терористичних повітряних ударів Росії по нашій критичній інфраструктурі, що почались у жовтні 2022 року, значна кількість важливих підстанцій в Україні була пошкоджена, що призвело до серйозних проблем в електропостачанні та створило велику загрозу стабільності енергосистеми.

Метою роботи є аналіз елегазового комутаційного обладнання, зокрема КРУЄ та його використання в сучасних умовах, зокрема при відбудові підстанцій, пошкоджених унаслідок різноманітних зовнішніх чинників.

Відповідно до зазначеної мети в роботі розв'язуються такі основні задачі:

- аналіз розитку елегазового обладнання;
- аналіз схем розподільчих пристроїв;
- аналіз конструктивних особливостей КРУЄ;
- аналіз умов праці при виконанні робіт в розподільчих установках;
- розроблення та обґрунтування технічних і економічних питань, які супроводжують розвиток електричних мереж, забезпечуючи доцільну надійність електропостачання споживачів і необхідну якість електроенергії з врахуванням екологічних та соціальних вимог ;
- розроблення організаційно-технічних рекомендацій з охорони праці під час експлуатації КРУЄ

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження роботи є електрична частина підстанцій та комутаційне обладнання.

Предмет дослідження

Предметом дослідження є методи і засоби при відбудові пошкоджених підстанцій.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна отриманих результатів полягає у підходах при відбудові пошкоджених підстанцій.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що на підставі виконаних досліджень вирішено задачу підвищення ефективності функціонування локальних електричних мереж, що полягає у проектуванні підстанцій з дослідженням комутаційного обладнання.

Особистий внесок здобувача

Усі результати, які складають основний зміст роботи, отримані автором самостійно.

1. ТИПОВІ ПІДСТАНЦІЇ РІЗНИХ КЛАСІВ НАПРУГИ

1.1 Аналіз схем електричних підстанцій

Вимоги до електричної схеми електроустановок слід розуміти як вимоги до самої установки, оскільки схема визначає основне електрообладнання та експлуатаційні характеристики установки. Ці вимоги сформульовані у стандартах технічного проектування електростанцій і підстанцій, і затверджених Міністерством енергетики наступним чином:

- 1) електрична схема обирається відповідно умовам роботи підстанції в електросистемі та очікуваним режимам;
- 2) зручність експлуатації, зокрема: простота та наочність схеми; мінімальна кількість перемикачів при зміні режиму; доступність електричного обладнання для ремонту без порушення роботи установки;
- 3) легкість спорудження електричної частини з урахуванням поступового введення в експлуатацію об'єктів генерації, трансформаторів та ліній;
- 4) можливість автоматизації установки в економічно обґрунтованому обсязі;
- 5) достатній, економічно виправданий рівень надійності.

Остання вимога потребує роз'яснення. Надійність, відповідно до державного стандарту 13377-75, є властивістю об'єкта (елементів обладнання, системи з ряду елементів, електроустановки в цілому) виконувати задані функції, зберігаючи в часі встановлені експлуатаційні показники в певних межах. Під надійністю електричної станції або підстанції слід розуміти здатність видавати потужність в мережу згідно з запланованим графіком, забезпечуючи постачання електроенергії споживачам та зберігаючи якість електроенергії в межах, визначених чинними нормативами. Надійність об'єкта оцінюють кількісно за допомогою ряду показників, обраних і визначених з урахуванням особливостей

об'єкта, умов його експлуатації та наслідків відмов, тобто порушень працездатності.

Ймовірність відмов елементів електричних схем залежить від якості виробів і методів експлуатації. Проте, навіть при високоякісному обладнанні та дотриманні всіх правил експлуатації, відмови неминучі через ряд випадкових об'єктивних причин, таких як непередбачені впливи, для врахування яких потрібні значні запаси. Відмови розглядаються як випадкові події, тому для їх аналізу використовуються методи математичної теорії ймовірностей.

У теорії ймовірностей для кількісної оцінки випадкових величин використовується поняття математичного очікування або середнього значення з урахуванням ймовірностей різних можливих значень. Наприклад, частоту відмов елементів електрообладнання оцінюють за допомогою параметра потоку відмов, що показує середнє число відмов за одиницю часу.

Іншим показником надійності є час відновлення або вимушеного простою — середній час, потрібний для виявлення та усунення відмови. Чим менше значення параметра потоку відмов і часу відновлення, тим вища надійність електроустановки.

Оцінка надійності схем розподільчих пристроїв (РП) та електроустановок загалом є складним завданням через велику кількість елементів з потенційними відмовами та необхідність врахування можливості збігу кількох подій. Для великих електростанцій характерні такі ситуації:

- відключення окремих приєднань (агрегатів, ліній, автотрансформаторів) через пошкодження при нормальному стані схеми;
- відключення під час ремонту апаратів (наприклад, вимикачів) або частин РП (наприклад, секцій збірних шин), коли накладаються дві події — зовнішнє замикання та ремонт елементів РП;

- відключення системи або секції збірних шин через пошкодження в межах РП або зовнішні ушкодження та відмову відповідного вимикача відключити пошкоджену ділянку, та інші події.

Наслідками таких подій можуть бути порушення нормальної роботи системи, дефіцит потужності, зниження частоти, перебої в електропостачанні споживачів, і як результат — економічні збитки різного ступеня для народного господарства.

Розрізняють:

а) Збитки для системи, що виникають при будь-яких збоях у роботі станцій, підстанцій та мереж, незалежно від того, чи впливає це на електропостачання споживачів. Ці збитки можуть включати: скорочення виробництва електроенергії на окремих станціях; витрати на ремонт пошкодженого обладнання; додаткову витрату палива на резервні агрегати, які зазвичай менш економічні; додаткові втрати електроенергії в мережах через менш оптимальний розподіл потужності та інші причини;

б) Збитки для споживачів електроенергії, викликані перервами та обмеженнями в електропостачанні, що призводять до простоїв промислових підприємств, недовироблення продукції, поломки обладнання тощо.

На даний момент немає єдиного методу визначення ймовірних збитків для системи і споживачів. Зазвичай збитки оцінюють пропорційно до потужності відключених агрегатів або відключеного навантаження споживачів та тривалості аварійного стану, використовуючи питомі збитки, віднесені до одиниці відключеної потужності або недопоставленої електроенергії.

Для підвищення надійності електричних частин станцій і підстанцій використовують такі заходи:

дублювання ліній, трансформаторів, елементів електрообладнання, таких як системи збірних шин і вимикачів;

секціонування збірних шин і мереж за допомогою вимикачів та автоматичних пристроїв;

створення обхідних ліній з обхідними вимикачами для заміни основних вимикачів під час ремонту.

Ці заходи зазвичай вимагають додаткових капіталовкладень, економічна доцільність яких визначається відповідними розрахунками.

Класифікація підстанцій ускладнена, оскільки може базуватися на різних критеріях, зокрема:

номінальна напруга мережі, що визначає потужність, займану площу і вартість підстанції;

кількість рівнів пониженої напруги;

кількість трансформаторів (автотрансформаторів) та їх одиничні потужності;

розташування підстанції в мережі, що визначає схему розподільних пристроїв (РП);

категорія споживачів та інші фактори.

Основну схему підстанції проектують на основі схеми розвитку електричних мереж системи або району. Вона повинна відповідати таким вимогам:

а) забезпечення надійного електропостачання споживачів підстанції в нормальних і аварійних режимах відповідно до їхніх категорій;

б) забезпечення надійного транзиту потужності через РП підстанції по міжсистемних та магістральних лініях;

в) забезпечення економічно обґрунтованого рівня короткого замикання на стороні середньої і нижчої напруги;

г) можливість поступового розширення підстанції;

д) відповідність вимогам протиаварійної автоматики.

Схеми розподільних пристроїв високої напруги залежать від положення підстанції в мережі, напруги мережі та кількості приєднань. Підстанції класифікуються за їх положенням у мережі на вузлові, прохідні, кінцеві та ті, що приєднані на відгалуженнях. Вузлом називається точка мережі, де сходяться щонайменше три лінії, кожна з яких з'єднує вузол з джерелом енергії.

Розглянемо соновні схеми РУ що використовуються на електричних підстанція різних класів напругиє.

Одинарна несекціонована система шин (рис. 1.1). Схема проста та інтуїтивно зрозуміла, але найменш надійна .Використовується при кількості приєднаних ліній 2 джерело живлення і лінії напругою 6-10 кВ підключаються до шини за допомогою вимикачів і роз'єднувачів. Дозволено в колі трансформатора замість роз'єднувача застосовувати вимикач навантаження[1]

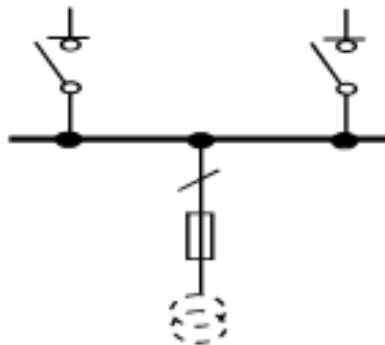


Рис. 1.1 Одинарна несекціонована система шин[1]

Одинарна секціонована система шин (рис. 1.2). Така схема більш надійна, оскільки живлення споживачів відбувається від різних секцій. Аварія, усунення неполадок або ремонтів 1 секції призводить до знеструмлення тільки цієї секції; секція №2 і споживачі, підключені до неї, залишаються в роботі. При кількості приєднань 4 шина секціонується роз'єднувачем або вимикачем навантаження, якщо приєднань від 6 до 10 то секціонування відбувається за рахунок вимикачів.

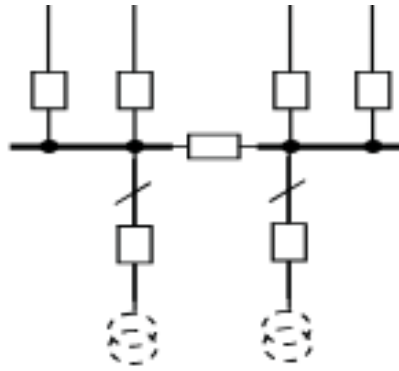


Рис. 1.2 Одинарна секціонована система шин[1]

Одна робоча, секціонована вимикачем, і обхідна системи шин (Рис. 1.3). У нормальному робочому режимі живлення ОСШ вимкнено. Якщо кількість ліній дорівнює 6, то є 2 обхідних вимикачі (в залежності від кількості секцій). Схема застосовується на підстанціях з РУ ВН 110-220 кВ, за кількості нерезервованих ліній меншу або рівну 1 на секцію та за сумарної кількості ліній 3-6.

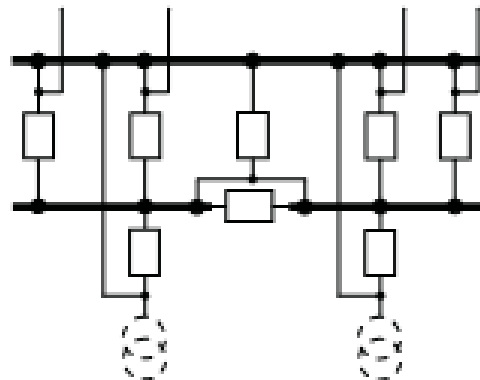


Рис. 1.3 Одна робоча, секціонована вимикачем, і обхідна системи шин[1]

Дві робочі системи шин з обхідною системою шин (Рис 1.4). Навантаження розподіляється між шинами майже порівну. ШЗВ в нормальній схемі замкнутий. Він може бути розімкнутий для обмеження струму короткого замикання. Перехід від однієї системи шин на іншу здійснюється за допомогою ШР, коли ШЗВ замкнутий. Перемикання заборонені, якщо ШЗВ розімкнутий. У номінальному режимі ОШ знаходиться без напруги й використовується для живлення споживачів в разі ремонтів лінійних вимикачів. Дана схема застосовується на підстанціях з РУ СН 110-220 кВ та при кількості приєднань від 7 до 12.

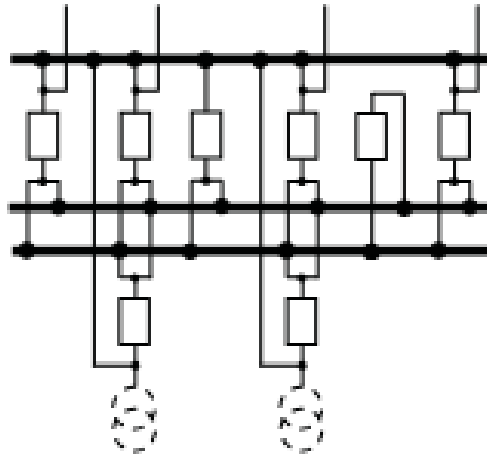


Рис 1.4 Дві робочі системи шин з обхідною системою шин[1]

Дві робочі системи шин, секціоновані вимикачами, з обхідною системою шин з двома ОВ й двома ШЗВ (Рис. 1.5). Є більш надійним варіантом схеми з двома робочими СШ з обхідною СШ. Використовується при кількості приєднань понад 12 при чому при кількості приєднань від 12 до 15 секціонується лише 1 робоча СШ.

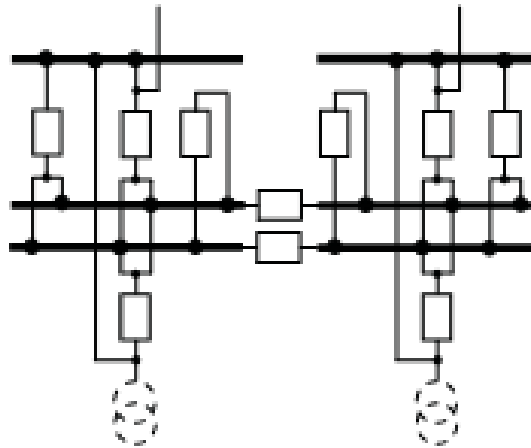


Рис 1.5 Дві секціоновані робочі системи шин з обхідною системою шин[1]

Схеми багатокутників або ж кільцеві схеми. У них вимикачі з'єднані один з одним і утворюють кільце. Найпростіша кільцева схема являє собою "трикутник" (рис.1.6). Підключення кожного елемента через вимикач підвищує надійність та гнучкість схеми при цьому кількість перемикачів не перевищує кількості підключень що дозволяє зекономити.

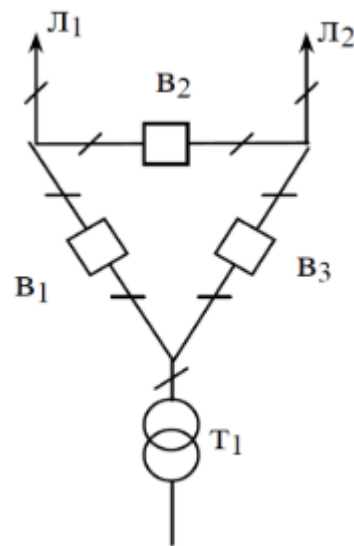


Рис. 1.6 Кільцева схема «трикутник»[3]

У «чотирикутнику» (рис. 1.7) –переваги аналогічні до трикутника. Оскільки розмикання кола приводить до зменшення надійності, тому після вимикання приєднання його необхідно спершу ізолювати, а потім і увімкнути. Роз'єднувачі можуть бути оснащеними дистанційним приводом для автоматизації системи. Дана схема використовується на РУ ВН підстанцій 220-330 кВ при кількості приєднань 2

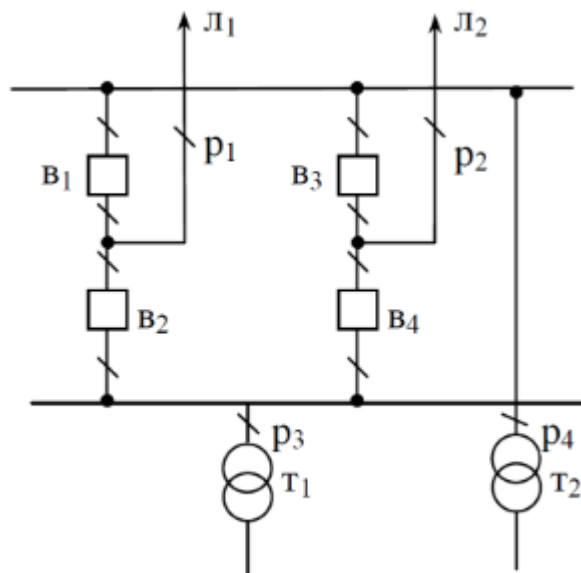


Рис 1.7 Кільцева схема «чотирикутник»[3]

Широко використовується також схема «шестикутник» (рис. 1.8). Переваги даної схеми відповідають схемі «квадрат». Застосовується зазвичай на транзитних підстанціях.

Найслабші місця схеми це вимикачі В2 і В5, оскільки в наслідок їх пошкодження відбувається відключення Л1 і Л2. Якщо транзитна енергія проходить по цих лініях, потрібно переконатися, що при цьому не станеться порушення стійкості електроенергетичної системи. Ймовірність пошкодження даних вимикачів досить велика (1 раз в 12,5 років)[3]. Розвитком подібних систем є зв'язані кільця. Вони використовуються для більшої кількості приєднань і мають аналогічні властивості.

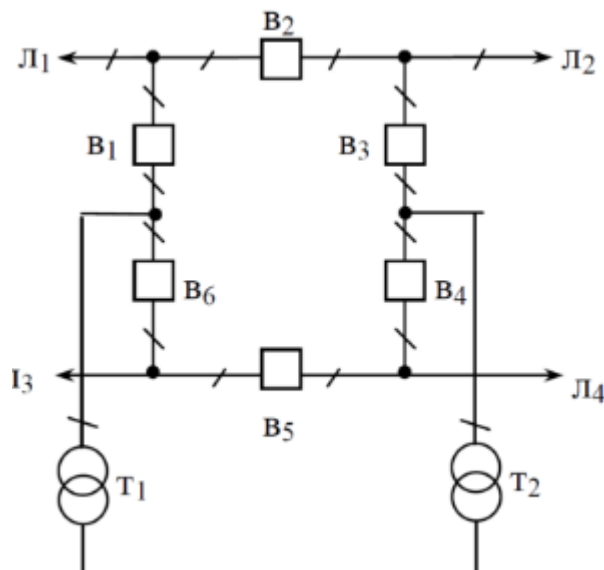


Рис. 1.8 Кільцева схема шестикутник[3]

Схема 3/2. (Рис. 1.9) Дана схема має дві системи шин і три вимикачі на два приєднання, або ж 1.5 вимикач на 1 приєднання. Дана схема застосовується на підстанціях РУ ВН та РУ СН 330-750 кВ без певного числового обмеження к-сті приєднань. Кожне приєднання підключене через два вимикачі. У нормальному робочій схемі всі вимикачі перебувають у ввімкненому положенні, а обидві СШ під напругою. Для перевірки вимикача його вимикають і активуючи з обох боків роз'єднувачі відокремлюють від решти обладнання. Кількість операцій при цьому є мінімальною, роз'єднувачі виконують функцію відокремлення об'єкту (вимикача) від елементів що перебувають під напругою, а також для створення

видимого розриву. Щоб підвищити надійність схеми однойменні елементи приєднуються до СШ. При такому з'єднанні у випадку пошкодження будь-якого елемента схеми та при одночасній поломці одного з вимикачів водночас з ремонтом вимикача випадкового іншого приєднання вимикається не більше однієї лінії та одного трансформатора.

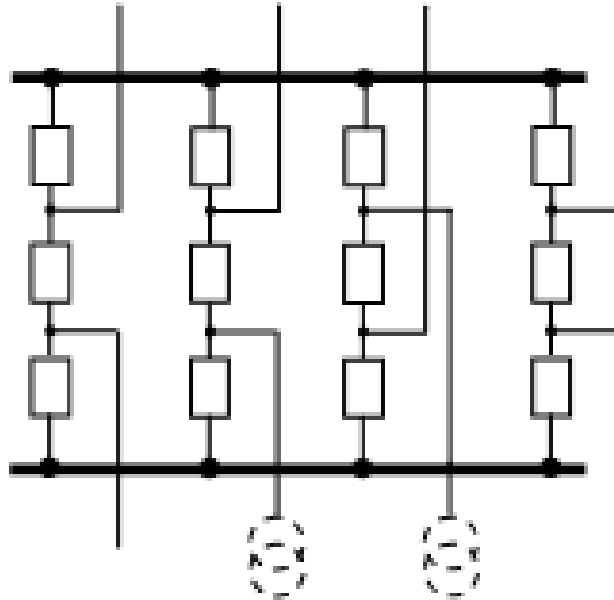


Рис. 1.9 Схема 3/2 (полуторна)[1]

Схема «4/3» (рис. 1.10). Вона схожа із схемою «3/2», але є менш надійною та більш економічною, так як має 4 вимикачі на 3 приєднання. Є найефективнішою, якщо число ліній удвічі менше чи більше кількості трансформаторів. Секціонування СШ подібно до схеми «3/2» виконується вимикачем через п'ять полів, але в даній схемі ми отримуємо п'ятнадцять приєднань на секцію, а в схемі «3/2» всього десять.

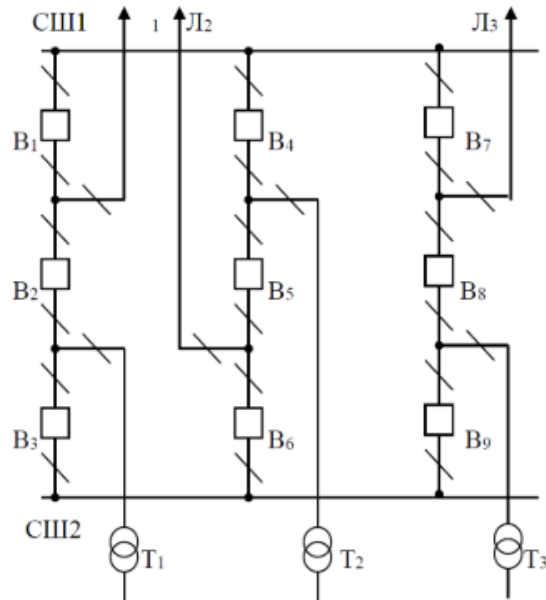


Рис. 1.10 Схема 4/3[3]

Трансформатори-шини з приєднанням ліній через два вимикачі. Особливістю схеми з двома вимикачами на приєднання (рис. 1.11) є її надвисока надійність і водночас дуже висока вартість. Дана схема використовується на РУ ВН та РУ СН на підстанціях 330-750 кВ при кількості приєднань 4 при напругах 330 та 500 кВ і 3 приєднання на напрузі 750кВ.

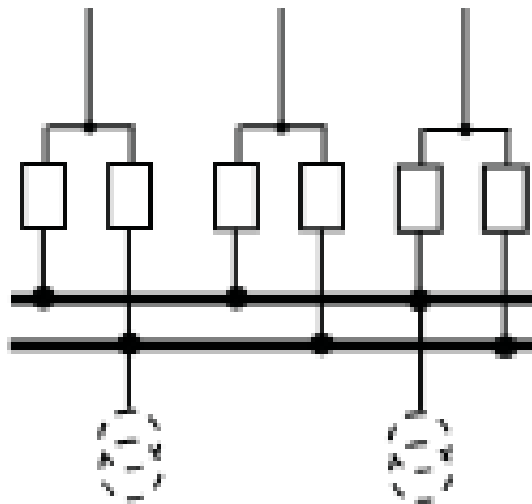


Рис. 1.11 Трансформатори-шини з приєднанням ліній через два вимикачі[1]

1.2 Аналіз обладнання підстанцій

На електричній підстанції використовується велика кількість обладнання різного призначення від трансформаторів, призначених для перетворення напруги до вимірювальних пристроїв та пристроїв РЗА. (Рис. 1.12):

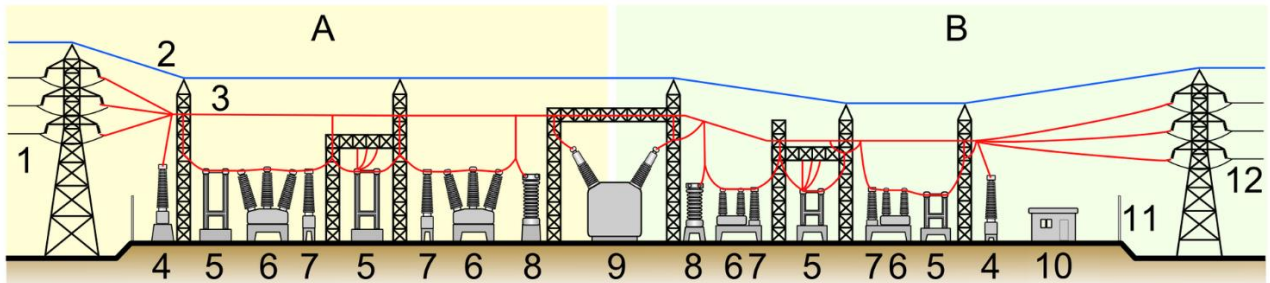


Рис.1.12 Елементи підстанції

А. Сторона первинних ліній електропередачі

В. Сторона вторинних ліній електропередачі

1. Вхідні лінії електропередачі

2. Провід заземлення

3. Повітряні лінії

4. Вимірювальний трансформатор напруги

5. Роз'єднувач

6. Автоматичний вимикач

7. Трансформатор струму

8. Блискавко захисний розрядник

9. Головний трансформатор

10. Будівля управління

11. Захисний паркан

12. Вихідні лінії електропередачі

Далі детальніше розглянемо основні компоненти електричної підстанції

1.2.1 Силові трансформатори

Трансформаторна підстанція - це електричний апарат, призначенням якого є перетворення електричної енергії одного класу напруги на електричну енергію іншого класу напруги. Трифазний трансформатор є головним компонентом підстанції (рис. 1.13).

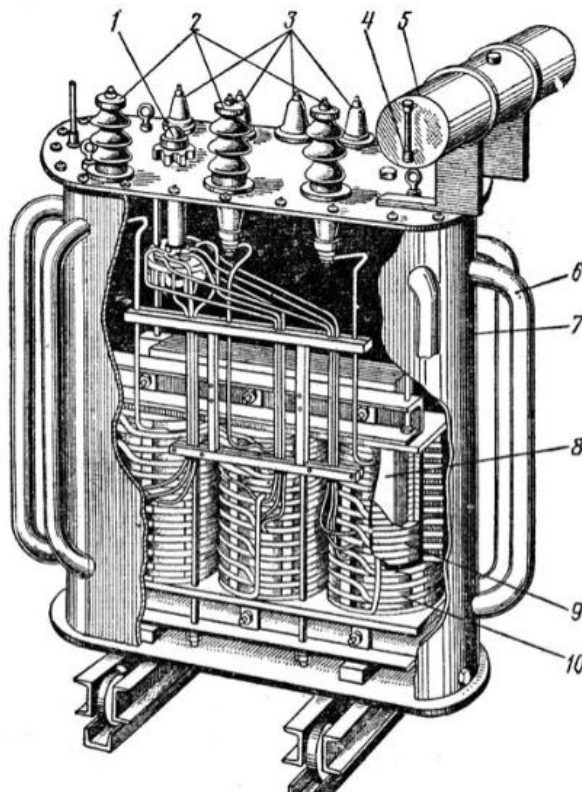


Рис. 1.13 Трифазний силовий трансформатор

1. Перемикач, що змінює коефіцієнт трансформації
2. Ізолятори виводів обмотки ВН
3. Ізолятори виводів обмотки НН
4. Масло показчик
5. Розширювальний бак
6. Теплообмінні труби
7. Бак з трансформаторним маслом
8. Стержень магнітопроводу
9. Обмотка НН
10. Обмотка ВН

Вибір між трансформаторами та автотрансформаторами для підстанцій залежить від типу заземлення з'єднаних мереж. Ефективно заземлені мережі з напругою 110 кВ і вище зазвичай з'єднують автотрансформаторами, за винятком випадків, коли потрібно обмежити струм однофазного короткого замикання. До обмоток нижчої напруги автотрансформаторів можуть бути підключені незаземлені або компенсовані мережі. Для з'єднання ефективно заземленої мережі з незаземленою або компенсованою мережею (35 кВ і нижче), а також для з'єднання двох незаземлених або компенсованих мереж використовують трансформатори з електрично не з'єднаними обмотками.

На підстанціях з напругою до 500 кВ зазвичай встановлюють трифазні трансформатори або автотрансформатори. Винятками є підстанції великої потужності або з транспортними обмеженнями, тоді використовують групи з двох менш потужних трифазних трансформаторів або групи з однофазних трансформаторів. Якщо використовується одна група однофазних трансформаторів, передбачають резервну фазу для заміни пошкодженого трансформатора, яка може бути підключена за допомогою перемичок при вимкненій напрузі. У випадку двох груп однофазних трансформаторів питання про необхідність резервної фази вирішують в залежності від наявності резервних зв'язків у мережі середньої напруги. Заміна пошкодженого трансформатора резервним проводиться шляхом переміщення останнього з одного фундаменту на інший.

На підстанціях зазвичай встановлюють не більше двох трансформаторів або автотрансформаторів. Якщо резервні зв'язки у мережах середньої та нижчої напруги відсутні, потужність кожного трансформатора вибирають рівною 0,65—0,7 від сумарного максимального навантаження підстанції на розрахунковий період. У разі пошкодження одного трансформатора, другий має забезпечити нормальне електропостачання споживачів з допустимим перевантаженням, яке обмежується максимальною температурою обмотки 140°C і оливи 115°C.

Для скорочення тривалості аварійного стану підстанції використовують пересувні резервні трансформатори потужністю до 25—32 МВА, які можна

швидко доставити на підстанцію автотранспортом і ввести в експлуатацію. Час заміни пошкодженого трансформатора резервним залежить від маси трансформатора і стану доріг, зазвичай це займає від 1 до 5 днів. На підстанціях з пересувним резервом тривалість аварійного стану мінімальна, а кількість "відпрацьованих" днів при аварійному перевантаженні трансформатора незначна.

Для збільшення потужності двотрансформаторних підстанцій при зростанні навантаження зазвичай замінюють трансформатори на більш потужні. При проектуванні підстанцій номінальний струм комутаційних апаратів і перетин шин вибирають з урахуванням можливості заміни трансформаторів на потужніші.

Підстанції з одним трансформатором допускаються за умови резервування споживачів 1-ї та 2-ї категорій через мережі середньої і нижчої напруги, а також для електропостачання споживачів 3-ї категорії при наявності пересувних резервних трансформаторів і можливості заміни пошкодженого трансформатора протягом одного дня.

На підстанціях з напругою 110—220 кВ і двома зниженими напругами 35 і 6—10 кВ використовують триобмоткові трансформатори 110—220/35/10—6 кВ.

Режим роботи трансформаторів: на підстанціях з кількома трансформаторами або автотрансформаторами прийнято тримати всі трансформатори ввімкненими, хоча навантаження підстанції змінюється протягом доби і року. Економія електроенергії від відключення частини трансформаторів у години мінімального навантаження невелика, а часті відключення небажані через перенапругу і перехідні струми, що порушують міцність кріплення обмоток та зношують комутаційні апарати.

Регулювання напруги: трансформатори та автотрансформатори на підстанціях повинні мати пристрої для зміни коефіцієнта трансформації під навантаженням, за винятком невеликих трансформаторів з нижчою напругою 380/220 В. При наявності споживачів, підключених до третинних обмоток

автотрансформаторів, передбачають встановлення лінійних регулювальних трансформаторів для незалежного регулювання напруги на стороні нижчої напруги.

1.2.2 Комутаційні апарати підстанції

Трансформаторні підстанції під час використання потрібно підключати до напруги чи виводити з роботи для періодичного обслуговування або у разі появи аварій та або поломок. Для цього використовуються комутаційні апарати, які відрізняються своєю конструкцією та призначенням і можуть:

- відключати струми аварійних режимів (КЗ);
- проводити комутацію робочих навантажень;
- створювати видимий розрив відрізка електричної схеми при відключеній нарузі;

Автоматичний вимикач - комутаційний апарат, призначений для комутації струмів номінального режиму, а також відключення аварійних струмів. Вони створені з різними можливостями перемикавання навантаження з використанням конструктивних особливостей.

За методами гасіння електричної дуги, що виникає при відключеннях, АВ поділяються на:

- електромагнітні;
- масляні;
- повітряні;
- вакуумні;
- элегазові;

Вимикач навантаження – комутаційний апарат призначений для комутації номінальних струмів мережі. Їх швидкодія та потужність контактної системи дозволяють перемикатися при номінальному робочому стані схеми. Але вони не можна використовуватись для відключення коротких замикань. При розриві

електричного кола під навантаженням з'являється електрична дуга, що ліквідується дугогасильною камерою вимикача. У знеструмленій частині мережі для відділення певної ділянки використовують більш прості пристрої: роз'єднувачі та відділювачі.

Роз'єднувач - комутаційний апарат, створений для комутації електричного кола без струму чи з струмом холостого ходу, головна функція якого створення видимого розриву.

Відділювач – високовольтний комутаційний апарат, призначений для швидкого автоматичного вимкнення пошкоджених ділянок ланцюга в безструмову паузу АПВ, оскільки його конструкція не розрахована на гасіння електричної дуги.

1.2.3 Захисне обладнання підстанції

Обладнання електричної підстанції, працює в автоматичному режимі, його робота контролюється фахівцями дистанційно. Основними приладами, що запобігають важким поломкам усередині підстанції, є автоматичні пристрої захисту. До їх конструкції входять надчутливі датчики, які реагують на найдрібніші зміни у роботі електросистеми, та посилають відомості на пристрої захисту.

До переліку захисних пристроїв, окрім вимірювальних трансформаторів які будуть описані пізніше, входять:

1. запобіжники – призначені для вимикання електричного кола, що він захищає, шляхом плавки спеціальних струмопровідних частин під дією струму, що перевищує певне значення протягом заздалегідь визначеного часу;[6]
2. струмообмежувальні реактори – призначені для усунення дії ударного струму при появі КЗ, протидії створення електричної дуги у разі позапланової ситуації на електричній підстанції;

3. обмежувачі перенапруги - використовуються щоб запобігти збільшенню напруги, також діє як елемент блискавкозахисту, оскільки подальший розряд передається на землю;
4. високовольтні розрядники – призначені для захисту обладнання від сплесків напруги та запобігають пробоею ізоляції з подальшим КЗ;
5. системи сигналізації – сповіщають про появу аварійних ситуацій на підстанції, показують положення всіх вимикачів та роз'єднувачів, забезпечують передачу відповідних команд черговому персоналу;
6. системи телемеханіки – відповідають за прийом/передачу сигналів, що надходять від різноманітних датчиків та вимірювальних приладів.

1.2.4 Трансформатори напруги та струму

Трансформатор напруги, також відомий як трансформатор потенціалу, використовується в електроенергетичній системі для зниження напруги системи до стандартного значення 100 або $100/\sqrt{3}$, придатного для лічильників і реле. Вони (реле та лічильники), які доступні на ринку, розраховані на низьку напругу, що відповідає напрузі вторинної обмотки трансформаторів напруги.

Принцип дії трансформатора напруги або теорія трансформатора потенціалу подібний до понижувального силового трансформатора загального призначення. Первинна обмотка цього трансформатора підключається через фазу і землю. Так само, як і понижувальний трансформатор, трансформатор напруги, тобто ТН, має меншу кількість витків на вторинній обмотці. Коли напруга системи подається на первинну обмотку трансформатора напруги, на вторинних клеммах створюється відповідна вторинна напруга.

Похибка ТС залежить від величини вторинного навантаження (опорів приладів, проводів та контактів) і від кратності первинного струму відносно номінального. При збільшенні величини навантаження чи(або) кратного струму відбувається збільшення похибки. Трансформатори струму мають різні нормативні класи точності. ТС класу 0,2 застосовуються при підключення

точних приладів, 0,5 - для калькуляторів, 1 - для всіх інших вимірювальних приладів, 3 і 10 - для захисту пристроїв РЗА.

Трансформатори струму працюють в режимі, близькому до короткого замикання, через низький опір струмового ланцюга вимірювального приладу або реле. Якщо вторинна обмотка розімкнута, магнітний потік значно зростає, оскільки магнітний потік визначається лише МРС первинної обмотки. У цьому режимі магнітопровід часто сильно нагрівається, і в розімкнутій вторинній обмотці виникає висока напруга, що може досягати декількох десятків кіловольт. Тому вторинна обмотка не може бути розімкнута, коли струм протікає через первинну обмотку. Якщо необхідно замінити вимірювальний прилад, необхідно замкнути вторинну обмотку трансформатора струму.

1.2.5 Пристрої релейного захисту та автоматики підстанції

Релейний захист (РЗ) постійно відстежує стан всіх елементів енергосистеми і реагує на виникнення пошкоджень і аномальних режимів. Справа в тому, що існує така небезпека, як коротке замикання струму в колі. В результаті короткого замикання деталі, ізолятори і саме обладнання, що пропускає струм, дуже швидко руйнуються, що супроводжується не тільки аваріями, а й нещасними випадками на виробництві.

На додаток до короткого замикання, перенапруги, витоку струму, виділення газу при розкладанні масла всередині трансформатора і т.д.. Для своєчасного виявлення небезпеки і її запобігання спеціальне реле подає свій сигнал (якщо несправність обладнання не становить загрози) або миттєво відключає живлення несправної секції. Це і є основне призначення релейного захисту і автоматики.

Вимоги, що висуваються до пристроїв РЗ :

1. Селективність – здатність захисту спрацювати у відповідній захисній зоні з необхідною витримкою по часу (або без неї) і запобігати

попереднім діям у разі короткого замикання на сусідніх приєднаннях (до ліквідації даного КЗ захистом цих приєднань).[1]

2. Чутливість – забезпечення спрацювання релейного захисту в межах зони захисту з урахуванням всіх можливих режимів роботи електричної мережі, навантаження і перехідного опору в місцях короткого замикання. Чутливість визначається коефіцієнтом чутливості і показує запас параметру спрацювання в мінімальному режимі відносно встановленого значення цього параметра для захисту.[1]
3. Швидкодія – властивість релейного захисту що характеризує оперативне відключення несправного обладнання або частини електричного кола.
4. Надійність - це властивість релейного захисту, що характеризує його здатність виконувати свої функції в будь-яких умовах експлуатації.

Функції, які виконують пристрої РЗ

- захист від міжфазних коротких замикань
- захист від замикань на землю
- захист від падіння напруги
- диференціальний захист

Основні реле. У схемах релейного захисту використовують різні типи реле. Основними їх видами є реле струму, напруги, потужності, частоти та блоки диференціального захисту.

Усі реле підключаються до системи через трансформатори струму чи напруги. Реле можуть безпосередньо взаємодіяти з приводом силового вимикача або через електромагніт. Реле і блоки можуть включатися як в одну, так і у дві або три фази. Захист може спрацювати без витримки часу чи із нею. Більшість реле працюють на змінному струмі.

Основними видами автоматики в системах електропостачання є автоматичне повторне увімкнення та автоматичне введення резерву.

Автоматичне повторне увімкнення(АПВ) - один із засобів електроавтоматики, що повторно вмикає через певний час вимикач, який вимкнувся. Воно є обов'язковим для ЛЕП мереж напругою від 1 до 35кВ.

АПВ має діяти таким чином, щоб воно не спрацьовувало при навмисному відключенні вимикачів персоналом підстанції. АПВ не повинно працювати за внутрішніх пошкоджень. Багаторазове включення АПВ на коротке замикання також не допускається. Зазвичай використовують одноразове АПВ, окрім мереж з напругою вище 6 кВ

Автоматичне введення резерву(АВР) - увімкнення автоматичним пристроєм резервного обладнання замість основного, що відключилося.

АВР діє одноразово. Резервна лінія не може вмикатись раніше спрацювання автоматичного вимикача основної лінії. АВР спрацьовує при відключенні на лінії живлення.

Отже, в даному розділі ми розглянули основні схеми та обладнання електричної підстанції. Можемо зробити висновок, що частина з представлених типових рішень не пройшла перевірку викликами сьогодення, передусім війною. Наприклад, використання великих відкритих розподільчих установок чи незахищене встановлення трансформаторів. Тому в наступному розділі запропонуємо та опишемо альтернативні рішення частина з яких вже починає в дійсності застосовуватися при відбудові та реконструкції електричних підстанцій.

2. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИ ВІДБУДОВІ ПІДСТАНЦІЙ

2.1 Впровадження безпекових заходів

Щоб захист обладнання та споруд підстанцій був ефективним він повинен бути комплексним. До комплексного захисту входять засоби протиповітряної оборони, інженерні споруди захисту об'єктів критичної інфраструктури, впровадження використання сучасного західного обладнання на підстанціях для швидшої його заміни в разі пошкоджень і т.д..



Рис. 2.1 Спектр загроз воєнного часу

Почнімо з опису систем інженерного захисту критичних елементів об'єктів критичної інфраструктури.

Існують 3 рівні захисту об'єктів критичної інфраструктури.

Перший рівень – захист від поодиноких непрямих влучань БпЛА та поодиноких непрямих влучань ракети на відстані 15 метрів від споруди;

Другий рівень – захист від поодиноких прямих влучань БпЛА та поодиноких непрямих влучань ракети на відстані 15 метрів від споруди;

Третій рівень – захист від поодиноких прямих влучань БпЛА та поодиноких прямих влучань ракети у споруду.

Перший рівень захисту - для об'єктів критичної інфраструктури

Захищає від: осколків та вибухової хвилі при непрямих влучаннях у 15 м ракет до Х-22 включно (вага бойової частини 960 кг, вага ВР 630 кг) та непрямих влучаннях БпЛА до «Шахід-136» включно (шв.50 м/с).

- При прямому влучанні оберігає навколишні споруди за межами захисту
- тимчасовий, потребує догляду та ремонту
- недорогий та швидкий відносно ефективності отримуваного захисту
- висота обмежена технологічними і пожежними зазорами
- вибухова ударна хвиля здатна обтікати перешкоди

Основні технічні рішення із інженерного захисту 1 рівня наведено у “Типових рішеннях з інженерного захисту критичних елементів об'єктів критичної інфраструктури України від ураження засобами повітряного нападу противника”, які схвалені Кабінетом Міністрів України, Постанова від 29 серпня 2023 р.

Основними рішеннями ІЗ 1 рівня є конструкції із габіонів (Рис. 2.2):

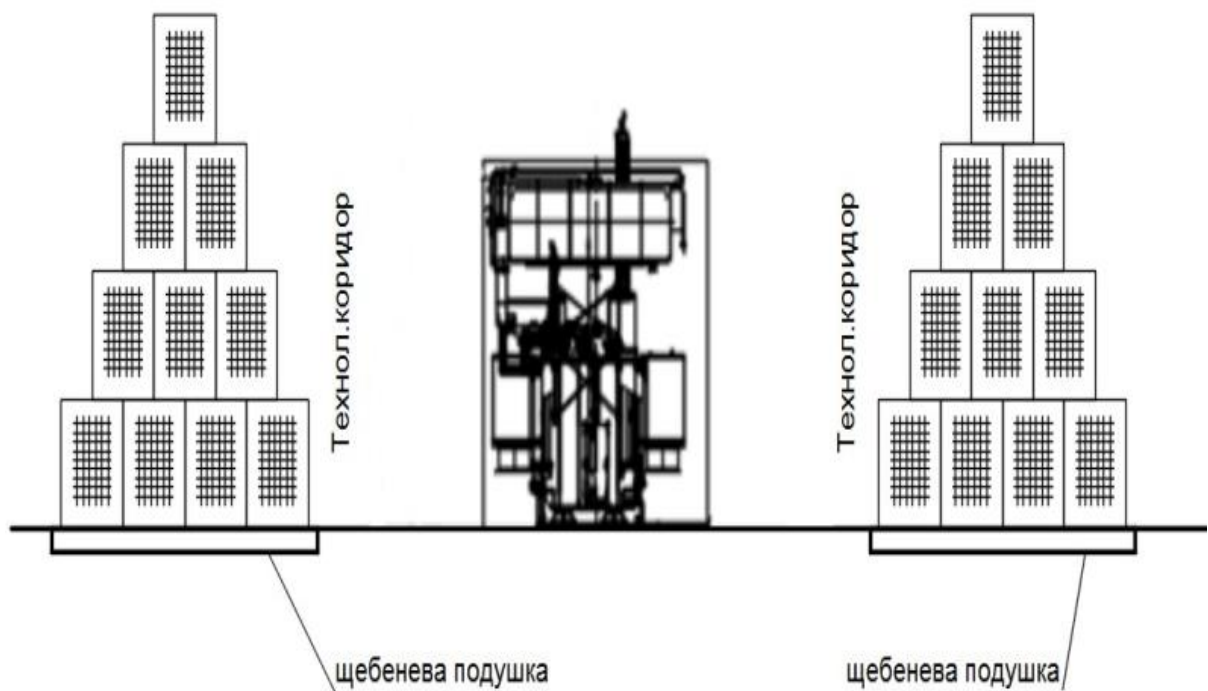


Рис.2.2 Загальний вигляд перерізу варіанту захисту 1 рівня із використанням габіонів: трансформатора

1. Ґрунтовмісні системи із фортифікаційних ґабіонів

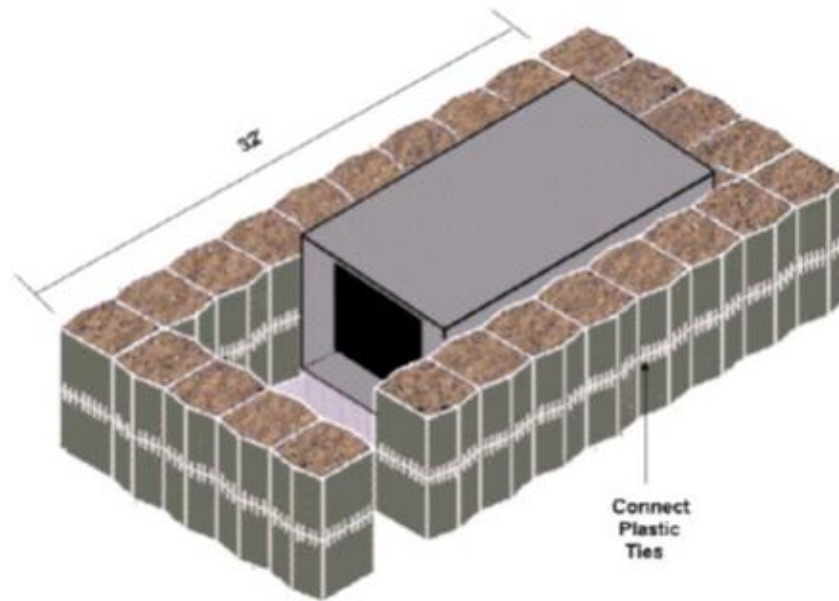


Рис. 2.3. Ґрунтовмісні системи із фортифікаційних ґабіонів

Переваги: середня швидкість улаштування, модульність, довговічність, гнучкість, покращена висота, рівномірність захисту, висока ремонтпридатність.

Недоліки: складність улаштування, ризик обвалення при недотриманні технології, необхідність підготовки основи.

2. Металеві, або ґрунтомісткі системи із металевих контейнерів, вагонів, бігбегів (Рис. 2.4).



Рис.2.4 Ґрунтомісткі системи із бігбегів

Переваги: велика товщина захисту, довговічна оболонка, можливість повторного використання, висока швидкість улаштування, дешевизна, доступність.

Недоліки: нерівномірність захисту, наявність просвітів, вразливість до дії погодних умов, обмежена висота, суттєва вага оболонки, недовговічність, (для бігбегів).

3. Грунтомісткі – підпірні стінки із дерев'яних або металевих елементів із засипкою або/та обвалуванням ґрунтом (Рис. 2.5).

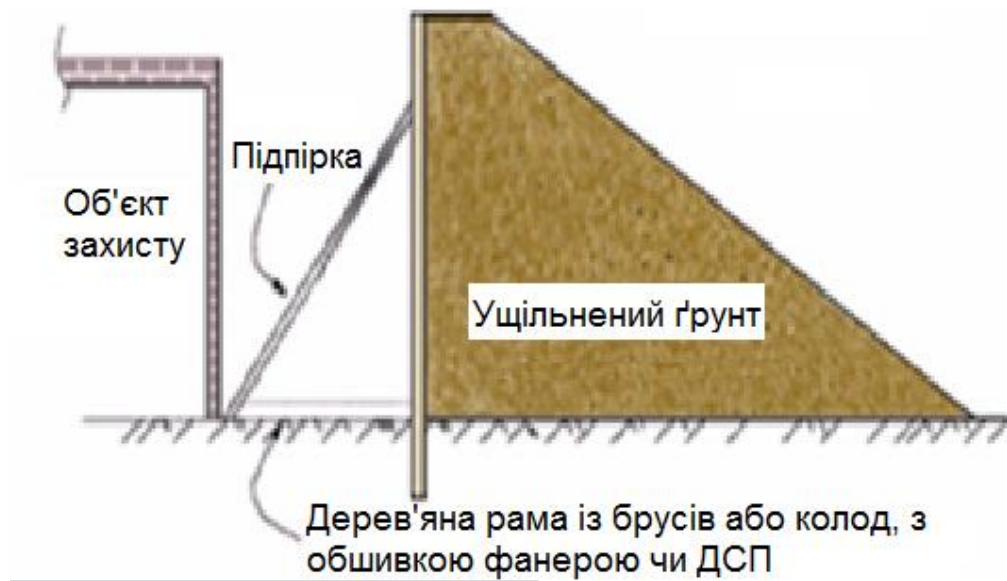


Рис. 2.5 підпірні стінки із дерев'яних або металевих елементів із засипкою або/та обвалуванням ґрунтом

Переваги: висока швидкість улаштування, дешевизна, доступність, легкість ремонту.

Недоліки: необхідність значних площ на об'єкті, мала ефективна висота, помірна довговічність.

4. Грунтомісткі із ґрунтоцементу у зйомній або незйомній опалубці

Переваги: відносна дешевизна, доступність.

Недоліки: низька ремонтпридатність, подовжений час улаштування, наявність вторинних уламків.

5. Грунтомісткі - підпірні стінки із залізобетонних труб із заповненням ґрунтом (Рис. 2.6).

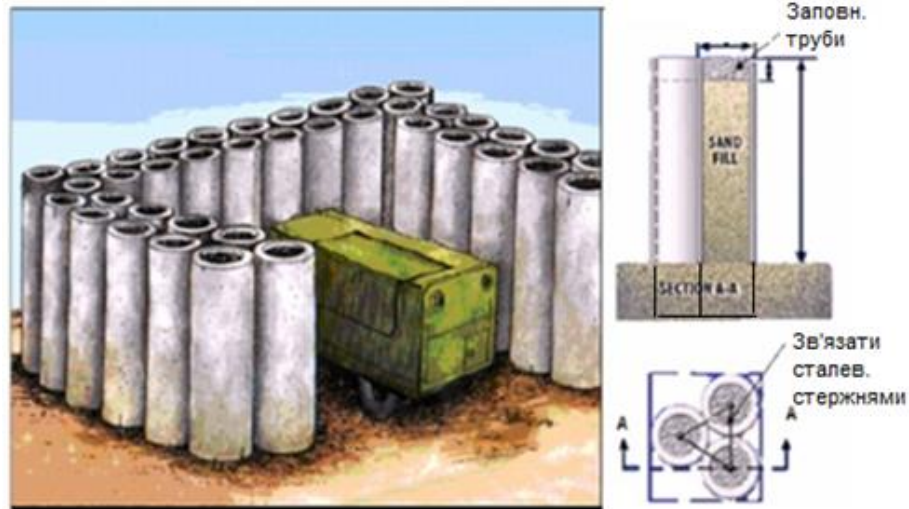


Рис. 2.6 Підпірні стінки із залізобетонних труб із заповненням ґрунтом

Переваги: відносна дешевизна, доступність, можливість повторного використання.

Недоліки: необхідність зв'язування труб між собою, обмежена висота, необхідність підготовки основи.

Принцип роботи і характеристики інженерного захисту 1 рівня:

- Протиосколковий захист
- «Тінь» для вибухової ударної повітряної хвилі
- Мінімізація уражень сусідніх елементів ОКІ
- Тепло та вогнезахист
- Візуальне маскування

Покращення систем захисту 1 рівня:

- Обвалування
- Накривка
- Цементне покриття
- Закриття листами
- Нарощування
- Підвищення висоти додатковими елементами
- Маскування

Порівняння основних типів споруд другого рівня захисту типу “Шелтер”:

1. Із застосуванням металевих решітчастих рам і засипкою ґрунту (Рис. 2.8). Засипка може бути замінена на 2 ряди фібробетонних збірних панелей або бронелистів

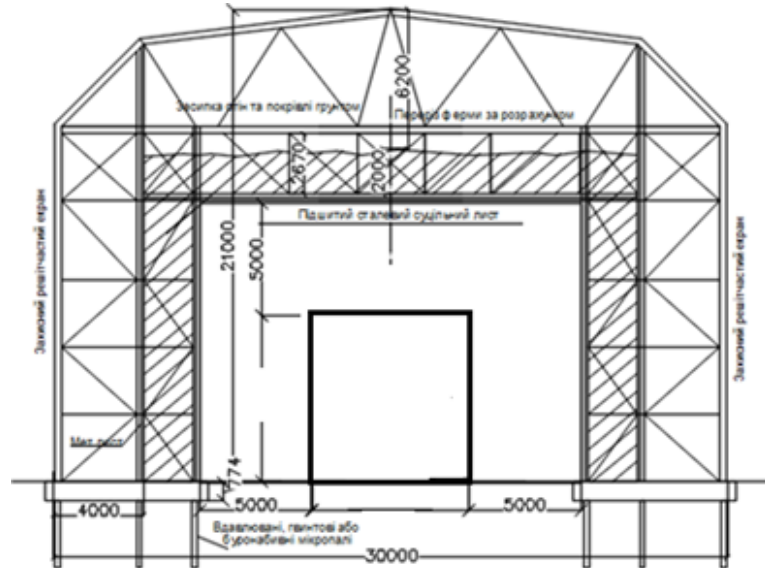


Рис. 2.8 Шелтер із застосуванням металевих решітчастих рам і засипкою ґрунтом

Переваги: швидкість улаштування, надійність, компактність.

Недоліки: значна вартість

2. Із застосуванням сталезалізобетонної оболонки (Рис. 2.9). Внутрішній фібро-залізобетонний каркас, зовнішній сталевий решітчастий із передетонаційним екраном.

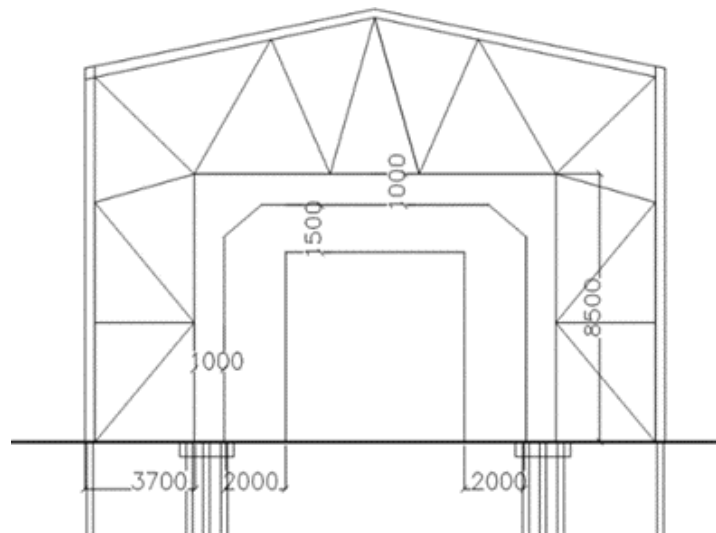


Рис. 2.9 Шелтер із застосуванням сталезалізобетонної оболонки

Переваги: компактність, надійність

Недоліки: складність, тривалість виконання

3. Із застосуванням сталезалізобетонної оболонки (Рис. 2.10). Внутрішній сталє-фібро-залізобетонний каркас – композитні плити зі сталевими балками, зовнішній пуредетонаційний екран із канатів.

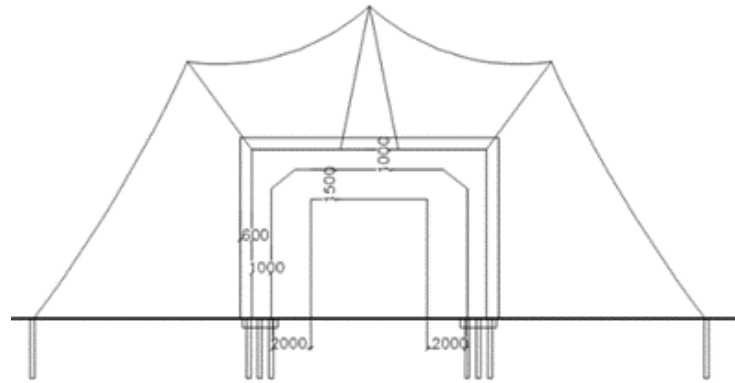


Рис. 2.10 Шелтер із застосуванням сталезалізобетонної оболонки

Переваги: нижча вартість, швидкість виконання

Недоліки: велика площа.

4. Із застосуванням тюфяка із фортифікаційного залізобетону з гнучким або жорстким противідколом (Рис. 2.11). Розподільча товща із сухого піску, внутрішній сталє-фібро-залізобетонний каркас – композитні плити із сталевими балками, зовнішня обсіпка ґрунтом

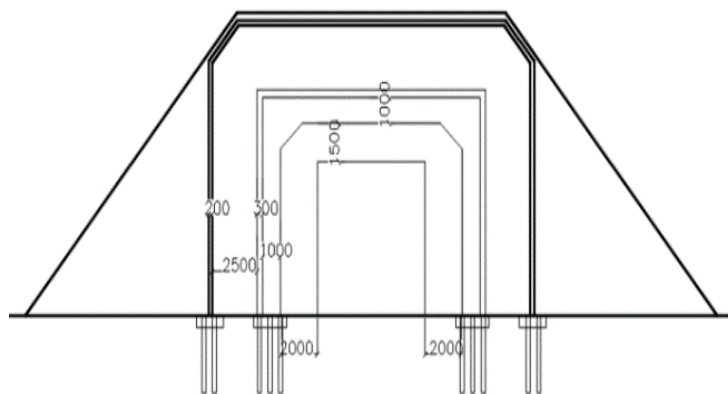


Рис. 2.11 Шелтер 4. Із застосуванням тюфяка із фортифікаційного залізобетону з гнучким або жорстким противідколом

Переваги: порівняно менша вартість, надійність.

Недоліки: складність виконання.

Споруди 3 рівня захисту.

Факторами ураження, які слід враховувати при розрахунку конструкцій споруд СІЗ третього рівня є наступні: кінетична дія (удар) від влучання ракети у споруду, проникна дія бойової частини ракети у споруду, дія повітряної вибухово ударної хвилі від підриву бойової частини ракети на споруду, дія вибухово ударної хвилі в ґрунті від підриву бойової частини ракети на споруду, дія первинних осколків бойової частини ракети і можливих вторинних осколків на споруду.

Кінетична та проникна дія від падіння частин ЗПН, елементів, конструкцій.

СІЗ третього рівня повинні виконуватися у варіантах:

- повністю інтегровані у контур плями забудови існуючих або нових споруд;
- частково інтегровані у контур плями забудови існуючих або нових споруд;
- окремо розташовані.

Заглиблені СІЗ третього рівня, які захищають від дії прямих влучань ЗПН, як правило, складаються із 3-х компонентів (зверху донизу):

- 1) тюфяк, який виконує роль затримуючої плити та призначений для зупинки механічного проникнення заряду і, відповідно, віддалення місця його можливого розриву при фугасній дії;
- 2) розподільча товща, яка має амортизувати вибухову хвилю при вибуху заряду на тюфяку;
- 3) несучий шар – остов каркасу заглибленої конструкції, який має витримувати як власну вагу з нормальним тиском ґрунту, так і варіанти тиску від ВУХ в землі – вертикальної або бічної.

По верху споруди може виконуватися обсіпка, яка виконує маскувальні функції, а також перешкоджає розльоту осколків і, в деяких випадках, ініціює передчасно детонування бойової частини.

Порівняння основних типів споруд третього рівня захисту.

1. Підземне занурення підстанції (Рис. 2.12).



Рис. 2.12 Приклад підземної підстанції[11]

Переваги: найбільший ступінь захисту, маскування, економія надземної площі.

Недоліки: Значна вартість, складність експлуатації, нижча пропускна спроможність.

Приклади підземної підстанції:

1) Підстанція Mainova Франкфурт-на Майні Німеччина (Рис. 2.13).



Рис. 2.13 Підстанція Mainova[12]

Побудована на 17 метрів нижче рівня вулиці, підстанція Mainova виконує всі функції традиційної трансформаторної підстанції, зводячи до мінімуму потребу в цінному надземному просторі.

Вхід у підстанцію відбувається через невелику під'їзну будівлю, яка набагато менша, ніж площа традиційної підстанції над поверхнею, а решта простору над землею була перетворена на сад прямо над підстанцією.

Отриманий зелений простір у центрі міста є різким, позитивним контрастом порівняно із стандартною підстанцією.

Будівництво підстанції під землею вимагає надійної і продумано спроектованої комунікаційної мережі, оскільки саме така структура мережі є основою для забезпечення надійного, безпечного, віддаленого управління і моніторингу трансформаторної підстанції.

Для будівництва підстанції під землею компанія Mainova AG вибрала наступні елементи конструкції:

Моніторинг мережі. система телекерування збирає звіти та значення вимірювань з окремих пристроїв польового керування та передає їх до центру управління через зовнішню магістральну мережу на основі MACH4000 з каналами зв'язку 10G та протоколами маршрутизації рівня 3. Команди з диспетчерського центру розподілялися по локальній мережі на відповідні польові прилади управління.

Протоколи резервування. Резервний зв'язок для локальної мережі був гарантований протоколом резервування носіїв (MRP) відповідно до IEC62439, який оптимізує час реконфігурації для кільцевих топологій у разі відключення мережі. Для магістральної мережі зв'язок підстанції з іншими підстанціями та протоколи резервування рівня 3 диспетчерського центру як протокол резервування віртуального маршрутизатора (VRRP) є двома поширеними методами, які використовуються для максимізації доступності мережі.

Системи управління мережею. Для ефективного управління підстанцією та її критично важливими даними було використано програмне забезпечення для управління мережею, яке надавало зручні для користувача топологічні карти в режимі реального часу. Це дає змогу адміністратору мережі миттєво побачити, як і де були підключені всі компоненти мережі, включно з будь-якими некерованими комутаторами та концентраторами. За допомогою програмного забезпечення для керування мережею адміністратори можуть налаштовувати сотні пристроїв одночасно лише кількома клацаннями миші, що допомагає керувати рутинними завданнями з обслуговування, такими як зміна паролів пристроїв для захисту від кібератак.

При проектуванні підземної підстанції обладнання повинно мати можливість надійно передавати дані навіть в суворих умовах навколишнього середовища. Незважаючи на те, що прямий вплив стихії виключено, компактний характер підземного будівництва створює нові проблеми. Рішенням яких може стати використання комплектних розподільчих установок які проаналізую пізніше.

2) Підземна підстанція Park Above Анахайм, США (Рис. 2.14).



Рис. 2.14 Підземна підстанція Park Above[13]

У 2006 році Anaheim Public Works побудували спеціальну паркову підстанцію, першу підземну підстанцію в США, у партнерстві з міським департаментом громадських робіт, до складу якого входять кілька провідних національних енергетичних підрядних та консалтингових фірм. Унікальність підстанції доповнюється тим фактом, що вона розташована під парком Рузвельта, на території площею 2 гектари.

Підстанція станція здатна обслуговувати 25 000 поточних і майбутніх побутових споживачів. Вона використовує найсучасніші технології при проектуванні підстанцій з розподільчими пристроями з елегазовою ізоляцією, що зменшує необхідний простір для підстанції приблизно до 30 відсотків від конструкції звичайної станції.

На жаль решта типів споруд 3-го рівня захисту на даний час не мають прикладів, висвітлених у відкритих джерелах, тому наведемо їх коротку характеристику.

2. Часткове заглиблення (Рис. 2.15).

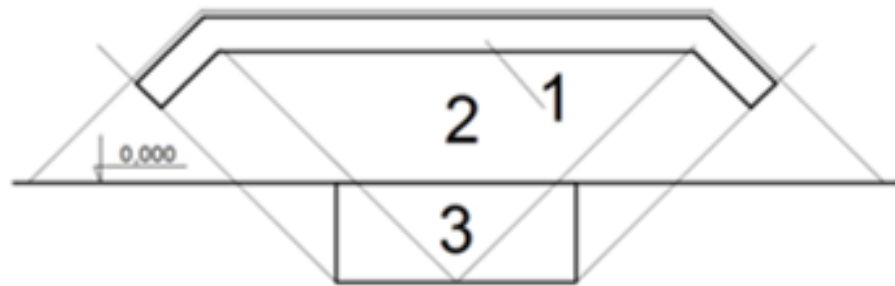


Рис. 2.15 Часткове заглиблення об'єкту захисту

Переваги: баланс вартості і строків виконання, можливість використання рельєфу.

Недоліки: необхідність маскування, часто необхідна посилена гідроізоляція та дренаж.

3. На поверхні із обсіпкою (Рис. 2.16)

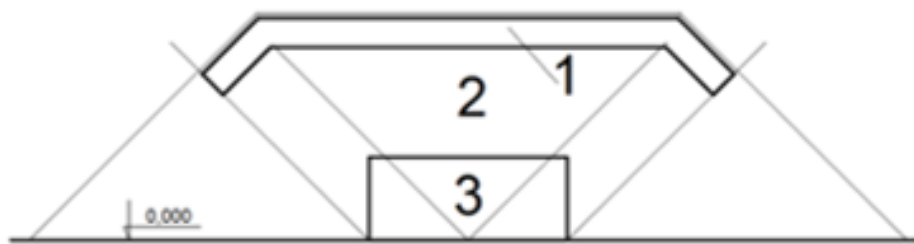


Рис. 2.16 розміщення об'єкту захисту на поверхні з обсіпкою

Переваги: Порівняно менші вартість, швидкість улаштування, полегшена експлуатація.

Недоліки: Зменшений ступінь захисту, дуже складно приховати, вилучення надземної площі.

За конструктивно-будівельними прийомами для занурення споруд можуть бути застосовані такі заходи (Рис. 2.17):

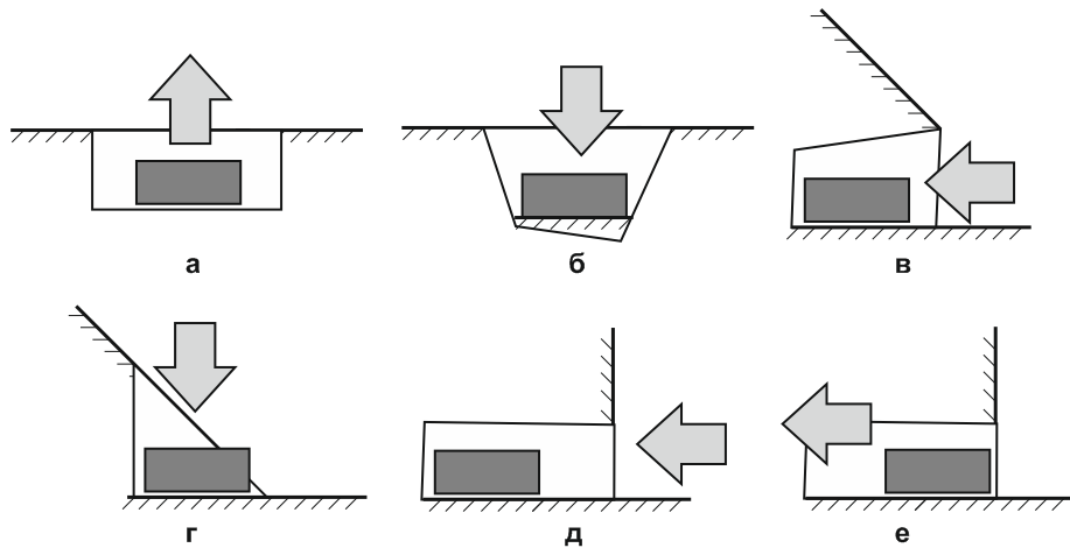


Рис. 2.17 Основні схеми улаштування захисних конструкцій третього рівня

- а) викопування вертикальних котлованів;
- б) перекриття ущелин, яруг тощо;
- в) використання скельних навісів;
- г) підрізання схилів;
- д) улаштування горизонтальних печер та штолень;
- е) використання і адаптація існуючих підземних просторів (шахт, печер тощо).

2.2 Сучасне силове обладнання

2.2.1 Елегазові вимикачі

Елегазові автоматичні вимикачі (Рис. 2.18) захищають електростанції та розподільчі системи, перериваючи електричні струми, коли їх активує захисне реле. Замість масла, повітря або вакуум елегазовий вимикач використовує газ гексафторид сірки (SF_6) для охолодження та гасіння дуги при розмиканні ланцюга. Переваги перед іншими середовищами включають низький робочий шум і відсутність викидів гарячих газів, а також відносно низькі витрати на обслуговування. Розроблені ще в 1950-х роках і з подальшою модернізацією

елегазові вимикачі широко використовуються в електричних мережах при напрузі передачі до 750 кВ, в розподільчих мережах при напрузі до 35 кВ, та як генераторні вимикачі.

Автоматичні вимикачі з гексафториду сірки можуть використовуватися як автономні пристрої на зовнішніх підстанціях з повітряною ізоляцією або можуть бути вбудовані в розподільні пристрої з елегазовою ізоляцією, що дозволяє створити компактні розподільчі установки високої напруги.

Принцип дії:

Переривання струму у високовольтному автоматичному вимикачі досягається шляхом розділення двох контактів у середовищі, такому як гексафторид сірки (SF_6), який має чудові діелектричні та дугогасильні властивості. Після розриву контакту струм проходить через дугу і припиняється, коли ця дуга охолоджується під впливом газу достатньої інтенсивності. [14]

Газ SF_6 є електронегативним і добре поглинає вільні електрони. Контакти вимикача розмикаються в потоці високого тиску гексафториду сірки, і між ними запалюється дуга. Газ захоплює провідні вільні електрони в дузі з утворенням відносно нерухомих негативних іонів. Ця втрата провідних електронів у дузі швидко створює достатню міцність ізоляції для гасіння дуги.

Подача газу на дугу повинна швидко її охолоджувати, щоб температура газу між контактами знизилася з 20 000 К до менш ніж 2000 К за кілька сотень мікросекунд, щоб вона могла витримати перехідну відновлювальну напругу, яка застосовується через контакти після переривання струму. Гексафторид сірки зазвичай використовується в сучасних високовольтних вимикачах при номінальній напрузі вище 35 кВ.

У 1980-х роках тиск, необхідний для погашення дуги, створювався в основному шляхом нагрівання газу за допомогою енергії дуги. Тепер для приводу високовольтних вимикачів до 750 кВ використовують низькоенергетичні пружинні механізми.

Деякі характеристики автоматичних вимикачів SF_6 , котрі можуть продемонструвати їх ефективність:

- Можливість отримати найвищу продуктивність, до 63 кА, зі зменшеною кількістю дугогасильних камер;
- короткий час перерви від 2 до 2,5 циклів;
- висока електрична стійкість, що дозволяє забезпечити принаймні 25 років експлуатації без ремонту;
- можливі компактні рішення при використанні розподільних пристроїв з елегазовою ізоляцією або гібридних розподільних пристроїв;
- інтегровані замикаючі резистори або синхронізовані операції для зменшення перенапруг перемикачів;
- надійність і доступність;
- низький рівень шуму;

Проблеми пов'язані з елегазовими вимикачами:

- Токсичні гази нижчого порядку

Коли в газі SF_6 утворюється дуга, утворюється невелика кількість газів нижчого порядку. Деякі з цих побічних продуктів є токсичними та можуть викликати подразнення очей і дихальних шляхів. Це викликає занепокоєння, якщо вимикачі відкриті для обслуговування або утилізації переривників.

- Витіснення кисню

SF_6 важчий за повітря, тому необхідно бути обережним, входячи в низькі закриті простори через ризик витіснення кисню.

- Парниковий газ

SF_6 є найпотужнішим парниковим газом, за оцінкою Міжурядової групи експертів зі зміни клімату. Він має потенціал глобального потепління, який у 23900 разів гірший, ніж CO_2 . [16]

Деякі уряди вже запровадили системи для моніторингу та контролю викидів SF₆ в атмосферу. [17]

Порівняння вимикачів різних способів гасіння дуги з елегазовими.

Порівняно з повітряними вимикачами робота з елегазом тихіша, і гарячі гази не виділяються під час нормальної роботи. Для підтримки тиску дугтя не потрібна установка стисненого повітря. Вища діелектрична міцність газу забезпечує більш компактну конструкцію або збільшує швидкість і якість розриву дуги за такого ж відносного розміру, як і повітряні вимикачі. Це також має бажаний ефект мінімізації розміру та ваги автоматичних вимикачів, здешевлення фундаменту та встановлення. Операційні механізми простіші, і потребують рідшого обслуговування, як правило, з більшою кількістю механічних операцій, яка дозволена між перевірками або технічним обслуговуванням. Однак перевірка або заміна елегазу вимагає спеціального обладнання та навчання, щоб запобігти випадковим викидам. За дуже низьких зовнішніх температур, на відміну від повітря, газ SF₆ може зріджуватися, зменшуючи здатність автоматичного вимикача переривати струми короткого замикання.

Масляні вимикачі містять певний об'єм спеціальної оливи. Малий масляний вимикач може містити близько сотень літрів масла при напрузі розподільної мережі; масляний автоматичний вимикач на більші класи напруги може містити десятки тисяч літрів масла. Якщо воно витече з автоматичного вимикача під час несправності, виникне небезпека пожежі. Олива також токсична для систем водопостачання, тому витoki необхідно ретельно локалізувати.

Вакуумні автоматичні вимикачі мають обмеження і не призначені для роботи в мережах з напругою більше 220 кВ, на відміну від елегазових вимикачів, доступних до 1150 кВ. Однак варто зазначити, що у мережі з напругою до 110 кВ за рахунок своєї вартості вакуумні вимикачі є більш доцільним вибором.

Приклади елегазових вимикачів.

General Electric GL312 (Рис.2.18)

Номинальна робоча напруга 110 кВ

Номинальний робочий струм до 3150 А

Номинальний струм вимкнення КЗ 40 кА

Температура експлуатації -40..+40°C



рис. 2.18 GL312

General Electric GL315 (Рис.2.19)

Номинальна робоча напруга 330 кВ

Номинальний робочий струм до 4000 А

Номинальний струм вимкнення КЗ 63 кА

Температура експлуатації -40..+40°C



рис. 2.19 GL312

General Electric GL318 (Рис.2.19)

Номинальна робоча напруга 750 кВ

Номинальний робочий струм до 4000 А

Номинальний струм вимкнення КЗ 50 кА

Температура експлуатації -40..+40°C



рис. 2.19 GL312

2.2.2 Комплектні розподільчі установки

Комплектний розподільчий пристрій з елегазовою ізоляцією (КРУЕ) - це металевий розподільчий пристрій, в якому в якості основної ізоляції між струмоведучими частинами і заземленим металевим корпусом використовується газ, SF₆. Газ забезпечує високу діелектричну міцність, високу термічну стабільність і відмінні властивості дугогасіння.

Основні компоненти КРУЕ включають: вимикачі, роз'єднувачі, шини, заземлювальні пристрої, обмежувачі перенапруги. Всі ці компоненти укладені в металевий корпус, який заповнений газом SF₆ під певним тиском. Корпус розділений на кілька відсіків, які відокремлені газонепроникними перегородками. Відсіки з'єднані газовими трубами і клапанами, які дозволяють

регулювати потік газу і тиск. Оснащений датчиками, моніторами, індикаторами, сигналізацією та пристроями керування, корпус РУ забезпечує безпеку та належну експлуатацію. Його можна встановлювати в приміщенні або на вулиці, відповідно до вимог навколишнього середовища та дизайну

Принцип роботи елегазового розподільчого пристрою

Основний принцип роботи КРУЕ полягає у використанні газу SF₆ як ізолятора та дугогасителя. Газ SF₆ має низку переваг перед повітрям як ізолятор. Він має вищу діелектричну міцність, ніж повітря, а це означає, що він може витримувати вищу напругу без пробою. Він має меншу молекулярну масу, ніж повітря, що означає, що він має вищу теплопровідність і може ефективніше розсіювати тепло. Він має вищу електронегативність, ніж повітря, що означає, що він може ефективніше захоплювати вільні електрони і зменшувати іонізацію в дузі.

Ці властивості роблять газ SF₆ ідеальним для застосування в КРУ, де простір обмежений, а надійність має вирішальне значення.

Застосування комплектних розподільчих пристроїв з елегазовою ізоляцією

КРУЕ широко використовуються в різних сферах завдяки своїй компактності, надійності та низьким вимогам до обслуговування. Деякі з найпоширеніших застосувань КРУЕ

Міські або промислові райони: КРУЕ ідеально підходить для міських або промислових районів з обмеженим простором і високим рівнем забруднення. Їх можна встановлювати всередині або зовні приміщень, на дахах, під землею або на морських платформах, не впливаючи на навколишнє середовище або естетику.

Виробництво та передача електроенергії: КРУЕ використовуються для підключення електростанцій до електромережі, а також для передачі і розподілу електроенергії на великі відстані і при різних рівнях напруги. Вони можуть

працювати з високими струмами і напругами, а також забезпечувати функції захисту і управління енергосистемами.

Центри обробки даних і фабрики: КРУЕ використовуються для електропостачання центрів обробки даних і заводів, де якісне і безперебійне електропостачання має важливе значення для їх роботи. КРУЕ може забезпечити високу доступність, резервування та відмовостійкість.

Переваги КРУЕ:

Економія місця: КРУЕ може зменшити площу підстанції на 90% порівняно з звичними для нас рішеннями з великими ВРУ. Це пов'язано з тим, що КРУЕ може бути встановлена в одно- або багатоповерховій будівлі, або навіть під землею, в той час як ВРУ вимагає великої відкритої площі для встановлення та обслуговування.

Безпека: КРУУ може підвищити безпеку персоналу та обладнання, оскільки усуває вплив струмоведучих частин і небезпеку спалаху дуги, а також знижує ризик пожежі, вибуху або забруднення навколишнього середовища, оскільки містить газ SF₆ у герметичному корпусі, що запобігає витоку.

Надійність: КРУЕ підвищує надійність джерела живлення, оскільки має менше рухомих частин і з'єднань, які можуть зношуватися або виходити з ладу. Крім того, КРУЕ має довший термін служби, ніж ВРУ, оскільки на нього менше впливають такі фактори навколишнього середовища, як волоКРУть, пил, корозія або забруднення.

Обслуговування: КРУУ може зменшити витрати на технічне обслуговування і час простою, оскільки вона потребує рідше перевірок і тестування, ніж ВРУ. КРУУ також має функції самодіагностики, які можуть виявляти несправності і попереджати операторів до того, як вони стануть критичними.

Однак, КРУУ також має деякі недоліки в порівнянні з ВРУ, такі як

Вартість: КРУ дорожча за ВРУ з точки зору початкових інвестицій та експлуатації. Це пов'язано з тим, що КРУ вимагає більш складних технологій і матеріалів, а також вищих стандартів якості та процедур тестування.

Складність: КРУ складніша за ВРУ з точки зору проектування та встановлення. Це пов'язано з тим, що КРУ вимагає більшої координації та інтеграції між різними компонентами і системами, такими як управління, захист, контроль, зв'язок тощо.

Доступність: У деяких випадках доступність КРУ може бути нижчою, ніж у ВРУ, особливо коли несправність виникає всередині відсіку, що впливає на кілька компонентів. Це пов'язано з тим, що КРУ може вимагати більше часу і зусиль для ізоляції та усунення несправності, ніж ВРУ.

Типи та моделі елегазових розподільчих пристроїв

Існують різні типи і моделі елегазових розподільчих пристроїв з елегазовою ізоляцією, доступні від різних виробників. Ось деякі з найпоширеніших типів:

КРУЕ з ізолюваною фазою: У цьому типі кожна фаза ланцюга збирається окремо у власному відсіку. Цей тип вимагає більше місця, ніж інші типи КРПЕ, але він запобігає міжфазним замиканням.

Інтегровані трифазні КРУ: У цьому типі всі три фази зібрані разом в одному відсіку. Цей тип зменшує потребу в просторі на третину порівняно з ізолюваними фазними КРУЕ.

Гібридні КРУЕ: У цьому типі використовується комбінація ізолюваних фазних і трифазних елементів. Цей тип забезпечує баланс між економією місця та запобіганням несправностей.

Компактні КРУЕ: У цьому типі більше одного функціонального елемента розміщено в одному відсіку. Наприклад, вимикач, роз'єднувач і трансформатор струму можуть бути об'єднані в одному модулі. Цей тип ще більше зменшує потребу в просторі порівняно з іншими типами КРУЕ.

Високоінтегрована система: У цьому типі все обладнання підстанції розташоване разом в одному корпусі. Цей тип забезпечує повне рішення для зовнішньої підстанції в одному блоці. Цей тип усуває необхідність зовнішніх з'єднань і скорочує час встановлення.

Деякі розглянемо приклади моделей комплектних розподільчих пристроїв з елегазовою ізоляцією:

Siemens AG 8DB8 номінальна напруга 145 кВ (Рис. 2.20)

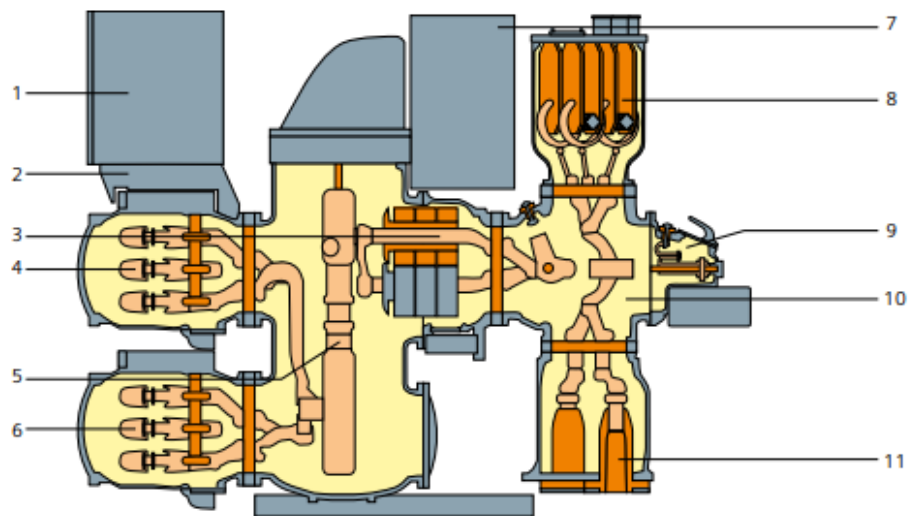


Рис. 2.20 КРУЕ Siemens AG 8DB8

1. Вбудована шафа керування
2. Консоль керування шафи керування
3. Трансформатор струму
4. Збірна шина II з роз'єднувачем і заземлювачем
5. Дугогасильна камера силового вимикача
6. Збірна шина I з роз'єднувачем і заземлювачем
7. Пружинний привід з системою керування вимикачем
8. Трансформатор напруги
9. Швидкодіючий заземлювальний пристрій
10. Модуль лінійного вводу з роз'єднувачем та заземлювачем
11. Модуль кабельного вводу.

Siemens AG 8DN9 номінальна напруга 245 кВ (Рис. 2.21)

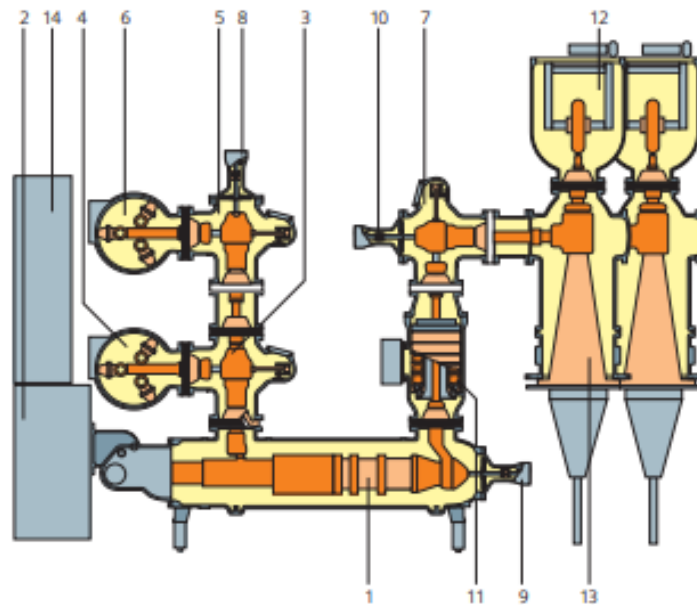


Рис. 2.21 КРУЕ Siemens AG 8DN9

1. Дугогасильна камера вимикача
2. Пружинний привід з системою керування вимикачем
3. Роз'єднувач СШ 1
4. СШ 1
5. Роз'єднувач СШ 2
6. СШ 2
7. Роз'єднувач вихідної лінії
8. Робочий заземлювач
9. Робочий заземлювач
10. Швидкодіючий заземлювач
11. Трансформатор струму
12. Трансформатор напруги
13. Кінцева кабельна муфта
14. Вбудована шафа місцевого керування

2.2.3 Мобільні підстанції

Мобільні підстанції - це тип системи розподілу електроенергії, яку можна швидко і легко транспортувати і встановлювати в різних місцях.

Вони використовуються для забезпечення тимчасового або аварійного електропостачання в районах, де мережа недоступна або пошкоджена.

Мобільні підстанції складаються з різних компонентів, змонтованих на причепі, рамі або контейнері, які можна переміщати автомобільним, залізничним, морським або повітряним транспортом.

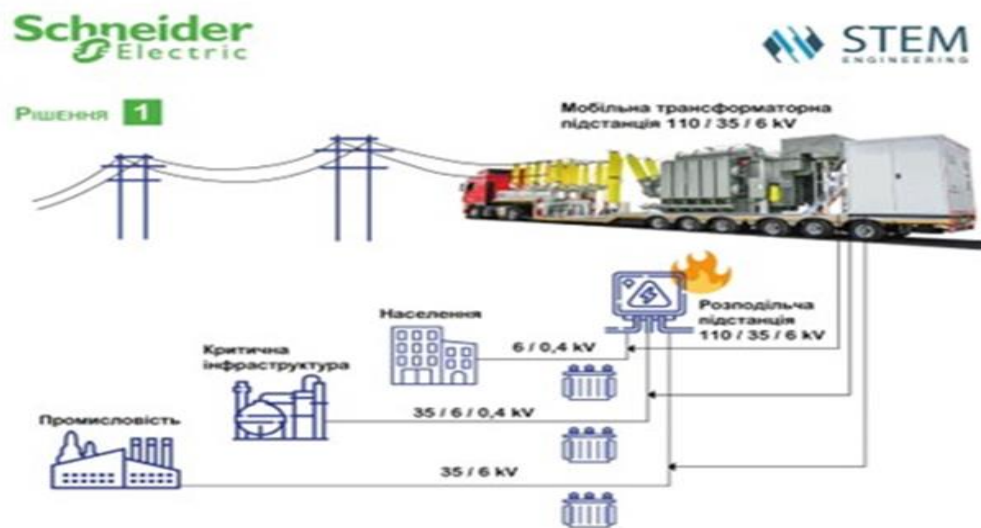


Рис. 2.22 Приклад використання мобільної підстанції[19]

Переваги мобільних підстанцій

Мобільні підстанції мають низку переваг у порівнянні зі звичайними підстанціями, а саме

Мобільність: Мобільні підстанції можна легко і швидко транспортувати і переміщати в будь-яке місце, де вони потрібні. Вони не потребують спеціальних дозволів або будівельних робіт для встановлення. Вони також можуть бути повернуті або переміщені, щоб вирівнялись з існуючими лініями електропередачі або обладнанням.

Гнучкість: Мобільні підстанції можуть бути адаптовані до різних рівнів напруги, номінальної потужності, конфігурацій, функцій та аксесуарів відповідно до потреб та уподобань замовника. Вони також можуть забезпечувати кілька напруг для різних навантажень або послуг одночасно.

Надійність: Мобільні підстанції - це перевірені на заводі та готові до підключення агрегати, які забезпечують якісне та високопродуктивне електропостачання. Вони оснащені найсучаснішим обладнанням і передовими системами управління, захисту та зв'язку, які дозволяють здійснювати локальний і віддалений моніторинг та управління. Вони також мають системи резервного копіювання та функції резервування, що підвищують їхню доступність та відмовостійкість.

Економічність: Мобільні підстанції - це економічно ефективні рішення, які заощаджують час і гроші клієнтів. Вони зменшують капітальні витрати, уникаючи постійних витрат на будівництво та придбання землі. Вони також зменшують операційні витрати за рахунок мінімізації витрат на технічне обслуговування та втрат енергії.

Типи мобільних підстанцій

Мобільні підстанції можна класифікувати на різні типи залежно від їхньої конструкції, розміру та функцій. Ось деякі з найпоширеніших типів:

Компактні та модульні мобільні підстанції: Це мобільні підстанції, які мають компактную та модульну конструкцію, що забезпечує легку мобільність та швидке переміщення без необхідності отримання спеціальних дозволів на транспортування. Вони монтуються на причепах або полозах, які можуть буксируватися вантажівками або іншими транспортними засобами. Їх також можна повертати або переставляти, щоб вирівняти з існуючими лініями електропередач або обладнанням. Вони підходять для застосувань, які вимагають високої гнучкості та швидкого розгортання, таких як аварійне обслуговування, нове обслуговування або тимчасове обслуговування.

Підстанції на візку: Це мобільні підстанції, які мають конструкцію, що дозволяє швидко і легко розгортати їх, мінімізуючи будівельні роботи, а також зусилля по установці і введенню в експлуатацію на місці. Вони встановлюються на полозках, які можна підняти кранами або навантажувачами і розмістити на рівній поверхні. Вони підходять для застосувань, що вимагають високої

надійності та низьких витрат на обслуговування, наприклад, для промислових систем електропостачання, інтеграції відновлюваних джерел енергії, інтелектуальних мереж та міських підстанцій.

Контейнерні підстанції: Це мобільні підстанції, які мають контейнерну конструкцію, що забезпечує укриття та захист компонентів і аксесуарів. Вони встановлюються на контейнерах, які можна транспортувати автомобільним, залізничним, морським або повітряним транспортом. Вони підходять для застосувань, які вимагають високої міцності та стійкості в складних умовах навколишнього середовища, таких як екстремальні температури, вологість, забруднення тощо.

Вагонні підстанції: Це мобільні підстанції, які мають вагонну конструкцію, що дозволяє транспортувати їх залізницею. Вони встановлюються на залізничні вагони, які можуть бути з'єднані з локомотивами або іншими залізничними вагонами. Вони підходять для застосувань, які вимагають високої мобільності та доступності у віддалених районах або на складних ділянках місцевості.

Конструктивні особливості мобільних підстанцій

Мобільні підстанції повинні відповідати різним конструктивним вимогам, щоб забезпечити їх функціональність, продуктивність, безпеку та екологічну сумісність. Ось деякі з основних конструктивних міркувань:

Трансформатор: Трансформатор є основним компонентом мобільної підстанції, який перетворює високу напругу в низьку і навпаки. Трансформатор повинен бути спроектований таким чином, щоб оптимізувати його розмір і вагу для транспортування та необхідних електричних параметрів. Трансформатор повинен мати гібридну систему ізоляції для високих потужностей (>20 МВА) або целюлозну систему ізоляції для низьких потужностей (<20 МВА). Трансформатор повинен мати низький рівень шуму (<65 дБ), щоб відповідати екологічним стандартам. Трансформатор повинен мати кілька напруг (до 5), щоб забезпечити гнучкість і універсальність для різних застосувань. Трансформатор

повинен мати зовнішні знеструмлені перемикачі для перемикання зірка-трикутник.

Система охолодження - це компонент мобільної підстанції, який регулює температуру трансформатора і запобігає його перегріву. Система охолодження повинна бути спроектована таким чином, щоб відводити тепло, яке утворюється внаслідок втрат навантаження і втрат на додаткове охолодження трансформатора. Система охолодження повинна мати алюмінієву систему охолодження для зменшення ваги. Система охолодження повинна мати систему примусового повітряного охолодження або систему примусового масляного повітряного охолодження для високих потужностей (>20 МВА) або систему природного повітряного охолодження або систему природного масляного повітряного охолодження для низьких потужностей (<20 МВА).

Високовольтний розподільний пристрій: Високовольтний розподільний пристрій - це компонент мобільної підстанції, який контролює і захищає ланцюг високої напруги і з'єднує мобільну підстанцію з лінією електропередачі або генератором. Високовольтний розподільний пристрій повинен бути спроектований відповідно до класу напруги (до 330 кВ).

Розподільні пристрої низької напруги: Розподільчий пристрій низької напруги - це компонент мобільної підстанції, який контролює і захищає низьковольтний ланцюг і розподіляє електроенергію на навантаження або в мережу. Низьковольтний розподільний пристрій повинен бути спроектований відповідно до класу напруги (до 1 кВ) і номінального струму (до 2000 А) застосування. Низьковольтні розподільчі пристрої повинні мати різні компоненти, такі як низьковольтні вимикачі, вимикачі витоку струму на землю, запобіжники HRC, електричні ізолятори, повітряні вимикачі, і мініатюрні вимикачі. Низьковольтні розподільчі пристрої повинні мати різні кріплення, такі як шасі, DIN-рейка, панель або 19-дюймова стійка. Низьковольтні розподільчі пристрої повинні мати різні корпуси, наприклад, з відкритою рамою, закриті або зі ступенем захисту IP.

Система обліку: Система обліку - це компонент мобільної підстанції, який вимірює і реєструє електричні параметри потоку електроенергії, такі як напруга, струм, потужність, частота тощо. Система обліку повинна бути спроектована таким чином, щоб надавати точні та надійні дані для цілей моніторингу та виставлення рахунків. Система обліку повинна мати різні типи лічильників, такі як аналогові лічильники, цифрові лічильники, інтелектуальні лічильники тощо. Система обліку повинна мати різні режими зв'язку, такі як дротовий або бездротовий, локальний або віддалений тощо.

Система релейного захисту: Система релейного захисту - це компонент мобільної підстанції, який виявляє та ізолює несправності і запобігає пошкодженню обладнання та персоналу. Система релейного захисту повинна бути спроектована таким чином, щоб забезпечити швидке і селективне відключення несправного ланцюга або обладнання. Система релейного захисту повинна мати різні типи реле, такі як електромеханічні реле, твердотільні реле, мікропроцесорні реле тощо. Система релейного захисту повинна мати різні функції захисту, такі як захист від перевантаження по струму, захист від перенапруги, диференціальний захист, дистанційний захист тощо.

Допоміжне джерело живлення змінного та постійного струму: Допоміжне джерело живлення змінного та постійного струму - це компонент мобільної підстанції, який забезпечує живлення для роботи мобільної підстанції та її аксесуарів, таких як світильники, вентилятори, насоси тощо. Допоміжне джерело живлення змінного і постійного струму повинно бути спроектоване таким чином, щоб забезпечити стабільне і надійне електроживлення.

Допоміжне джерело живлення змінного та постійного струму має бути спроектоване таким чином, щоб забезпечувати стабільну та достатню потужність для необхідного навантаження. Допоміжне джерело живлення змінного і постійного струму повинно мати різні джерела, такі як акумулятори, генератори, перетворювачі, інвертори тощо. Залежно від застосування, допоміжне джерело живлення змінного і постійного струму повинно мати різну напругу і частоту.

Система захисту від перенапруги: Система захисту від перенапруги - це компонент мобільної підстанції, який захищає мобільну підстанцію від ударів блискавки та інших стрибків напруги. Система захисту від перенапруги повинна бути спроектована таким чином, щоб відводити або обмежувати імпульсний струм і напругу до безпечного рівня. Система захисту від перенапруги повинна мати різні типи пристроїв, такі як розрядники, обмежувачі перенапруги, фільтри перенапруги тощо. Система захисту від перенапруги повинна мати різні місця розташування, наприклад, на входних або вихідних клеммах трансформатора або розподільного пристрою.

Система з'єднання кабелів: Кабельна з'єднувальна система - це компонент мобільної підстанції, який з'єднує мобільну підстанцію з джерелом живлення і навантаженням за допомогою гнучких кабелів і роз'ємів. Система з'єднання кабелів повинна бути спроектована таким чином, щоб забезпечити легке і безпечне з'єднання і від'єднання кабелів. Система кабельних з'єднань повинна мати різні типи кабелів, такі як високовольтні кабелі, низьковольтні кабелі, кабелі управління, кабелі зв'язку тощо. Система з'єднання кабелів повинна мати різні типи роз'ємів.

Приклади мобільних підстанцій.

Мобільні підстанції фірми MEDELEC (Рис. 2.23).



Рис. 2.23 Мобільна підстанція фірми MEDELEC[22]

Вони виготовляються на класи напруги 12-72.5 кВ. До складу підстанції входить різне обладнання залежне від класу напруги, яке розміщене на причепі

для вантажівки. Розглянемо перелік обладнання підстанції на клас напруги 36 кВ як найбільш наближений до наших мереж. Гібридна комплектна розподільча установка, з баковими автоматичними вимикачами, металооксидний розрядник, полімерний корпус (для зовнішнього застосування), трансформатори напруги і трансформатори струму для систем релейного захисту та вимірювальних пристроїв, шафа захисту і управління, диференціальний захист/перевантаження по струму/замикання на землю, можлива інтеграція в систему SCADA, автоматичний регулятор напруги MR, розрахований на 10 МВА.

Мобільні підстанції GE.

Даний виробник має широкий асортимент мобільних підстанцій на класи напруги до 330 кВ. Частина об'єктів (на напругу до 220 кВ) можуть транспортуватись без спец. дозволів (Рис. 2.24).



Рис. 2.24 Мобільна підстанція фірми GE[23]

До складу мобільних підстанцій входять силові трансформатори, розподільні установки як відкриті закриті так і комплектні залежно від класу напруги ВН підстанції, вимикачі, вимірювальні трансформатори, розрядники перенапруг, засоби захисту та керування, допоміжні системи живлення змінного та постійного струму та керування.[23]

Отже мобільні підстанції є гарним рішенням для розподільної мережі. Оскільки обладнання на такі класи напруги розміщується на автотранспорті для

якого часто навіть не потрібні спеціальні дозволи на перевезення і тому підстанції можуть швидко розгортатися в потрібних місцях.

2.3 Реконструкція мереж і підстанцій з метою покращення режимів їх роботи

Трансформатор це найважливіша, найдорожча і відповідно та складова підстанції, по якій найчастіше завдаються удари. Оскільки вартість заміни трансформатора розподільної підстанції в десятки разів перевищує вартість заміни ТП 6/0.4 кВ, тому у випадку пошкодження трансформатора підстанції 110/35/6 буде доцільно розглянути варіант одночасно із заміною цього трансформатора переведення мережі 6кВ на 20 кВ.

Умови розрахунку:

Досліджувана підстанція напругою 110/35/6 кВ є реальною, але у зв'язку із воєнним станом назва підстанції, фідерів розподільчих пристроїв, комутаційних пристроїв, і всіх трансформаторних підстанцій 6/0.4 кВ була змінена.

Параметри ліній, трансформаторів та навантаження 6 кВ взяті з реальної мережі. Оскільки невідомі параметри трансформатора 110/35/6, а також навантаження сторони 35кВ допускаємо незначне спрощення, а саме задаємо балансувальні вузли напряму на шини 6(20) кВ, які водночас ефективно продемонструють різницю у втратах мережі.

Перерізи повітряних і кабельних ліній не змінюються залежно від напруги, тому вони не наводитимуться.

Розрахунок проводиться в середовищі ГРАФСНАНЕР. Схема мережі представлена в додатку Б.

Результати розрахунків представлені в таблиці 2.1-2.2

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку мережі 6 кВ

№ ТП	Потужність ТП	Переток потужності по ТП	Навантаження
1	160	$0.081+j0.03$	$0.08+j0.03$
2	250	$0.152+j0.06$	$0.15+j0.05$
3	250	$0.152+j0.06$	$0.15+j0.05$
6	250	$0.071+j0.027$	$0.07+j0.02$
7	160	$0.102+j0.047$	$0.1+j0.04$
8	250	$0.152+j0.06$	$0.15+j0.06$
9	250	$0.132+j0.59$	$0.13+j0.05$
10	100	$0.061+j0.019$	$0.06+j0.01$
11	160	$0.041+j0.019$	$0.04+j0.01$
12	250	$0.041+j0.017$	$0.04+j0.01$
13	160	$0.091+j0.037$	$0.09+j0.03$
14	250	$0.142+j0.06$	$0.14+j0.05$
15	250	$0.081+j0.03$	$0.08+j0.03$
16	63	$0.031+j0.013$	$0.03+j0.01$
17	630	$0.132+j0.56$	$0.13+j0.04$
17	630	$0.243+j0.099$	$0.24+j0.08$
18	630	$0.142+j0.066$	$0.14+j0.06$
19	630	$0.223+j0.089$	$0.22+j0.07$
19	630	$0.092+j0.045$	$0.09+j0.03$
20	630	$0.154+j0.067$	$0.152+j0.066$
20	630	$0.072+j0.035$	$0.072+j0.02$
21	630	$0.172+j0.067$	$0.17+j0.05$
21	630	$0.203+j0.088$	$0.2+j0.07$
22	630	$0.354+j0.135$	$0.035+j0.11$
23	250	$0.061+j0.027$	$0.06+j0.02$
24	320	$0.174+j0.75$	$0.17+j0.05$
25	100	$0.011+j0.058$	$0.01+j0.05$

№ ТП	Потужність ТП	Переток потужності по ТП	Навантаження
25	100	$0.021+j0.037$	$0.02+j0.03$
26	630	$0.303+j0.081$	$0.3+j0.06$
27	630	$0.142+j0.067$	$0.14+j0.05$
Сума		$3.829+j1.629$	

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку мережі 20 кВ

№ ТП	Потужність ТП	Переток потужності по ТП	Навантаження
1	160	$0.081+j0.037$	$0.08+j0.03$
2	250	$0.152+j0.062$	$0.15+j0.05$
3	250	$0.152+j0.062$	$0.15+j0.05$
6	250	$0.071+j0.028$	$0.07+j0.02$
7	160	$0.102+j0.049$	$0.1+j0.04$
8	250	$0.152+j0.073$	$0.15+j0.06$
9	250	$0.132+j0.061$	$0.13+j0.05$
10	100	$0.061+j0.015$	$0.06+j0.01$
11	160	$0.041+j0.015$	$0.04+j0.01$
12	250	$0.041+j0.017$	$0.04+j0.01$
13	160	$0.091+j0.038$	$0.09+j0.03$
14	250	$0.142+j0.062$	$0.14+j0.05$
15	250	$0.081+j0.038$	$0.08+j0.03$
16	63	$0.03+j0.013$	$0.03+j0.01$
17	630	$0.131+j0.057$	$0.13+j0.04$
17	630	$0.242+j0.101$	$0.24+j0.08$
18	630	$0.141+j0.067$	$0.14+j0.06$
19	630	$0.222+j0.09$	$0.22+j0.07$
19	630	$0.091+j0.046$	$0.09+j0.03$

№ ТП	Потужність ТП	Переток потужності по ТП	Навантаження
20	630	$0.151+j0.067$	$0.152+j0.066$
20	630	$0.071+j0.036$	$0.072+j0.02$
21	630	$0.172+j0.068$	$0.17+j0.05$
21	630	$0.202+j0.89$	$0.2+j0.07$
22	630	$0.353+j0.137$	$0.035+j0.11$
23	250	$0.061+j0.02$	$0.06+j0.02$
24	320	$0.172+j0.064$	$0.17+j0.05$
25	100	$0.011+j0.059$	$0.01+j0.05$
25	100	$0.021+j0.034$	$0.02+j0.03$
26	630	$0.303+j0.083$	$0.3+j0.06$
27	630	$0.141+j0.067$	$0.14+j0.05$
Сума		$3.802+j1.684$	

Згідно даних балансувальних (генеруючих) вузлів, не дивлячись на дуже близький результат по втратах в трансформаторах, сумарне споживання, а отже і втрати активної потужності в мережі зменшились з 4.1 МВт до 3.9 МВт, а реактивної зменшилось на 0.16 МВар.

Отже у даному розділі ми розглянули різні способи захисту обладнання підстанції, переважно трансформаторів. Ознайомились та проаналізували елегазові вимикачі їх переваги та недоліки. Провели аналіз комплектних розподільчих установок, та мобільних підстанції і досягли висновку, що ці рішення є дуже ефективними для сьогоденної мережі. Також провели розрахунок переводу мережі з 6кВ на 20кВ.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розробляються заходи з охорони праці під час відбудови пошкоджених підстанцій. Відповідно, на оперативно-ремонтний і ремонтний персонал, що здійснює монтаж і експлуатацію обладнання п/ст, впливають такі шкідливі виробничі фактори [25, 26]: фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил); фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

3.1. Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

3.1.1. Технічні рішення з безпечної організації робочих місць із застосуванням автомобілів, вантажопідіймальних машин, механізмів та драбин

Під час виконання робіт в електроустановках з використанням вантажопідіймальних машин і механізмів [27] необхідно враховувати вимоги "Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів". У разі призначення працівника, відповідального за безпечне виконання робіт з переміщення вантажів кранами, слід зробити запис в рядку "Окремі вказівки" наряду.

Водії та машиністи, які входять до штату енергетичних підприємств і працюють в діючих електроустановках, повинні мати групу II. Кранівники сторонніх організацій допускаються до роботи згідно з вимогами ДНАОП 0.00-

1.03 "Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів". Рух вантажопідіймальних машин і механізмів в охоронній зоні ПЛ, а по ВРУ - також і автомобілів допускається під наглядом одного з працівників, зазначених в пункті 20.1 цих Правил, або керівника чи спеціаліста з групою V. По ВРУ рух вантажопідіймальних машин, механізмів і автомобілів допускається також під наглядом чергового або допускателя з групою IV зі складу оперативно-виробничих працівників.

Під час проїзду по ВРУ і під ПЛ підіймальні та висувні частини вантажопідіймальних машин і механізмів повинні перебувати в транспортному положенні. Допускається в межах робочого місця переміщення вантажопідіймальних машин та механізмів по рівній місцевості з піднятим робочим органом без вантажу та людей на підіймальній або висувній частині, якщо таке переміщення дозволяється заводською інструкцією і при цьому не потрібно проїжджати під невимкненими шинами або проводами ПЛ. На ВРУ швидкість руху визначається за місцевими умовами, але не повинна перевищувати 10 км/год. Під ПЛ автомобілі, вантажопідіймальні машини та механізми повинні проїжджати в місцях найменшого провисання проводів (біля опор).

Установка і робота стрілових вантажопідіймальних машин та механізмів для піднімання вантажів або людей безпосередньо під проводами ПЛ, що перебувають під напругою, забороняється. Встановлювати вантажопідіймальну машину (механізм) на виносні опори та переводити її робочий орган з транспортного положення в робоче повинен машиніст, який нею керує. Забороняється залучати для цього інших працівників. Під час проїзду, встановлення та роботи автомобілів, вантажопідіймальних машин і механізмів відстані від підіймальних та висувних частин, стропів, вантажозахватних пристосувань, вантажів при будь-якому положенні до струмовідних частин, що перебувають під напругою, не повинні бути менші за зазначені в правилах.

Перед початком роботи телескопічних вишок та гідропідійомників необхідно перевірити в дії висувну та підіймальну частини, а у телескопічних вишок, крім того, підіймальну частину слід встановити вертикально і

зафіксувати в такому положенні. Перевірку слід здійснювати у безпечному місці якнайдалі від струмовідних частин, що перебувають під напругою.

Забороняється під час виконання робіт на кутових опорах, у разі замінювання ізоляторів, проводів або ремонту арматури встановлювати телескопічну вишку (гідропідйомник) всередині кута, утвореного проводами. Під час виконання всіх робіт у ВРУ та в охоронній зоні ПЛ автомобілі, вантажопідіймальні машини і механізми на пневмоколісному ході необхідно заземлювати. Забороняється доторкатись до корпусу автомобіля (вантажопідіймальної машини, механізму) і проводити будь-які переміщення їхніх робочих органів, вантажозахватних пристосувань і опорних деталей до встановлення заземлення. У разі, коли ПЛ вимкнена та заземлена на робочому місці і не перебуває під наведеною напругою, не вимагається заземляти автомобілі, вантажопідіймальні машини та механізми на пневмоколісному ході, встановлені на відстані понад 30 м від найближчих проводів інших ПЛ, що перебувають під напругою. Вантажопідіймальні машини і механізми на гусеничному ході у разі встановлення безпосередньо на ґрунті заземлювати не вимагається.

Під час роботи вантажопідіймальних машин та механізмів забороняється перебування людей під вантажем, що піднімається, корзиною телескопічної вишки (гідропідйомника), а також у безпосередній близькості (ближче ніж за 5 м) від проводів (тросів), що натягуються, упорів, кріплень і механізмів, що працюють. Під час проведення робіт з телескопічної вишки (гідропідйомника) повинен бути візуальний зв'язок між членом бригади, який перебуває в корзині (колісці), і водієм. У разі відсутності такого зв'язку біля вишки повинен перебувати член бригади, який передає водію команду піднімати або спускати корзину (коліску). Працювати з телескопічної вишки (гідропідйомника) слід, стоячи на дні корзини (коліски), закріпившись стропом запобіжного пояса. Перехід з корзини (коліски) на опору або обладнання і назад допускається тільки з дозволу керівника робіт. Під час перебування працівників, які виконують роботу у корзині (колісці) телескопічної вишки (гідропідйомника), машиніст не повинен залишати пульт керування.

У разі зіткнення стріли крана або корзини (колиски) підйимального механізму із струмовідними частинами, що перебувають під напругою, машиніст повинен вжити заходів щодо швидкого розриву контакту, що виник, і відвести рухому частину механізму від струмовідних частин на відстань, не меншу за зазначену в цих Правилах. Забороняється спускатись з механізму (машини) на землю або підніматись на нього, а також доторкатись до нього, стоячи на землі, якщо механізм перебуває під напругою. Машиніст зобов'язаний попередити працівників, які його оточують, про те, що механізм перебуває під напругою. У разі загоряння автомобіля, вантажопідйимальної машини або механізму, що перебувають під напругою, водій (машиніст) повинен зіскочити на землю, з'єднавши ноги, і, водночас, не доторкаючись руками до машини, віддалитися від неї на відстань не менше 8 м, пересуваючи ступні по землі і не відриваючи їх одну від одної.

Забороняється використовувати переносні металеві, а також дерев'яні та пластмасові драбини з дротом жорсткості уздовж тятив драбини в РУ 220 кВ і нижче.

У ВРУ 330 кВ і вище використовувати переносні металеві драбини дозволяється за таких умов:

- драбину слід переносити в горизонтальному положенні під безперервним наглядом керівника робіт, чергового або працівника з групою IV зі складу оперативно-виробничих працівників;

- для знімання наведеного потенціалу з переносної драбини до неї необхідно приєднати металевий ланцюг, який торкається землі;

- у разі встановлення драбини не дозволяється її наближення до струмовідних незаземлених частин на відстань, меншу за зазначену в правилах.

Під час виконання робіт, коли неможливо закріпити строп запобіжного пояса за конструкцію, опору тощо, слід користуватися страхувальним канатом, попередньо заведеним за конструкцію або деталь опори. Виконувати цю роботу повинні два працівники, один з яких повинен у разі потреби повільно відпускати або натягувати страхувальний канат.

Настили риштувань, помостів, колисок необхідно огородити, якщо їх висота над поверхнею ґрунту або покриттям перевищує 1,3 м. Висота огороження не повинна бути нижче 1 м для риштувань та помостів і нижче 1,2 м - для колисок. У разі неможливості або недоцільності влаштування настилів і огорожень, а також під час виконання робіт на обладнанні у кожному окремому випадку заходи безпеки визначаються технологічною картою, ППР або іншими документами. Електро- та газозварники повинні застосовувати запобіжний пояс із стропом з металевого ланцюга. Якщо робоче місце та підходи до нього розташовані над неогороженими струмовідними частинами, що перебувають під напругою, а відстань від металевого ланцюга у разі його опускання буде менша за зазначену в цих Правилах, то роботу слід виконувати з вимкненням цих струмовідних частин.

Під час виконання робіт на тих конструкціях, під якими розташовані струмовідні частини, що перебувають під напругою, ремонтні пристосування та інструмент для запобігання їх падінню необхідно прив'язувати. Подавати деталі на конструкції або обладнання слід за допомогою нескінченного каната, вірьовки або шнура. Працівник, який стоїть внизу, повинен утримувати канат для запобігання його розгойдуванню та наближенню до струмовідних частин.

Працівники, які працюють на порталах, конструкціях, опорах, повинні бути в одязі, що не заважає рухам. Особистий інструмент повинен бути в сумці. Виконувати роботи на освітлювальній арматурі під стелею машинних залів та котелень з візка мостового крана повинні не менше двох працівників зі складу оперативних працівників або, за нарядом, - виробничих працівників. Один з працівників повинен постійно перебувати поблизу того, хто працює, і слідкувати, щоб він дотримувався необхідних заходів безпеки. Забороняється улаштування тимчасових помостів, драбин тощо на візку крана. Працювати слід безпосередньо з настилу візка або з встановленого на ньому стаціонарного помосту. Перед підніманням на візок з його тролейних проводів необхідно зняти напругу. Під час виконання робіт слід користуватися запобіжним поясом. Пересувати міст або візок крана кранівник може тільки за командою керівника робіт. Під час пересування мостового крана працівники повинні розміщуватись

в кабіні або на настилі мосту. Забороняється пересування помосту і візка, коли люди перебувають на візку.

3.1.2. Електробезпека

Основні технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

- 1) виконання технічних заходів під час підготовки робочого місця,
- 2) застосування під час обслуговування електроустановок електрозахисних засобів.

1) Під час підготовки робочого місця для роботи, яка вимагає знімання напруги, слід виконати у зазначеній послідовності такі технічні заходи:

- провести необхідні вимкнення і вжити заходів щодо запобігання помилковому або самочинному вмиканню комутаційної апаратури;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційної апаратури. За необхідності струмопровідні частини слід огорожувати;
- приєднати до "землі" переносні заземлення;
- перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах, на які слід встановити заземлення. Якщо переносні заземлення планується ставити поблизу струмопровідних частин, що не входять в зону робочого місця, то їх огороження слід встановити до перевірки відсутності напруги та заземлення;
- встановити заземлення (увімкнути заземлювальні ножі, приєднати до вимкнених струмопровідних частин переносні заземлення) безпосередньо після перевірки відсутності напруги та вивісити плакати "Заземлено" на приводах вимикальних комутаційних апаратів;
- огородити, у разі необхідності, робочі місця або струмопровідні частини, що залишились під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов струмопровідні частини огорожують до або після їх заземлення.

2) Під час обслуговування електроустановок повинні застосовуватись засоби захисту від ураження електричним струмом, від впливу електричного поля, а також засоби індивідуального та колективного захисту. Ізолювальні електрозахисні засоби поділяються на основні і додаткові. До основних

ізолювальних електрозахисних засобів, які повинні застосовуватись в електроустановках напругою понад 1000 В, відносяться: ізолювальні штанги всіх видів, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, показчики напруги, пристрої для створення безпечних умов праці під час проведення випробувань і вимірювань в електроустановках (показчики напруги для фазування, показчики пошкодження кабелів та ін.); до додаткових – діелектричні рукавички, діелектричне взуття, діелектричні килими, ізолювальні підставки, ізолювальні накладки, ізолювальні ковпаки, штанги для перенесення та вирівнювання потенціалу, сигналізатори напруги, захисні огороження (щити, ширми), переносні заземлення, плакати та знаки безпеки та інші засоби захисту.

Крім наведених вище засобів захисту в електроустановках повинні застосовуватись такі ЗІЗ: захисні каски – для захисту голови; захисні окуляри і щитки – для захисту очей і обличчя; протигази і респіратори – для захисту органів дихання; рукавиці – для захисту рук; запобіжні пояси та страхувальні канати.

Вибір необхідних електрозахисних засобів, засобів захисту від дії ЕП, а також ЗІЗ регламентується [27], а також іншими відповідними нормативними документами (НД) з урахуванням місцевих умов. У разі застосування основних ізолювальних електрозахисних засобів достатньо використовувати один додатковий засіб, крім випадків, що обумовлені в цих Правилах. У разі необхідності захисту працівника від напруги кроку дозволяється використовувати діелектричне взуття без застосування основних засобів захисту.

3.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

3.2.1. Мікроклімат

Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Нормування параметрів мікроклімату на постійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Теплий	Пб	16-27	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний	Пб	15-21	не більш 75	не більш 0,4

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається:

- в холодну пору року використання калорифера;
- в літню пору застосування вентиляторів обдуву;
- провітрювання приміщення.

3.2.2. Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та цемент, який використовується на будівництві Дністровської ГЕС, їх ГДК наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4
Цемент	6		4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

- провітрювання приміщення;
- цілісність вікон для перешкодження попадання пилу в приміщення під час роботи лінії;

– встановлення пиловловлюючих засобів.

3.2.3. Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт під час експлуатації електрообладнання – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «г» (таблиця 3).

Таблиця 3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Малої точності	Від 1,0 до 5 включно	V	б	малий	середній	-	200	3	1,8

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

3.2.4. Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» (таблиця 4).

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху.

Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Таблиця 4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

3.3. Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги». Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств і інструкції на окремих об'єктах.

Приміщення п/ст за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини). Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних

матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.

Таблиця 5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Сту- - пін ь вог- не- стій - кос ті бу- дин -ків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло- ни	сходові площад- ки, костури, сходи, балки, марші сходови х кліток	пере- криття між по- верхові (у т.ч. горищн і та над підва- лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходо- вих кліток	само- несучі	зов- ніш- ні не- несу- чі	внут- рішні не- несучі (пере- город- ки				пли- ти, наст и-ли, прог о-ни	балки, ферми , арки, рами
ІІІ	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 6.

Таблиця 6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 7 (знаменник).

Таблиця 7 - Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, сільськогосподарських будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IV, V
III	8/9	8/12	10/15

Найбільшу відстань до евакуаційного виходу визначаємо за об'ємом приміщення та ступені вогнестійкості будівлі.

В проектуваному приміщенні, відстань при щільності людського потоку в загальному проході, чол/м² наступна: до 1 – 100 м².

На території п/ст встановлено 12 вогнегасників ВП-5.

ВИСНОВКИ

Інвестиції в модернізацію і вдосконалення інфраструктури можуть бути економічно вигідні в довгостроковій перспективі. Використання мобільних підстанцій, модульних конструкцій та інших інноваційних рішень може знизити витрати на відновлення та скоротити час простою енергосистеми.

Використання підземних підстанцій або захищених надземних конструкцій може значно підвищити рівень захисту та надійність енергопостачання.

Модульні та мобільні рішення дозволять швидко адаптуватися до змінних умов та забезпечувати безперервність енергопостачання навіть в умовах надзвичайних ситуацій. Це включає впровадження мобільних трансформаторів і підстанцій, які можуть бути швидко розгорнуті в необхідних зонах.

Успішне відновлення пошкоджених підстанцій вимагає комплексного підходу, що включає аналіз технічних, економічних та екологічних аспектів. Тому важливо також залучати до процесу планування і реалізації відновлювальних робіт всі зацікавлені сторони, включаючи уряд, енергетичні компанії та місцеві громади.

Загалом, результати роботи свідчать про те, що ефективне відновлення пошкоджених підстанцій вимагає інноваційного підходу, врахування сучасних технологій та стратегій, а також координації зусиль між різними суб'єктами енергетичного сектора. Це дозволить не лише відновити пошкоджену інфраструктуру, а й значно підвищити її стійкість та ефективність на майбутнє.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Харків. : Видавництво «Форт», 2017. - 760 с.
2. Правила безпечної експлуатації електроустановок – Друге видання Міненерговугілля України - Харків: Видавництво «Форт», 2000. – 159 с.
3. Електрична частина станцій та підстанцій: курс лекцій навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: О. В. Остапчук, П. Л. Денисюк, Ю. П. Матеєнко/. – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 183 с..
4. Лежнюк П.Д., Лагутін В.М., Тептя В.В. Проектування електричної частини електричних станцій. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 194 с.
5. Кулик В. В. Типові рішення при проектуванні електричних мереж напругою 110-330 кВ: навчальний посібник / В. В. Кулик, В. В. Тептя, О. Б. Бурикін, О. В. Сікорська. Вінниця: ВНТУ, 2018. 110 с.
6. ДСТУ ІЕС 60269-1:2009 Запобіжники плавкі низьковольтні. Частина 1. Загальні технічні вимоги (ІЕС 60269-1:2006, IDT)
7. Stockton, Blaine. "Design Guide for Rural Substations". USDA Rural Development. United States Department of Agriculture
8. Юрій Лашенко, Святослав Вишневський «АНАЛІЗ АЛЬТЕРНАТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАХСТУ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ». Матеріали конференції «ЛІІ Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2024)». Секція "Електричних станцій і систем", Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. [Електронний ресурс]. URL1: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem2024/paper/view/20742>
9. Саух, С. 2023. КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ СТРУКТУРНО МІНЛИВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ. *ТЕХНІЧНА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА*. 5 (Сер 2023), 048. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2023.05.048>.

10. Фролов, І. . «АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГОСИСТЕМИ ТА СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В УКРАЇНІ». *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*, вип. 67, Квітень 2024, с. 048, doi:10.15407/publishing2024.67.048.
11. Underground substation – Out of sight, out of mind. By Edvard Csanyi. Jan, 9th 2016. URL: <https://electrical-engineering-portal.com/underground-substations-out-of-sight-out-of-mind>
12. A New Approach for Reliable Energy: Underground Substations. Clarion Energy Content Directors. 7.15.2015 URL: <https://www.power-grid.com/td/a-new-approach-for-reliable-energy-underground-substations>
13. Park Substation | Anaheim, CA - Official Website URL: <https://www.anaheim.net/977/Park-Substation>.
14. "Tutorial AC HV Circuit Breakers" (PDF). ewh.ieee.org. July 2017. Retrieved October 21, 2017.
15. Three-phase short-circuit testing of high-voltage circuit breakers, Presented by D. Dufournet & G. Montillet at IEEE switchgear committee meeting, May 1999 Archived
16. Dervos, C. T.; Vassiliou, P. (January 2000). "Sulfur hexafluoride (SF6): global environmental effects and toxic byproduct formation". *J Air Waste Manag Assoc.* 50 (1): 137–41. doi:10.1080/10473289.2000.10463996
17. "Synthetic Greenhouse Gases and the Emissions Trading Scheme, NZ Government, Ministry for the Environment, September 2011
18. Gas Insulated Switchgear: Definition, Components, and Applications | Electrical4U URL: https://www.electrical4u.com/gis-or-gas-insulated-switchgear/#google_vignette
19. Підземні та мобільні підстанції електропередачі – рішення для захисту української енергосистеми | Schneider Electric Україна. URL: <https://chamber.ua/ua/news/pidzemni-ta-mobilni-pidstantsii-elektroperedachi-rishennia-dlia-zakhystu-ukrainskoi-enerhosystemy/>

20. Mobile Substations: A Comprehensive Guide | Electrical4U. URL: https://www.electrical4u.com/mobile-substation-portable-substation-mobile-transformer/#google_vignette
21. Chapman, A. and Broom, R., Electricity Substation Leases: Considerations for Utility Companies, Landowners and Developers, Squire Patton Boggs, originally published by Utility Week, 26 January 2018.
22. Medelec Switchgear Ltd. Mobile Substation Guide URL: <https://medelec-switchgear.com/wp-content/uploads/2023/03/7.-MEDELEC-Mobile-Substations-2016-ENGLISH.pdf>
23. Mobile Substations. General Energy Company LLC URL: <https://gegrid.com.ua/product/mobile-substations>
24. Технічний каталог Трансформатори силові типу ТМ. ТОВ «УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ» 29000 / Україна / Хмельницький
25. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
26. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->
27. ДНАОП 1.1.10-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=21826.
28. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
29. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
30. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

31. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
32. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
33. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infravzuku-nor4878.html>.
34. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
35. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
36. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
37. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.
38. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.
39. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.
40. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ
ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Аналіз альтернативних рішень при відбудові пошкоджених підстанцій

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра електричних станій та систем, факультет електроенергетики та електромеханіки

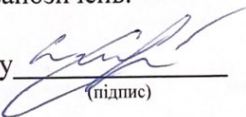
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichек

Оригінальність 97.96 Схожість 2.04

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ✓ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Вишневський С.Я.
(прізвище, ініціали)

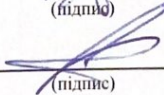
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichек щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

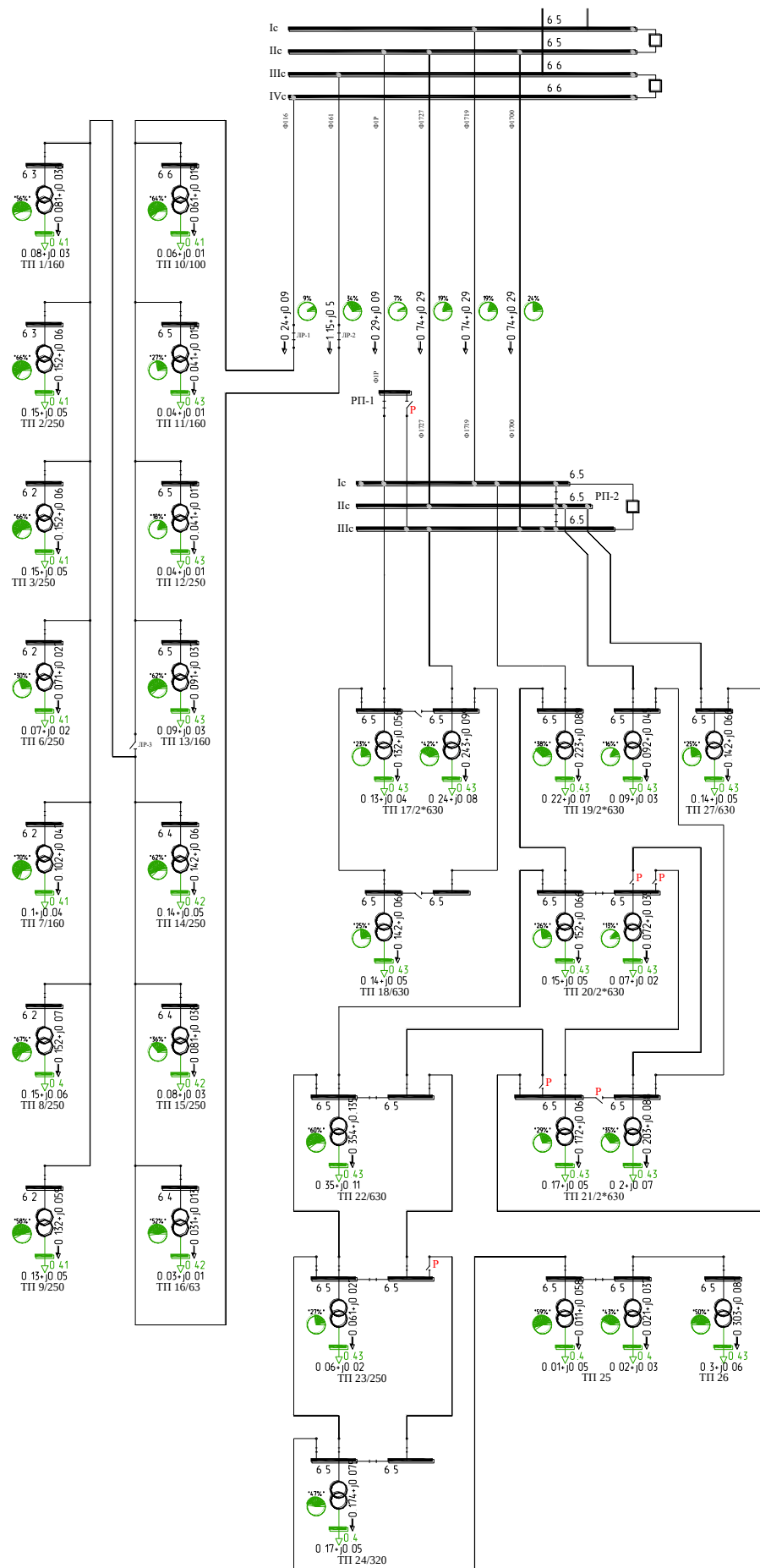
Лашенко Ю.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Кулик В. В.
(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б



ДОДАТОК В

ІЛЮСТРАЦІЙНА ЧАСТИНА

Імовірнісні моделі усталених режимів електричних мереж

Бакалаврська дипломна робота

Аналіз альтернативних рішень при відбудові пошкоджених підстанцій

Виконав: ст. гр. ЗЕЕ-206. Лашенко Ю. В.

Науковий керівник: Д.Т.Н., доцент, професор каф. ЕСС Кулик В. В.

Вступ

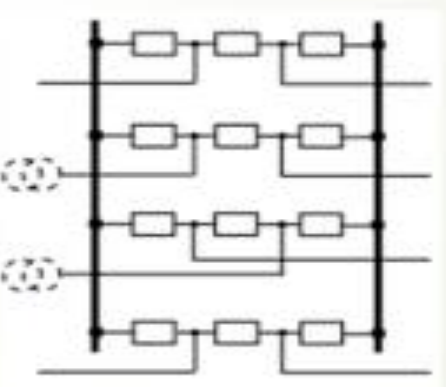
Сучасні геополітичні, кліматичні, та інші процеси створюють нові виклики для енергетичної безпеки, що вимагає інноваційних підходів до відновлення та модернізації енергетичних систем.

Тому у даній роботі ми опишемо і проаналізуємо альтернативне сучасне обладнання а також інші рішення для підвищення захищеності та ефективності нашої енергосистеми.

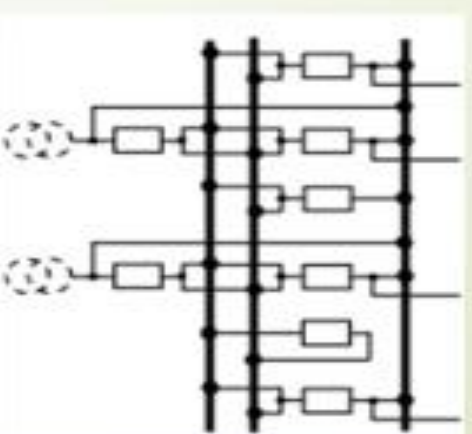
Типові схеми РУ електричних підстанцій

Вимоги до електричних схем
підстанції

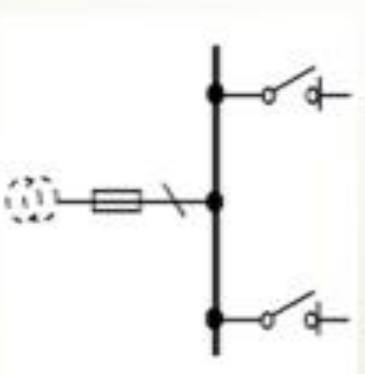
- а) забезпечення надійного електропостачання споживачів підстанції в нормальних і аварійних режимах відповідно до їхніх категорій;
- б) забезпечення надійного транзиту потужності через РУ підстанції по міжсистемних та магістральних лініях;
- в) забезпечення економічно обґрунтованого рівня короткого замикання на стороні середньої і нижчої напруги;
- г) можливість поступового розширення підстанції;
- д) відповідність вимогам протипаварійної автоматики



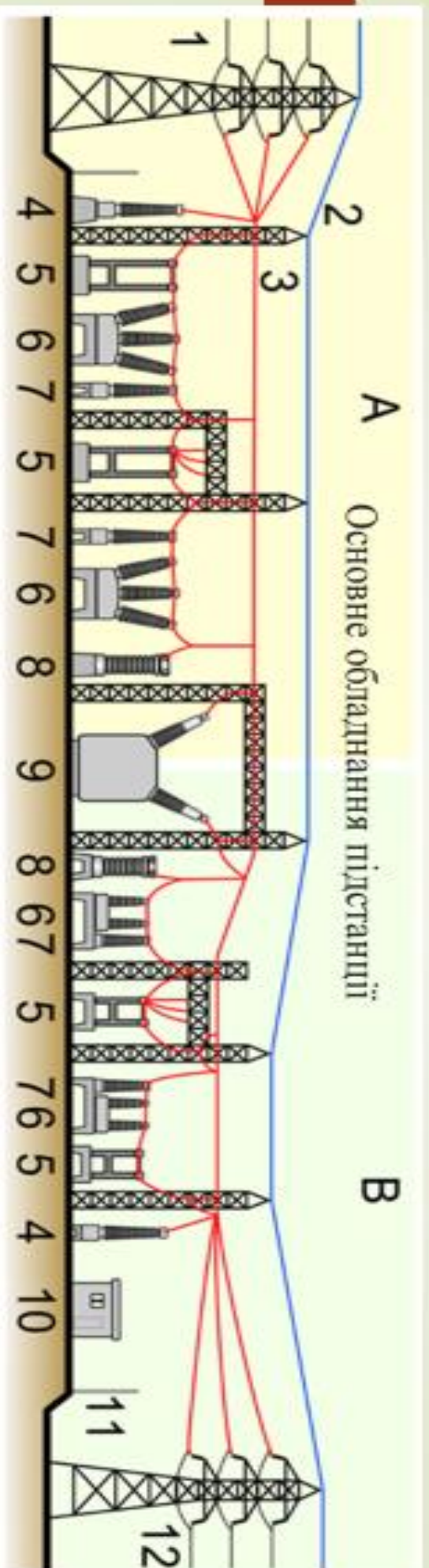
3/2



Дві робочі СШ з об'єднаною СШ



Однорідна несекціонована СШ



1. Вихідні лінії електропередачі

2. Провід заземлення

3. Повітряні лінії

4. Вимірювальний трансформатор напруги

5. Роз'єднувач

6. Автоматичний вимикач

А. Сторона первинних ЛЕП

7. Трансформатор струму

8. Блискавко захисний розрядник

9. Головний трансформатор

10. Будівля управління

11. Захисний паркан

12. Вихідні ЛЕП

Б. Сторона вторинних ЛЕП

Впровадження безпекових заходів

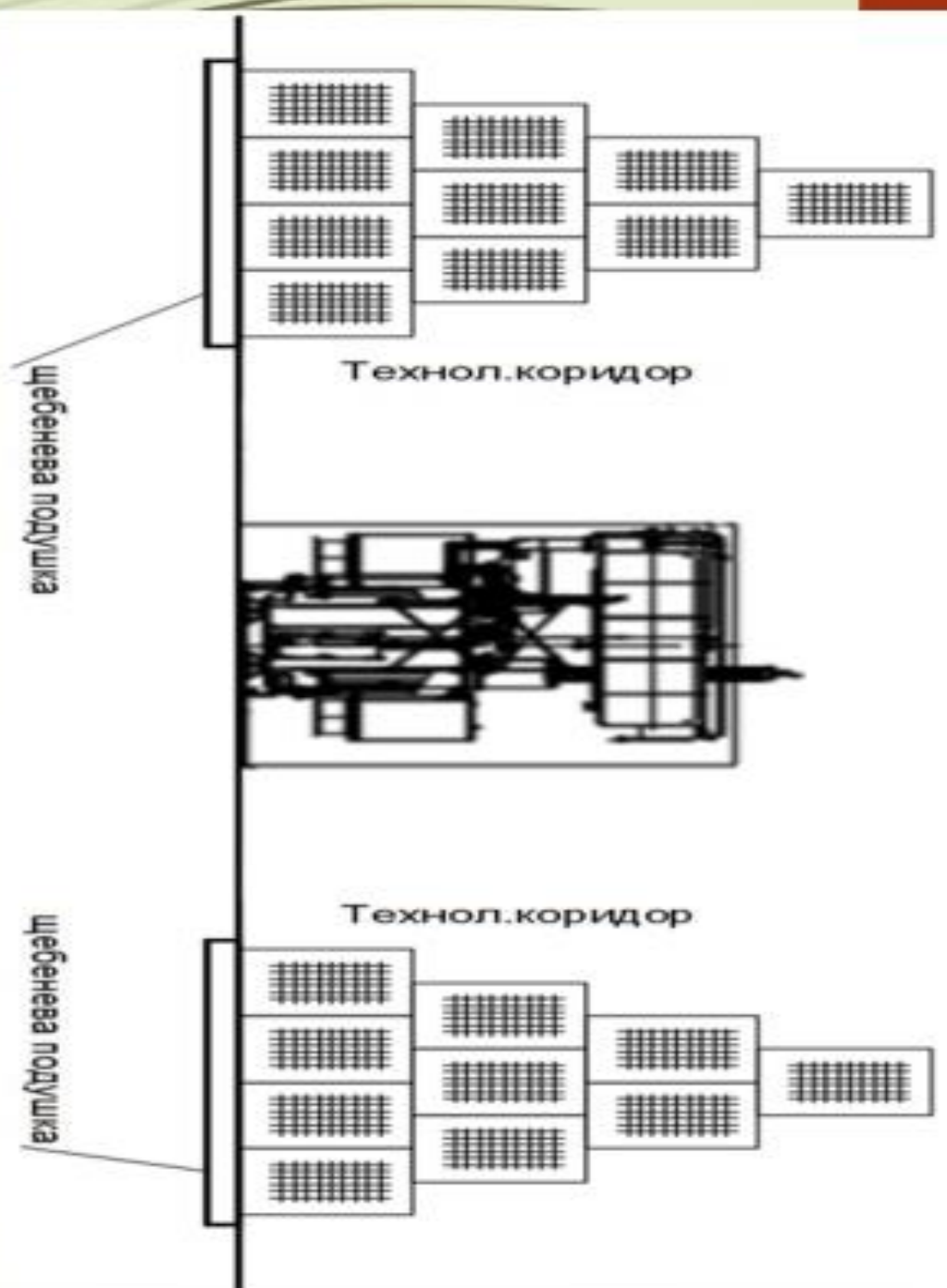
Існують 3 рівні захисту об'єктів критичної інфраструктури.

- Перший рівень – захист від поодиноких непрямих влучань БпЛА та поодиноких непрямих влучань ракети на відстані 15 метрів від споруди;
- Другий рівень – захист від поодиноких прямих влучань БпЛА та поодиноких непрямих влучань ракети на відстані 15 метрів від споруди;
- Третій рівень – захист від поодиноких прямих влучань БпЛА та поодиноких прямих влучань ракети у споруду.

Конструкції з габіонів

Принцип роботи і характеристики інженерного захисту 1 рівня:

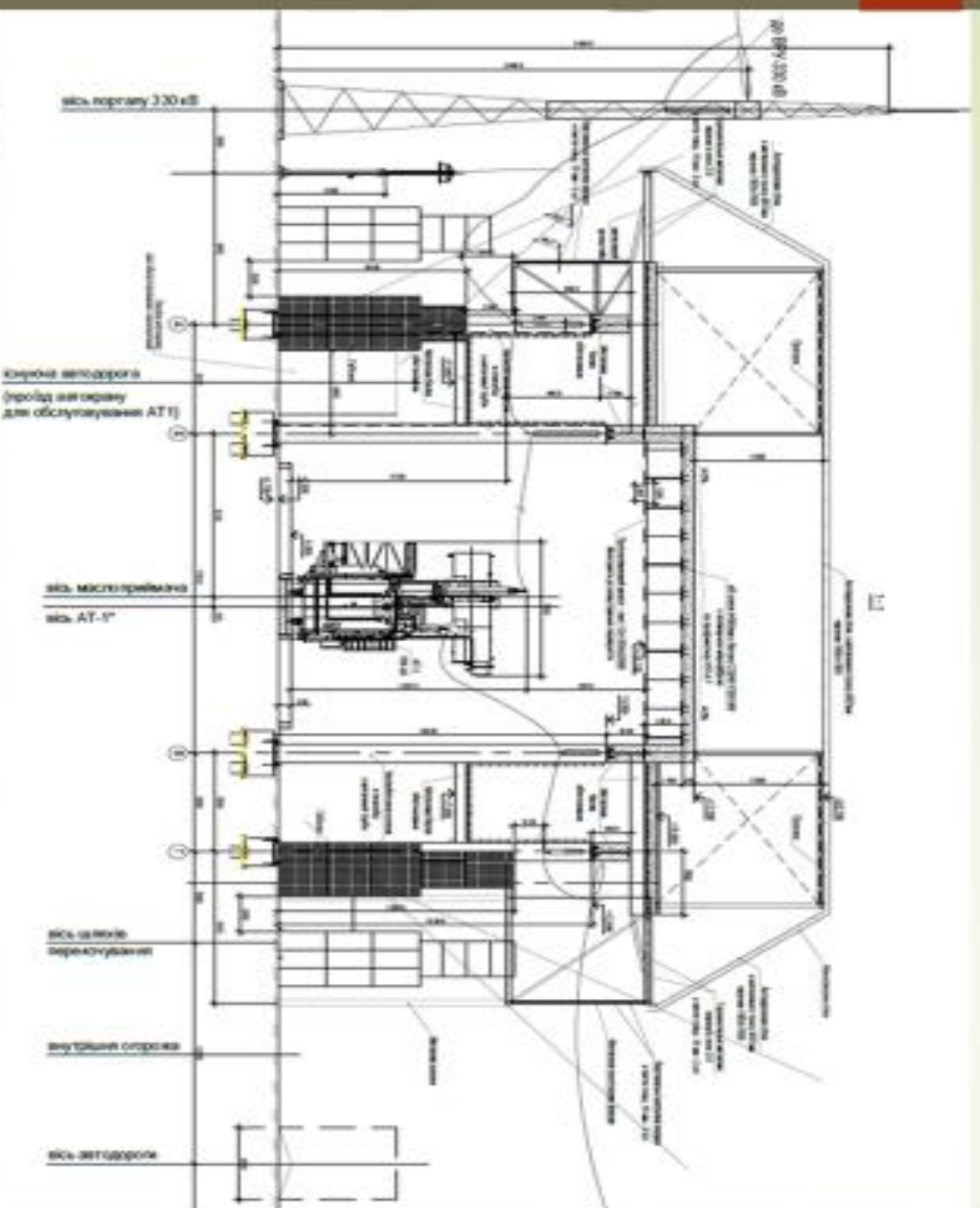
- Протиоскоковий захист
- «Тінь» для вибухової ударної повітряної хвилі
- Мінімізація уражень сусідніх елементів ОКІ
- Тепло та вогнезахист
- Візуальне маскування



Споруда другого рівня захисту типу Шелтер

Для існуючих будівель та споруд для наближення їх захисних властивостей до другого рівня, повинні бути застосовані один або декілька із наступних заходів:

- підсилення перекриттів та покриттів шляхом підведення додаткових рам та листів із металу і деревини, підсилення колон та стін каркасів;
- заповнення просівів захисними елементами;
- встановлення виносних та окремо розташованих предетонаційних екранів;
- улаштування спеціальних внутрішніх споруд, що захищають критичні елементи від падіння решток горизонтальних конструкцій будівель;
- у разі необхідності, закриття стін металевими листами, в тому числі із використанням бронелистів.



Підземні підстанції



Приклад

Підземна підстанція Park Above Анахайм, США здатна обслуговувати 25 000 поточних і майбутніх побутових споживачів. Вона використовує найсучасніші технології при проектуванні підстанції з розподільчими пристроями з електризованою ізоляцією, що зменшує необхідний простір для підстанції приблизно до 30 відсотків від конструкції звичайної станції.

Переваги: найбільший ступінь захисту, маскування, економія надземної площі.
Недоліки: Значна вартість , складність експлуатації, нижча пропускна спроможність.

Енергозві вимикачі

характеристики автоматичних вимикачів SF₆, які демонструють їх ефективність.

- Можливість отримати найвищу продуктивність, до 63 кА, зі зменшеною кількістю дугогасильних камер.
- короткий час перерви від 2 до 2,5 циклів;
- висока електрична стійкість, що дозволяє забезпечити принаймні 25 років експлуатації без ремонту;
- можливі компактні рішення при використанні розподільних пристроїв з енерговою ізоляцією або гібридних розподільних пристроїв;
- інтегровані замкаючі резистори або синхронізовані операції для зменшення перенапруг перемикання;
- надійність і доступність;
- низький рівень шуму;

General Electric GL318 (Рис.2.19)

Номинальна робоча напруга 750 кВ

Номинальний робочий струм до 4000 А

Номинальний струм вимкнення КЗ 50 кА

Температура експлуатації -40...+40°C



рис. 2.19 GL312

General Electric GL312 (Рис.2.18)

Номинальна робоча напруга 110 кВ

Номинальний робочий струм до 3150 А

Номинальний струм вимкнення КЗ 40 кА

Температура експлуатації -40...+40°C



рис. 2.18 GL312

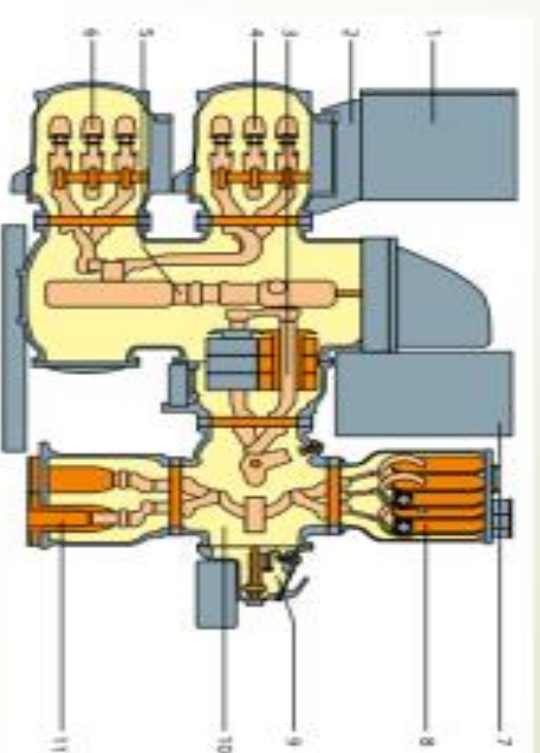
Комплектні розподільчі

установки

Комплектний розподільчий пристрій з елегазовою ізоляцією (КРУЕ) - це металевий розподільчий пристрій, в якому в якості основної ізоляції між струмоводами частинками і заземленим металевим корпусом використовується газ, SF₆. Газ забезпечує високу діелектричну міцність, високу термичну стабільність і відмінні властивості дугогасіння.

Основні компоненти КРУЕ включають: вимикачі, роз'єднувачі, шини, заземлювальні пристрої, обмежувачі перенапруги. Всі ці компоненти укладені в металевий корпус, який заповнений газом SF₆ під певним тиском. Корпус розділений на кілька відсіків, які відокремлені газонепроникними перегородками.

Приклад КРУЕ Siemens AG 8DB8



1. Вбудована шafa керування
2. Консоль керування шafи керування
3. Трансформатор струму
4. Збрана шина II з роз'єднувачем і заземлювачем
5. Дутогасильна камера силового вимикача
6. Збрана шина I з роз'єднувачем і заземлювачем
7. Пружинний привід з системою керування вимикачем
8. Трансформатор напруги
9. Швидкодіючий заземлювальний пристрій

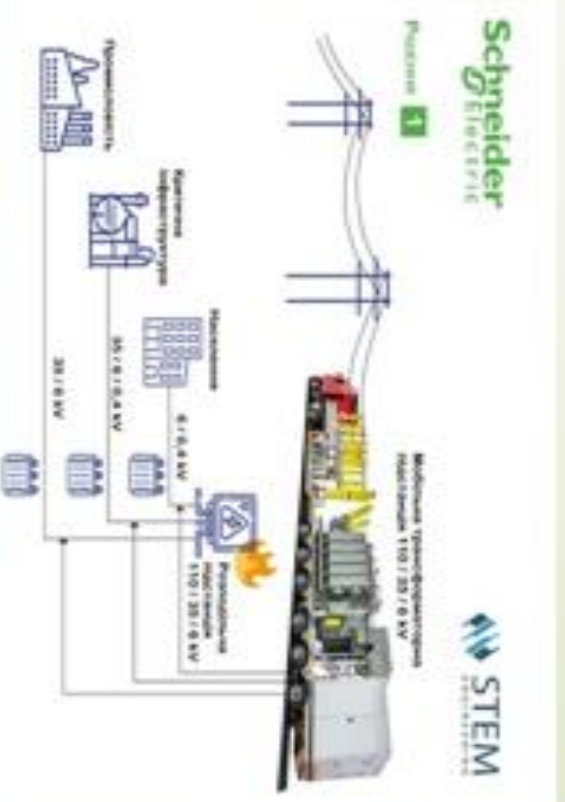
Мобільні підстанції

Мобільні підстанції - це ти системи розподілу електроенергії, яку можна швидко і легко транспортувати і встановлювати в різних місцях.

Вони використовуються для забезпечення тимчасового або аварійного електропостачання в районах, де мережа недоступна або пошкоджена.

Мобільні підстанції складаються з різних компонентів, змонтованих на причепі, рамі або контейнері, які можна переміщати автомобільним, залізничним, морським або повітряним транспортом.

До складу мобільних підстанцій входять силові трансформатори, розподільні установки як відкриті чи закриті так і комплектні залежно від класу напруги ВН підстанції, вимикачі, вимірювальні трансформатори, розрядники, перенатрут, засоби захисту та керування, допоміжні системи живлення змінного та постійного струму та керування



ВИСНОВОК

Отже у даній роботі були наведені та проаналізовані як типові так і альтернативні рішення щодо відбудови електричних підстанцій.

До альтернативних рішень відносяться спорудження підземних підстанцій, використання новітнього обладнання такого як електричні вимикачі та комплектні розподільчі установки, а також мобільні підстанції. Були наведені приклади та переваги й недоліки всього перерахованого обладнання.

Також проведено розрахунок переведення мережі 6 кВ на напругу 20 кВ.



Дякую за увагу

