

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ПРОЕКТУВАННІ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПІДСТАНЦІЙ

У статті розглянуто питання застосування сучасного обладнання при будівництві та модернізації електричних підстанцій.

Проаналізовано сучасний стан обладнання електричних підстанцій. Показано, що більше половини обладнання відпрацювало свій технічний ресурс. Значно зріс відсоток відмов через старіння.

Описано сучасні тенденції в проектуванні та нові концепції спорудження і монтажу електричних підстанцій. Розглянуто комплектно-блочну технологію будівництва електричних підстанцій. Представлено досвід реконструкції підстанцій в Європі. Порівняно технології ВРП, ГРПЕ та КРПЕ.

Охарактеризовано основних постачальників обладнання для електричних підстанцій в Україні. Описано варіанти використання елегазового обладнання. Приведено концепції закритої модульної конструкції та «гібридних модулів».

Представлено поступові зміни традиційної для ОЕС України схеми «дві робочі системи шин з обхідною системою шин» в залежності від вибору комутаційних апаратів. Надано нові схемні рішення для підстанцій на відпайках. Проаналізовано переваги та недоліки представлених схем.

Ключові слова: електрична підстанція, проектування підстанцій, сучасні тенденції, світовий досвід, однолінійна схема, сучасне обладнання, ГРПЕ, КРПЕ.

Вступ.

Більша частина підстанцій України була побудована ще у 80-тих, 90-тих роках минулого сторіччя і фізично та морально застаріла. Зокрема 60% обладнання електричних підстанцій вже відпрацювало свій технічний ресурс. Протягом останніх років знос обладнання підстанцій знаходиться на критичному рівні. Це відноситься як до розподільних пристроїв змінного, так і постійного струму. Відсоток відмов технічних засобів на ряді залізниць через старіння досягає 35 - 45% від загальної кількості.

Кількість стаціонарних тягових підстанцій з напругою 220 кВ складає 1 підстанція, 154-110 кВ – 197 одиниць, 20-35 кВ – 80 одиниць, 16 тягових підстанцій постійного струму мають напругу 6-10 кВ [1].

Один з напрямів удосконалення господарства електропостачання – електричні підстанції нового покоління для живлення різних систем електричної тяги.

За останні десятиліття промисловістю освоєно випуск високонадійного сучасного електротехнічного обладнання (виробництва Siemens, АВВ та ін.) [2], яке практично не вимагає обслуговування (догляду) протягом усього терміну служби. Однак, застосування таких електроапаратів призводить не тільки до збільшення надійності РП підстанцій, а й до значного зростання їх вартості.

Правильно вибрати пріоритети досліджень в цій області дозволяє аналіз існуючих схемних рішень РП, техніко-економічного обґрунтування і методик оцінки показників надійності.

Мета та завдання досліджень. Мета. Провести комплексний аналіз схемотехнічних рішень для будівництва нових та модернізації існуючих підстанцій

Завдання. Дослідити сучасні тенденції в проектуванні електричних підстанцій. Розглянути нові концепції спорудження і монтажу електричних підстанцій. Проаналізувати світовий досвід в області компоновки однолінійних схем та застосування сучасного обладнання. На основі комплексного аналізу зробити висновки про переваги та недоліки представлених схем та представити критерії вибору тієї чи іншої схеми та відповідного обладнання.

Матеріал і результати досліджень.

Один з напрямів удосконалення господарства електропостачання – електричні підстанції нового покоління для живлення різних систем електричної тяги. На сьогоднішній день розроблені та продовжують вдосконалюватися нові концепції спорудження і монтажу електричних підстанцій.

Застосовується комплектно-блочна технологія, яка дозволяє в значному ступені подолати існуючі проблеми. Сутність такої технології заключається в тому, що на одному підприємстві здійснюється дослідження та конструювання, проектування, виробництво, монтаж, наладка, сервісне та гарантійне обслуговування. В основу комплектно-блочної технології покладена концепція створення не обслуговуваної підстанції без постійного експлуатаційного персоналу, яка базується на наступних принципах:

- використання при спорудженні нових і реконструкції діючих підстанцій високонадійного обладнання, що не потребує постійної присутності чергового персоналу та технічне обслуговування якого мінімальне;

- застосування засобів автоматизації та функціональної діагностики всього обладнання підстанції, що дозволяє перейти від обслуговування «по регламенту» до обслуговування «за потребою».

При будівництві підстанції необхідно забезпечити:

- значне підвищення техніко-експлуатаційних, енергетичних та економічних показників роботи підстанції;

- мінімізацію затрат на спорудження (реконструкцію) будівлі підстанції;

- врахування реальних рівнів завантаження ділянок залізниці;

- забезпечення вимог екологічності та електромагнітної сумісності;

- електробезпеку.

Результатом реалізації такого підходу являється не просто розробка нового комплексу обладнання для підстанції, але і впровадження нових технологій електрифікації та реконструкції, що охоплюють всі етапи:

- автоматизоване проектування системи тягового електропостачання для конкретної ділянки;

- виготовлення та наладка обладнання в умовах сучасного виробництва, монтаж на місці експлуатації та мінімізація технічного обслуговування при експлуатації.

Для реалізації перерахованих цілей необхідно вирішити наступні основні технічні задачі:

1. Впровадження обладнання, що не потребує постійної присутності чергового персоналу та дає можливість зосередити обслуговування кваліфікованим персоналом, оперативне управління в центрах (залізничних вузлах та великих населених пунктах) з розвинутою інфраструктурою.

2. Спрощення схем головних електричних з'єднань підстанції, що визначають кількість обладнання, режим його роботи та основні енергетичні показники.

3. Визначення переліку основних силових компонентів та їх конструктивного виконання, що дозволить знизити витрати, забезпечити високі гарантійні строки та мінімізувати або виключити технічне обслуговування.

4. Розробка схем вторинних кіл на основі мікропроцесорних фідерних терміналів, що виконують всі функції на даному приєднанні, включаючи діагностику стану силового обладнання та самодіагностику.

5. Організація високонадійної системи управління підстанцією, що забезпечує роботу без постійного чергового персоналу, доступність та достовірність інформації про технічний стан обладнання.

6. Визначення оптимальної технології проведення всіх робіт при умові забезпечення безперебійного електропостачання.

Вирішення поставлених вище задач дозволить:

- знизити втрати електроенергії в системі тягового електропостачання та підвищити енергетичні показники системи;

- скоротити витрати на технічне обслуговування за рахунок оптимізації трудових, енергетичних та матеріальних ресурсів;

- підвищити надійність функціонування всього обладнання і безпеку персоналу.

Світовий досвід показує, що складовими реалізації малолюдної технології являються:

1. Впровадження систем тягового електропостачання, що забезпечує мінімальну кількість опорних підстанцій з прив'язкою їх до об'єктів інших служб або великих населених пунктів. На лінії повинні залишитись максимально спрощені електроустановки, що не потребують технічного обслуговування.

2. Використання високонадійного електрообладнання, що не потребує планово-попереджувального ремонту протягом встановленого строку служби або постійної присутності чергового персоналу.

3. Максимальна автоматизація процедур обслуговування, яка досягається шляхом створення автоматизованих систем управління технологічними процесами.

4. Високоєфективна інфраструктура експлуатації та технічного обслуговування підстанцій.

Сьогодні, завдяки росту надійності окремих компонентів електрообладнання та появи сучасних матеріалів, це стає можливим практично.

Зі сторони створення електричної схеми відсутня різниця між традиційними Відкритими Розподільчими Пристроями - ВРП (AIS) та Комплектними Розподільчими Пристроями Елегазовими - КРПЕ (GIS) і Гібридними Розподільчими Пристроями Елегазовими - ГРПЕ (MTS).

Досвід експлуатації показує, що імовірність втрати одного приєднання для КРПЕ в 4,9 разів менша, ніж для ВРП, а системи шин – в 14,5 разів менша.

Капітальні ремонти обладнання КРПЕ, ГРПЕ проводяться за напрацюванням, наприклад, для вимикачів – 10 000 комутацій при номінальному струмі відключення або 20 – 25 комутацій при повному струмі к.з. Відповідно до статистичних даних такий випадок настає десь через 18 – 20 років експлуатації сучасних КРПЕ, ГРПЕ. При очікуваному терміні служби 50 років – капітальний ремонт можливий (але не обов'язковий) всього 1 раз протягом всього періоду експлуатації КРПЕ, ГРПЕ.

За даними проведення реконструкції підстанцій в Східній Європі в період 2008 – 2020 р.р., початкові витрати на:

- проектування,

- забезпечення приладами РЗ і ПА,

- монтаж і введення в експлуатацію ПС

для технологій ВРП, ГРПЕ та КРПЕ мають однаковий порядок, при цьому високовольтні компоненти КРПЕ приблизно в 3 рази дорожчі ніж аналогічні компоненти ВРП, але вартість будівельних робіт для ВРП майже в 4 рази вища ніж для КРПЕ.

Якщо враховувати вартість опор, порталів, ошиновки і заземлюючих пристроїв, розхідних матеріалів (зокрема кабельної продукції) та витрати на додаткове проєктування для створення тимчасових схем під час реконструкції, то КРПЕ може бути всього лише на 40-50% дорожче ніж ВРП. Проте, впродовж терміну експлуатації (30 років і більше) досягається значна економія в експлуатаційному та ремонтному обслуговуванні обладнання КРПЕ.

Обладнання розподільчого пристрою 110-150кВ з використанням гібридних модулів (PASS виробництва ABB, Hураст виробництва GE тощо) буде коштувати на 10-15% дорожче від використання традиційного (AIS) обладнання, проте вартість будівельно-монтажних робіт нижча. В процесі 20-ти річного циклу експлуатації, як свідчать матеріали CIGRE, гібридний розподільчий пристрій (ГРПЕ) буде дешевшим на 20%. Особливо серйозно проблема надійності проявляється у випадках, коли обладнання з різними показниками надійності опиняється на одному об'єкті, наприклад, в ході реконструкції [3].

На сьогодні існує різноманітний вибір обладнання розподільчих пристроїв електричних підстанцій, які постачаються як заводами України, так і заводами іноземних фірм. Обладнання постачається повністю укомплектованим, відрегульованим, випробуваним в заводських умовах і має максимальну готовність до монтажу. Коротко охарактеризуємо основних постачальників.

ВАТ Ровенського заводу високовольтної апаратури «РЗВА» - найбільше підприємство по виробництву високовольтної комутаційної апаратури від 6 до 110 кВ в Україні. На основі сучасної технології з використанням комплектуючих виробів різних фірм ВАТ «РЗВА» виробляє високоякісні економічні в експлуатації апарати на напругу від 6 до 110 кВ.

Розподільний пристрій виробництва фірми SIEMENS. Фірма SIEMENS є одним з найбільших і сучасних концернів світу, що займає провідні позиції у області електротехніки і електроніки. Починаючи з 1997 г на ринку України працює дочірнє підприємство «Сіменс Україна», українське підприємство з німецьким капіталом. Все електроустаткування, що постачається, на класи напруги від 6 кВ до 750 кВ добре зарекомендувало себе в українських експлуатаційних умовах.

Комплектний розподільний пристрій (КРП) виготовлення фірми SIEMENS є газоізолюваною системою з вакуумним вимикачем, з робочою і запасною шинами, у яких є приєднання для тягових потреб, для власних потреб і для компенсації. Кожна з підстанцій має живлячі лінії контактної мережі в обидва напрямки. Кожна з цих ліній споживається від робочої шини і резервується від запасної. Збірні шини мають подвійне подовжнє секціонування, яке дозволяє здійснювати електропостачання в аварійних режимах. У разі потреби можливо від однієї тягової підстанції живити дві прилеглі ділянки.

У якості трансформаторів власних потреб на нових підстанціях використовуються більш надійні сухі трансформатори [4], встановлені в приміщеннях підстанцій. Власні потреби постійного струму одержують живлення від сучасних герметичних акумуляторних батарей, що не потребують обслуговування. Батареї експлуатуються при підтримці постійної напруги підзаряду з двома зарядно-підзарядними агрегатами і призначені для довгого періоду роботи. Вони можуть працювати в циклічному режимі, дозволяючи глибокий розряд.

Створений компанією ABB T&D елегазовий комутаційний комплекс PASS MO – результат багаторічних досліджень і розробок, результат багаторічного досвіду виробництва і експлуатації високовольтних підстанцій фахівцями компанії. Конструкція комірок дозволяє реалізувати всі можливі схеми розподільчих пристроїв.

Модуль PASS дозволяє виконати будь-яку компоновку підстанції найефективніше використовуючи займану площу. Компактність підстанції гарантована багатим досвідом у області досліджень і розробок, виробництва і експлуатації розподільчих пристроїв.

Основні характеристики PASS, це його компактність і модульна конструкція, яка дозволяє увімкнути декілька функцій у одному модулі:

- введення, під'єднувані до однієї або двох збірних шин;
- силовий вимикач;
- один або декілька комбінованих роз'єднувачів / заземлювачів;
- трансформатор струму.

В PASS MO всі частини, що знаходяться під напругою, за винятком збірних шин, укладені в заземлений алюмінієвий корпус, заповнений стислим елегазом. Кожен полюс знаходиться в окремому корпусі. Таким чином досягається максимальна готовність і безпека. Кожен корпус виконаний з відлитих або сварних алюмінієвих конструкцій. Компактна конструкція PASS MO забезпечується завдяки відмінній якості ізоляції елегазу.

Хоча основним елементом підстанції є трансформатор, головна увага в процесі експлуатації приділяється комутаційним апаратам. Вимикачі вимагають частих ремонтів, тому головна функція

конфігурації схеми підстанції полягала в забезпеченні безпечного доступу до вимикача, обладнавши його роз'єднувачами із заземлюючими ножами. Такий підхід, на жаль, часто застосовується для реконструкції підстанцій і сьогодні, з використанням в проєктах реконструкції обладнання світових брендів, яке вже десятки років експлуатується в Європі та світі і продемонструвало високу надійність в роботі.

Для сучасних вимикачів рекомендований міжремонтний інтервал становить 15 років і більше, в той же час, роз'єднувачі мають значно коротший міжремонтний інтервал. Функція роз'єднувача потрібна і сьогодні, але, в першу чергу, для трансформаторів і ліній, а не для відокремлення вимикачів.

Удосконалення розподільчих пристроїв, враховуючи все довші міжремонтні періоди, базується на концепції закритої модульної конструкції («sealed for life»).

Впровадження автоматизованих систем керування підстанцій, удосконалення високовольтних вимикачів призвело до зміни принципів побудови схеми підстанції

Коло потужності через підстанцію можна розділити на три основні частини: лінія, розподільчі пристрої та силові трансформатори. Лінії та силові трансформатори мають відносно високі вимоги до технічного обслуговування. Вони є основною причиною вимкнень для техобслуговування на підстанціях, що працюють в радіальних схемах. У таких випадках обслуговування комутаційного обладнання має другорядне значення.

В замкнутих схемах вирішальними факторами є обладнання розподільчого пристрою (вимикачі, роз'єднувачі тощо), а також конфігурація підстанції.

Головною причиною неготовності певної частини підстанції є плановий ремонт. Існуючі повітряні вимикачі механічно та електрично складні, тому потребують значного обсягу технічного обслуговування. Основна увага зосереджена на тому, як відокремити вимикач для технічного обслуговування та зберегти інші частини підстанції в роботі. Відповідно, підстанції були побудовані з вимикачами та кількома (двома, трьома) роз'єднувачами для ізоляції вимикача, а також з обхідною системою шин, що забезпечують легкий доступ до обслуговування. Системи багаторівневих шин вимагають більшої кількості звичайних роз'єднувачів і простору і, отже, збільшується потреба в обслуговуванні комутаційних апаратів та знижується готовність.

Концепція «гібридних модулів» (MTS) стосується інтеграції різних функцій високовольтного обладнання в комірці підстанції – єдиному модулі з елегазом в якості ізоляції, тобто подібно до комплектного елегазового розподільчого пристрою (GIS). Технологія називається «гібридною», оскільки зв'язок між різними модульними комірками реалізовано в повітрі, як і в технології відкритого розподільчого пристрою (AIS).

Таким чином, ми маємо вимикачі, роз'єднувачі, заземлювачі, вимірювальні трансформатори напруги та обмежувачі перенапруги в відсіках, ізольованих елегазом. Трансформатори струму знаходяться поза елегазовим відсіком.

Гібридний модуль (рис. 1) має високовольтні вводи, які підключені до шин (гнучких або жорстких) ВРП, а з іншого боку – до трансформатора або повітряної лінії, в залежності від випадку застосування [3].

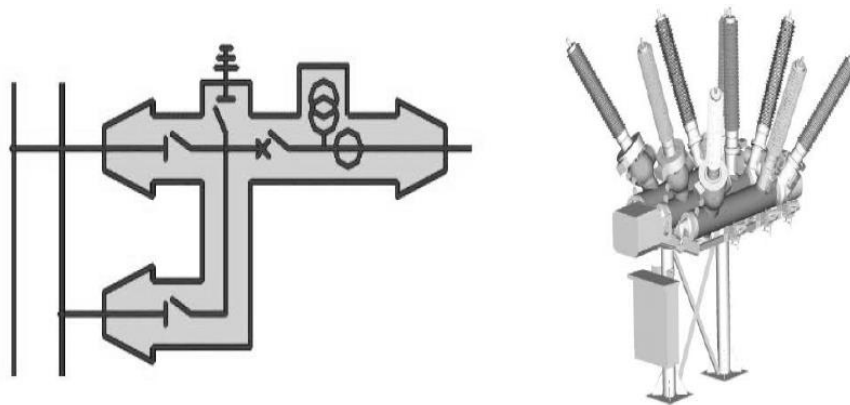


Рисунок 1 – Гібридний модуль 110(150)кВ

У світовій практиці зміна принципів проєктування дала можливість поєднати функцію роз'єднання з вимиканням в одному корпусі, створивши, таким чином, новий модуль «вимикач - роз'єднувач». Завдяки тому, що контакти роз'єднувача знаходяться в захищеному середовищі елегазу (SF₆), функція роз'єднувача має високу надійність. Інтервал між обслуговуванням збільшується, підвищується тим самим загальна експлуатаційна готовність підстанції і зменшуються ремонтно-експлуатаційні витрати.

На рис. 2 представлено поступові зміни традиційної для ОЕС України схеми «дві робочі системи шин з обхідною системою шин» в залежності від вибору комутаційних апаратів. Для повітряних вимикачів з короткими міжремонтними періодами життєво необхідна обхідна система шин і обхідний вимикач (а на

великих підстанціях навіть два ОБ), щоб запобігти відключенню лінії або трансформатора на час обслуговування вимикача. В разі використання елегазових вимикачів відпадає необхідність обхідної системи шин (міжремонтний інтервал вимикача 15 років і більше). Найслабшою ланкою залишаються роз'єднувачі, міжремонтний інтервал яких не перевищує 2-3 роки. Необхідно створювати ремонтні схеми для обслуговування роз'єднувачів. Щоб уникнути цього, застосовуються гібридні модулі з однаковим міжремонтним періодом для всього обладнання модуля [3].

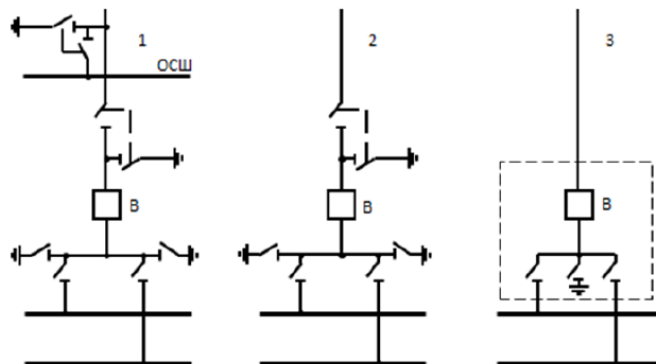


Рисунок 2 – Трансформація схеми «дві робочі і обхідна системи шин»:
1 – повітряний вимикач, 2 – елегазовий вимикач, 3 – модуль гібридного РП

На сьогоднішній день проектними інститутами прийняті типові схеми підстанцій, але, як було зазначено вище, такі схеми мають ряд недоліків. На сьогоднішній день розроблені нові схемні рішення. Нижче розглянемо РП живлячої напруги для ТП на відпайках [5]. У схемі ТП на відпайках запропоновано перенести трансформатори напруги $TV1$ і $TV2$ від перемички за вимикачі $Q1$ і $Q2$, на ділянку приєднання знижувальних трансформаторів (рис. 3). Це пов'язано з тим, що вимірювальні трансформатори напруги в РП живлячої напруги ТП на відпайках призначені тільки для обліку електроенергії

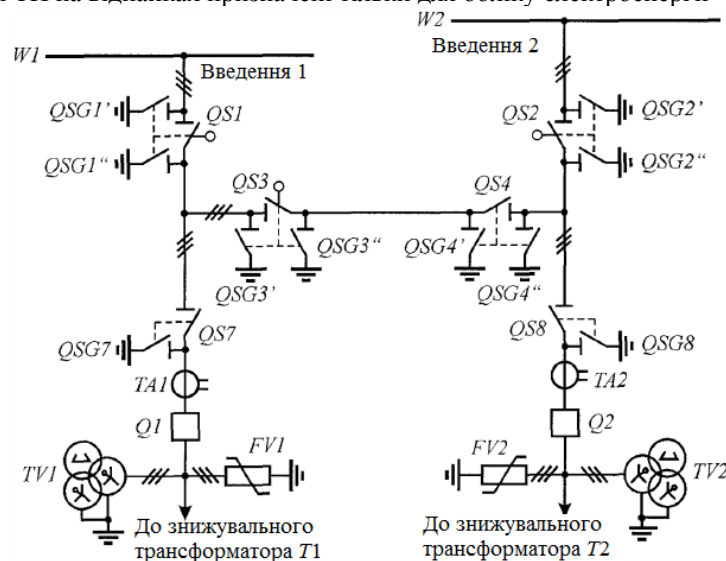


Рисунок 3 – Схема РП живлячої напруги ТП на відпайках з перемичкою на окремо розташованому обладнанні

Таке підключення дозволило відмовитися від роз'єднувача в колах підключення трансформаторів напруги, так як вони будуть виводитися в ремонт разом із знижувальним трансформатором. Крім цього, при такому підключенні трансформатори напруги захищені відповідно вимикачами і обмежувачами перенапруг $FV1$ та $FV2$.

Так як типова схема ТП на відпайках призначена для живлення двох знижувальних трансформаторів і має два введення підключених до різних ліній живлення, то доцільно мати РП живлячої напруги, що складається як мінімум з двох комірок на інтегральному силовому обладнанні. У цьому випадку вони резервували б один одну і виводилися в ремонт разом із знижувальним трансформатором, до якого вони підключені.

У зв'язку з цим була прийнята для проектування схема, що складається з двох комірок на інтегральному силовому обладнанні типу $1Q + 3QS$ (один вимикач і три роз'єднувача), яка зображена на рис. 4.

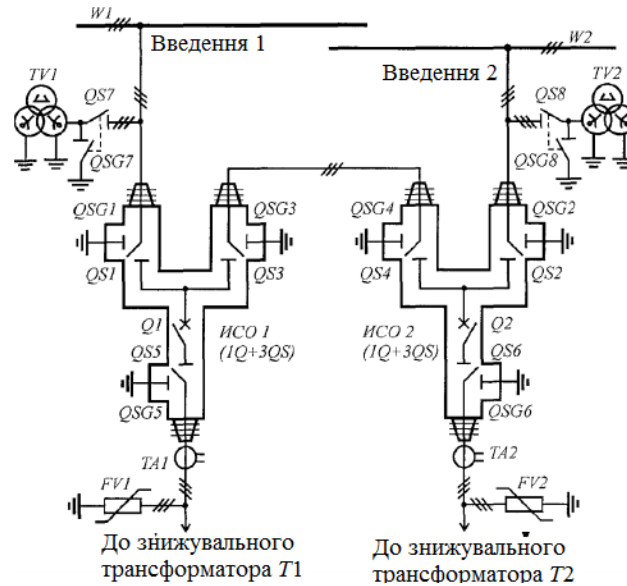


Рисунок 4 – Типова схема РП живлячої напруги ТП на відпайках на інтегральному силовому обладнанні

Дана схема має таку ж гнучкість, що і типова схема. Так роз'єднувачі $QS1$, $QS2$ служать для виведення в ремонт лінії $W1$ або $W2$, роз'єднувачі $QS3$, $QS4$ – для виведення в ремонт відповідно другої або першої комірки на інтегральному силовому обладнанні, вимикачі $Q1$, $Q2$ – для захисту знижувальних трансформаторів.

Додатково в схему введено окремо розташоване обладнання, а саме роз'єднувачі $QS5$, $QS6$. Вони призначені для забезпечення видимого розриву кола при виведенні в ремонт знижувального трансформатора (наприклад $T1$), коли лінія $W2$, яка живить інший трансформатор $T2$, відключена. При цьому живлення трансформатора $T2$ буде здійснюватися від лінії $W1$ по колу $QS1$, $QS3$, $QS4$, $Q2$, $QS6$.

Однак даній схемі властиві й деякі недоліки. Так, наприклад трансформатори напруги $TV1$ ($TV2$), які на ТП на відпайках необхідні тільки для обліку електроенергії, включені через звичайні роз'єднувачі $QS9$ ($QS10$), які являються обладнанням, що вимагає обслуговування. Крім цього, обмежувачі перенапруг $FV1$ ($FV2$) захищають у РП живлячої напруги тільки силові трансформатори $T1$ ($T2$), а трансформатори напруги $TV1$ ($TV2$) не захищені від грозових і комутаційних перенапруг.

Тому була запропонована схема РП живлячої напруги без цих недоліків (рис. 5) [5].

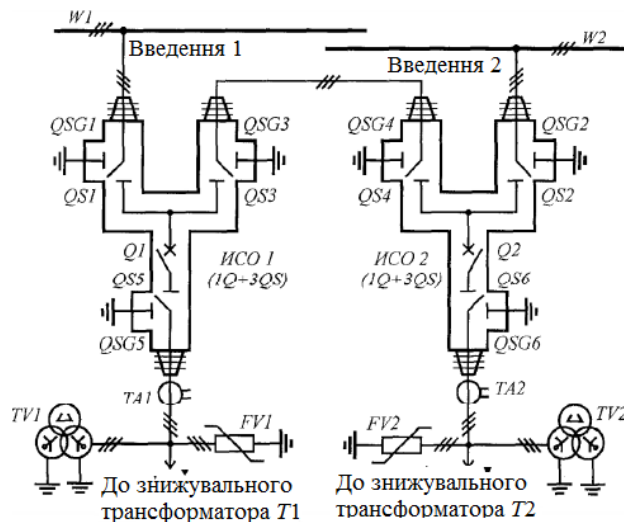


Рисунок 5 – Схема РП живлячої напруги ТП на відпайках з перемичкою на укрупнених комірках на інтегральному силовому обладнанні

Оцінка показників надійності [6] для представлених схем буде наступним етапом дослідження авторів статті.

Висновки.

1. Зі сторони створення електричної схеми відсутня різниця між традиційними Відкритими Розподільчими Пристроями - ВРП (AIS) та Комплектними Розподільчими Пристроями Елегазовими - КРПЕ (GIS) і Гібридними Розподільчими Пристроями Елегазовими - ГРПЕ (MTS). Досвід експлуатації показує, що імовірність втрати одного приєднання для КРПЕ в 4,9 разів менша, ніж для ВРП, а системи шин – в 14,5 разів менша. Капітальні ремонти обладнання КРПЕ, ГРПЕ проводяться за напрацюванням, наприклад, для вимикачів – 10 000 комутацій при номінальному струмі відключення або 20 – 25 комутацій при повному струмі к.з. Відповідно до статистичних даних такий випадок настає десь через 18 – 20 років експлуатації сучасних КРПЕ, ГРПЕ. При очікуваному терміні служби 50 років – капітальний ремонт можливий (але не обов'язковий) всього 1 раз протягом всього періоду експлуатації КРПЕ, ГРПЕ.

2. У світовій практиці зміна принципів проектування дала можливість поєднати функцію роз'єднання з вимикачем в одному корпусі, створивши, таким чином, новий модуль «вимикач - роз'єднувач». Завдяки тому, що контакти роз'єднувача знаходяться в захищеному середовищі елегазу (SF₆), функція роз'єднувача має високу надійність. Інтервал між обслуговуванням збільшується, підвищується тим самим загальна експлуатаційна готовність підстанції і зменшуються ремонтно-експлуатаційні витрати.

3. Проаналізовані варіанти виконання однолінійної схеми для тягової підстанції на відпайках. Кожна з представлених схем має свої переваги та недоліки. Рішення про використання тієї чи іншої схеми повинно прийматись після техніко-економічного розрахунку та визначення надійності схеми. Оцінка показників надійності для представлених схем буде наступним етапом дослідження авторів статті.

Список використаної літератури

1. Тягові підстанції електрифікованих залізниць: навч. посіб. / Т.І. Друбецька, А.М. Бойко. Київ: видавець ФОП Піча Ю.В. 2022. – 338 с.
2. Рішення АББ для розподільчих мереж. Каталог. АББ. Видання-2012. - 108 с
3. Реконструкція підстанцій. Світові тенденції., Ю.М. Бондаренко, В.М. Гомонай: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://cigre.org.ua/wp-content/uploads/2021/02/Реконструкція-підстанцій.-Світові-тенденції.pdf>
4. Сухі трансформатори. EcoDry: надфективний трансформатор сухого типу. Скорочує витрати за мінімальної дії на довкілля. Технічна інформація. АББ. 1LDE000076 rus Видання-2015. - 8 с
5. Шумаков К.Г. Удосконалення схемних рішень розподільчих пристроїв напруги живлення тягових підстанцій: дис. канд. тех. наук: 05.22.07/ Шумаков Костянтин Геннадійович. - Єкатеринбург, 2012. - 163с.
6. Надійність і діагностика пристроїв тягового електропостачання: Навч. посібник / В. Г. Кузнецов, О. Г. Галкін, О. В. Єфімов, О. О. Матусевич. - Дніпропетровськ : Маковецкий, 2009. - 248 с. :

T.I. Drubetska¹, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof., ORCID 0000-0002-8580-9719

K.M. Biltsan¹, student of the group EC2027

¹**Ukrainian State University of Science and Technologies**

CURRENT TRENDS IN DESIGN OF ELECTRIC SUBSTATIONS

The issue of using modern equipment in the construction and modernization of electrical substations is discussed in the article.

The current state of electrical substation equipment is analyzed. It is shown that more than half of the equipment has exhausted its technical resource. The percentage of refusals due to aging has increased significantly.

Modern trends in design and new concepts of construction and installation of electrical substations are described. The complete-block technology of construction of electrical substations is considered.

The experience of substation reconstruction in Europe is presented. ODD, MTS and GIS technologies are compared.

The main suppliers of equipment for electrical substations in Ukraine are characterized.

Variants of the use of electric and gas equipment are described.

Concepts of closed modular construction and "hybrid modules" are given.

Gradual changes to the traditional for the unified energy system of Ukraine scheme "two working bus systems with a bypass bus system" are presented, depending on the choice of switching devices.

New schematic solutions for substations on desolderings are provided (the RP scheme of the TP supply voltage on desolderings with a jumper on separate equipment; a typical RP scheme of the TP supply voltage on

desolderings on integrated power equipment, the RP scheme of the TP supply voltage on desolderings with a jumper on enlarged cells on an integral power equipment). The advantages and disadvantages of the presented schemes are analyzed. On the basis of a complex analysis, conclusions are made about the advantages and disadvantages of the presented schemes and the criteria for choosing one or another scheme and the corresponding equipment are presented.

Key words: *electrical substation, substation design, modern trends, world experience, single-line scheme, modern equipment, MTS, GIS.*

References

1. Traction substations of electrified railways: educational manual/ T.I. Drubetska, A.M. Boyko Kyiv: publisher of FOP Picha Yu.V. 2022. – 338 p.
2. ABB solutions for distribution networks. Catalogue. ABB. Edition-2012. - 108 c
3. Reconstruction of substations. World trends., Yu.M. Bondarenko, V.M. Homonai: [Electronic resource] - Access mode: <https://cigre.org.ua/wp-content/uploads/2021/02/Rekonstruktsiya-podstancij.-Svitovitendencii.pdf>
4. Dry transformers. EcoDry: super-efficient dry-type transformer. Reduces costs with minimal impact on the environment. Technical information. ABB. 1LDE000076 rus Edition-2015. - 8 c
5. Shumakov K.G. Improvement of schematic solutions of power distribution devices of traction substations: dissertation. Ph.D. technical Sciences: 05.22.07/ Kostyantyn Gennadiyovych Shumakov. - Yekaterinburg, 2012. - 163p.
6. Reliability and diagnostics of traction power supply devices: educational manual / V. G. Kuznetsov, O. G. Galkin, O. V. Yefimov, O. O. Matusevich. - Dnipropetrovsk: Makovetsky, 2009. - 248 p.

Надійшла 15.11.2022

Recieved 15.11.2022