

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук
Кафедра електроніки і енергетики

Реконструкція релейного захисту ПС 110/10 кВ

Дипломний проект

Рівень вищої освіти - перший (бакалавр)

Виконав: студент 4 курсу, групи 433
спеціальності 141 “Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Маді Р.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник Козярьський Д.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент доц. д.т.н, Політанський Р. Л.

(прізвище та ініціали)

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № ____

від „____” _____ 2020 р.

зав. кафедри _____ проф. Мар'янчук П. Д.

Чернівці 2020

ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

кафедра електроніки і енергетики

Пояснювальна записка
до дипломного проекту

на тему: Реконструкція релейного захисту ПС 110/10 кВ

Виконав: студент 4 курсу, групи 433
спеціальності 141“Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Маді Р.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник Козярьський Д.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент доц. д.т.н. Політанський Р. Л.

(прізвище та ініціали)

м. Чернівці – 2020 року

Зміст

Вступ

РОЗДІЛ I ОГЛЯД ВХІДНИХ ДАНИХ

- 1.1 Коротка характеристика об'єкту проектування
- 1.2 Існуюча схема. Необхідність реконструкції і технічного переозброєння
- 1.3 Загальні вимоги при реконструкції електроустановок
- 1.4 Технічні рішення при реконструкції ПС 110/10 кВ «Міська»
- 1.5 Загальна характеристика цифрових пристроїв захисту та автоматики
- 1.6 Структурна схема цифрового пристрою РЗА
- 1.7 Перетворення та зберігання інформації в цифровому пристрої РЗА
- 1.8 Мікропроцесорний диференційний захист трансформатора

РОЗДІЛ II. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ПС

- 2.1 Розрахунок електричних навантажень ПС 110/10 кВ «Міська»
- 2.2 Вибір силових трансформаторів
- 2.3 Структура ТРДН-40000/110/10
- 2.4 Розрахунок струмів короткого замикання
- 2.5. Вибір обладнання ВРП - 110 кВ
 - 2.5.1 Вибір вимикачів
 - 2.5.2 Вибір роз'єднувачів
 - 2.5.3 Вибір трансформаторів струму
 - 2.5.4 Вибір вимірювального трансформатора напруги
- 2.6 Вибір обладнання на стороні 10 кВ
 - 2.6.1 Вибір вимикачів на 10 кВ
 - 2.6.2 Вибір трансформатора струму 10 кВ
 - 2.6.3 Вибір трансформатора напруги

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

2.7 Вибір обмежувачів перенапруги

2.8 Вибір релейного захисту та автоматики підстанції ПС 110/10 кВ

«Міська»

2.8.1 Розрахунок уставок захисту трансформатора із застосуванням пристрою «Сіріус Т»

2.8.2 Розрахунок уставок диференціального захисту трансформатора

РОЗДІЛ ІІІ. ТЕХНІКО ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

3.1 Витрати на оплату праці та відрахування на соціальні потреби.

3.2. Витрати на заробітну плату

3.3. Додаткову заробітню плату

3.4. Матеріальні витрат на реалізацію проекту.

3.5 Транспортні витрати

3.6. Розрахунок сумарних витрат на електромонтаж системи електропостачання.

3.7 Розрахунок витрат на проектування схеми електропостачання.

3.8 Кошторис на монтаж схеми електропостачання

Висновок

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Вступ

Для України проблема електропостачання міст і промислових центрів має особливу значущість, оскільки велика частина її електричних ліній і споруд була збудована ще в другий половині ХХ ст., а вимоги до надійності систем електропостачання не завжди у повнім мірі виконуються.

На сучасному етапі потрібно підвищення надійності електропостачання міст в зв'язку з масовою багатоповерховою забудовою адміністративних і житлових районів міст, зростаючої електрифікацією побутової та комунальної сфер, зростанням різноманітності, одиничних потужностей і категорії електроприймачів.

Аналізуючи сучасні тенденції електрифікації комунально побутових і виробничих процесів в містах, слід зазначити, що надійність їх електропостачання повинна розглядатися як комплекс, що складається з таких одиничних властивостей, як безвідмовність, довговічність і безпеку. Очевидно, що безвідмовність на рівні абсолютно безперебійного електропостачання всіх районів забезпечити неможливо. Тому окремі короточасні погашення частини електроприймачів неминучі через випадкових відмов електрообладнання, від них електроприймачі повинні мати індивідуальний захист.

Підстанція 110/10 кВ «Міська» є одним з енерговузла, що входять в системоутворюючу міста. Реконструкція ПС 110/10 кВ «Міська» викликано необхідністю заміни застарілого електроустаткування і системи автоматичного управління. Метою даного роботи є - раціонально вибрати обладнання для реконструкції ПС 110/10 кВ «Міська».

Для вирішення поставленої мети необхідно провести розрахунок навантаження припадає на підстанцію, вибрати схему ВРП 110 кВ і вибрати обладнання ВРП 110 кВ і РП 10 кВ.

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

РОЗДІЛ І ОГЛЯД ВХІДНИХ ДАНИХ

1.1 Коротка характеристика об'єкту проектування

Підстанція 110/10 кВ «Міська» була введена в експлуатацію в 1979 році, підключена до енергосистеми шляхом спорудження ПЛ 110 кВ «Промислова-1» і ПЛ 110 кВ «Промислова - 2». Вона призначається для підключення частини споживачів і промислової зони даного району.

Напруга на вводи силових трансформаторів подається двома резервованими повітряними лініями ПЛ - 110 кВ: «Промислова - 1» і «Промислова - 2». Така схема дозволяє виконувати почерговий ремонт і реконструкцію вимикачів без відключення споживачів першої категорії.

Основне обладнання підстанція 110/10 кВ «Міська» випуску сімдесятих років, при цьому реконструкція підстанції протягом всієї експлуатації не проводилася.

На підстанції встановлені: Два двообмоткових трансформатора Т1 і Т2 - ТДН-25000/110 по стороні 110 кВ трансформатор Т1 живиться від ПЛ - 110 кВ «Промислова - 1», трансформатор Т2 - від ПЛ - 110 кВ «Промислова - 2».

1.2 Існуюча схема. Необхідність реконструкції і технічного переозброєння

Розглянемо докладніше існуючу схему ПС 110/10 кВ «Міська». ПС є понижуючою і має два напруги 110 і 10 кВ. на стороні 110 кВ передбачена схема «Два блоки 110 кВ з віддільниками в ланцюгах ліній і ремонтною перемичкою з двома роз'єднувачами (рисунок 1.1). ПС «Міська» є підстанцією з одностороннім живленням. Відповідно

із переходом до технології Smart Grid, на ПС 110/10 кВ «Міська», електричну схему з'єднань необхідно виконати за схемою 110-4Н «Два блоки з вимикачами і неавтоматичною перемичкою з боку ліній». Живлення 1 секції 10 кВ здійснюється від трансформатора Т1 через ввідний вимикач 10

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

кВ. Паралельна робота трансформаторів Т1 і Т2 при перемиканні навантаження, не допускається, так як даний режим роботи обумовлений збільшенням струмів КЗ в мережі 10 кВ. Регулювання напруги виконується за допомогою РПН.

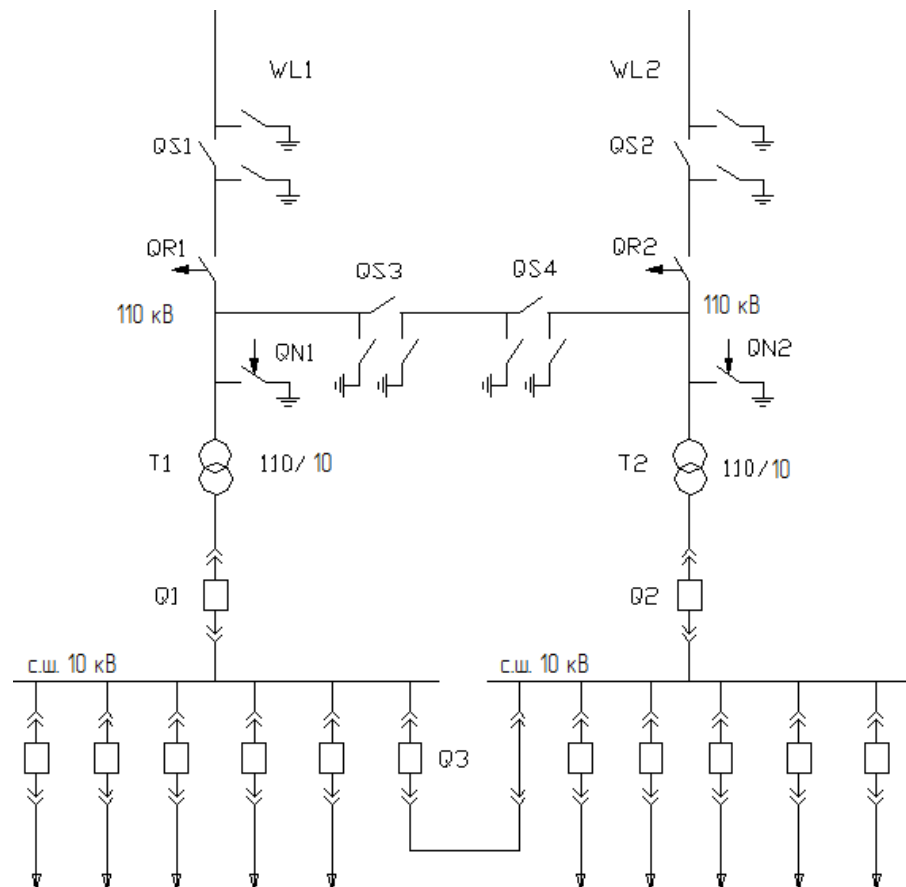


Рис. 1.1 Існуюча схема ПС 110/10кВ «Міська»

У ланцюзі повітряних ліній ПЛ - 110 кВ встановлено електротехнічне обладнання, необхідне для здійснення комутацій, а також відключень при виникненні аварійних ситуацій, а також для від'єднання комутаційних апаратів ПЛ - 110 кВ від збірних шин.

Силкові вимикачі розраховані на відключення робочих струмів і струмів короткого замикання. На стороні 10 кВ встановлені вимикачі: ВМК-10-20 / 630, які морально і фізично застаріли.

На ділянці схеми ДПП 10 кВ розташовані вимикачі: ВМК-10 20/630, які морально і фізично застаріли.

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Роз'єднувачі застосовуються при комутації під напругою, але без навантаження, а також для створення видимого розриву електричної мережі, що забезпечує безпеку оперативного-ремонтного персоналу при ремонтних роботах і оперативних перемиканнях. Для уникнення аварій між вимикачами і роз'єднувачами, встановленими на одній лінії електропередачі, застосовується система блокувань, яка запобігає комутації роз'єднувача при замкнутих контактах вимикача.

На стороні 110 кВ в схемі передбачені від'єднувачі і роз'єднувачі: ОД-110/400 і РНДЗ 2-110/400.

Для захисту від зовнішніх грозових перенапруг в мережі сторона 110 кВ обладнана роз'єднувачами РВС - 110/73 - 10; для захисту ізоляції нейтралі трансформаторів використовують РВС - 110/44 - 10; по стороні 10 кВ- РВС - 10/11. За новими нормами і правилами, згідно з ПУЕ, при реконструкції підстанцій замість розрядників повинні застосовуватися сучасні обмежувачі перенапруги ОПН.

РУ-10 кВ існуючої підстанції виконано схемою: "одна система збірних шин".

На підстанції де проводиться реконструкція ГПП (Головна понижуюча підстанція) в даний час функціонують два трансформатора типу ТРДН-25000/110 У1 потужністю 25 МВА, напругою 110/10 кВ.

Для забезпечення вимірювання в мережі 110кВ і 10 кВ струмів і напруг застосовують трансформатори струму і трансформатори напруги.

Таблиця 1.1 - Перелік вимірювальних трансформаторів 10 кВ

| $U_{\text{ном}}$, кВ | Т струму | Т напруги |
|-----------------------|------------|-------------|
| 10 | ТЛМ-10/600 | НАМИ-10/600 |

Так як схема РУ-10 кВ виконана в односекційній системі шин. Для обмеження струмів КЗ використовується роздільне функціонування секцій. В схемі передбачено СВ 10 кВ з системою АВР.

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Устаткування КРП-10 кВ морально і фізично застаріло, в зв'язку з цим в даному дипломному проекті буде розглянуто питання повної заміни обладнання ЗРП - 10 кВ.

Розподіл електричної енергії від ГПП здійснюється по КЛ і ПЛ електропередач 10 кВ.

Наявність АВР на шинах власних потреб забезпечує достатню надійність живлення ланцюгів оперативного струму. Живлення власних потреб (ВП) трансформаторної підстанції і ланцюгів 220 В, здійснюється від двох трансформаторів марки ТМ-250/10/0,23.

Територія понижуючих підстанції обнесена сітчастим парканом і частково ж / бетонними плитами.

До недоліків існуючої схеми можна віднести наступні моменти:

1. До основних конструкційних недоліків експлуатованих в даний час роз'єднувачів слід віднести погане регулювання контактної системи. Через низьку якість, система допоміжних контактів (КСА) практично не працює. У зв'язку з цим електричне блокування на більшості ПС виведена з роботи. Потрібні постійні експлуатаційні витрати на перевірку контактних з'єднань і підтримання контактів у нормальному стані.

2. Моторизовані приводи на напругу 110 кВ відсутні.

3. Для забезпечення захисту ізоляції від зовнішніх перенапруг в мережах застосовуються РВ. Після завершення періоду нормальної експлуатації захисні властивості розрядників знижуються, що погіршує захист від грозових перенапруг в 3 - 4 рази.

4. Існуюча схема «Два блока 110 кВ з віддільниками в ланцюгах ліній і ремонтною перемичкою з двома роз'єднувачами» не відповідає сучасним вимогам надійності.

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

5. Фізичний ізнос крім витрат на проведення планових ремонтів на об'єктах реконструкції, є також причиною високої аварійності і, відповідно, витрат на усунення наслідків аварій, викликаних відмовами.

Із вище перерахованих причин, виникає необхідність реконструкції і модернізації електроустаткування підстанції з метою підвищення надійності електропостачання та зниження витрат на ремонт і обслуговування устаткування.

1.3 Загальні вимоги при реконструкції електроустановок

Згідно обсягами реконструкції планується провести наступне:

- Реконструкція ВРП 110 кВ: заміна електротехнічного обладнання 110 кВ; заміна силових трансформаторів.
- Реконструкція РП 10 кВ: заміна комплектно розподільного пристрою на пристрої більш нового зразка.

Установка замість розрядників пристроїв обмеження перенапруг типу ОПН.

Реконструкція релейного захисту ПС 110/10 кВ.

1.4 Технічні рішення при реконструкції ПС 110/10 кВ «Міська»

Технічні рішення при реконструкції електричної частини і електросилового обладнання ПС 110/10кВ «Міська» необхідні для забезпечення підвищення надійності схеми підстанції:

- установка високовольтних вимикачів на стороні 110 кВ на відповідних ПЛ - 110 кВ;
- заміна застарілого обладнання на сучасне цифрове обладнання.
- До існуючого ЗРУ - 10 кВ ПС 110 кВ «Міська» приєднані ЛЕП, що забезпечують постачання електричної енергії особливо значущих споживачів.

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

При проведенні реконструкції ЗРП - 10 кВ необхідно дотримуватися наступних принципів:

Максимальне збереження в роботі всіх приєднань кабельних ліній і повітряних ліній 10 кВ;

Забезпечення видачі всієї необхідної потужності, відповідно до договірних обсягів і умов на технологічне приєднання;

Не припустимо використання комірок секційного вимикача СШВ - 10 кВ для тимчасового підключення приєднань;

Необхідно вибрати обладнання з урахуванням майбутніх заявок на тех. приєднання майбутніх споживачів та виданих тех. умов для споживачів по стороні НН 10 кВ;

Оптимальне використання території існуючої підстанції;

При проведенні реконструкції ВРП-110 кВ ПС рекомендувати до використання наступне обладнання:

1. Високовольтні колонкові елегазові вимикачі на 110 кВ;
2. Роз'єднувачі з двигунними приводами на головні і заземлюючі ножі;
3. ОПН-110 кВ.

При проведенні реконструкції ВРП-110 кВ рекомендувати використання модульної будівлі з комірками СЕЩ - 70 укомплектованими вакуумними вимикачами.

1.5 Загальна характеристика цифрових пристроїв захисту та автоматики

Останніми роками в енергосистемах України широко впроваджуються пристрої релейного захисту, виконані за *цифровими принципами*. За кордоном такі пристрої використовуються вже протягом більше двох десятиріч.

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Тому не дивно, що закордонні фірми, які займаються розробкою цифрових пристроїв релейного захисту та автоматики, мають суттєву перевагу порівняно з вітчизняними виробниками подібної техніки.

Порівняно з традиційними електромеханічними та напівпровідниковими пристроями релейного захисту, цифрові пристрої мають ряд суттєвих переваг, що робить їх застосування в енергосистемах на даний час практично безальтернативним. Основними з них є:

- більш висока точність відтворення заданих характеристик функціонування пристрою. У цілому, апаратна похибка цифрових захистів може досягати до 2%. Так, один із основних параметрів вимірювальних засобів захисту – коефіцієнт повернення – може мати значення 0,99. Досягнення такого значення коефіцієнта на напівпровідникових та електромеханічних реле потребує складних технічних рішень. Прикладом такого реле є захист від симетричного перевантаження статора генератора, виконаного на спеціальному реле РТВК. Це реле виконано на напівпровідникових елементах і дозволяє збільшити коефіцієнт повернення до 0,99. Проте воно дороге та громіздке. Висока точність відтворення характеристик захистів дозволяє змінити деякі параметри узгодження між захистами суміжних елементів електричної мережі. Наприклад, можна зменшити ступінь селективності для максимальних струмових захистів суміжних елементів мережі, що у свою чергу зменшить час їх спрацювання і, як наслідок, час ліквідації аварії;

- отримання характеристик будь-якої складності. Це особливо актуально для дистанційних захистів, вимірювальні засоби яких можуть мати які завгодно характеристики і враховувати будь-які особливості режимів, що можуть виникати в енергосистемі. При цьому зміна форми характеристик не потребує ніяких додаткових технічних переробок – вона змінюється на алгоритмічному рівні;

- запам'ятовування координат режиму під час спрацювання цифрового пристрою. Практично всі цифрові захисти запам'ятовують

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

координати режиму аварійного та доаварійного режиму, що дає змогу експлуатаційному персоналу здійснювати глибокий аналіз аварійних ситуацій, визначати причини аварії і на основі цього при необхідності уточнювати та змінювати характеристики захистів та автоматики;

- можливість змінювати конфігурацію пристрою. У процесі розвитку мережі може виникнути необхідність у зміні характеристик пристроїв захисту – змінити уставки, ввести або вивести з роботи деякі функції тощо. Такі зміни не потребують ніяких технічних витрат, тому що вони здійснюються на програмному рівні;

- універсальність. Ця особливість цифрових пристроїв в більшою мірою стосується розробників, а не експлуатації. Використовуючи універсальний процесорний модуль, відкоректувавши вхідні та вихідні кола, змінюючи алгоритм функціонування, можна створювати різні типи захистів та автоматики;

- значно менші габарити та менші затрати електротехнічних матеріалів. Один невеликий за розміром цифровий пристрій може замінити цілу групу складних реле, виконаних на напівпровідниках або електромеханічних елементах. Наприклад, напівпровідниковий дистанційний захист типу ПДЕ від міжфазних к.з. має дев'ять вимірювальних дистанційних пристроїв, кожен з яких виконаний у вигляді окремого модуля. В цифровому ж пристрої характеристики всіх цих вимірювальних пристроїв задаються на програмному рівні і реалізуються віртуально в процесорі;

- можливість самодіагностики. Алгоритми функціонування сучасних цифрових пристроїв захисту, особливо складних, обов'язково включають функцію самодіагностики, яка періодично здійснює контроль справності всіх складових пристрою – вхідних кіл, вихідних кіл, цифрових елементів і при виявленні несправностей робота пристрою блокується з автоматичним повідомленням про це черговому персоналу. Традиційні ж пристрої релейного захисту, особливо електромеханічні, такої можливості не мають, і є багато випадків в експлуатації, коли при виникненні аварії ці

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

реалізований алгоритм роботи конкретного захисту. У залежності від призначення пристрою та фірми виробника може бути застосований один процесор або кілька. Так, фірма АВВ надає перевагу багатопроцесорним системам, в яких кожен процесор виконує конкретні завдання алгоритму і ці процесори працюють паралельно. Це дозволяє забезпечити потрібну швидкодію та точність. Інші фірми застосовують однопроцесорні системи, що вимагає для забезпечення потрібних характеристик застосування більш потужних процесорів. Враховуючи важкі умови експлуатації пристроїв релейного захисту (на багатьох підстанціях ці пристрої працюють у неопалювальних приміщеннях), застосовують спеціальні процесори так званого індустріального виконання, які можуть працювати при температурі навколишнього середовища від мінус 30 °С до плюс 50 °С, відносній вологості до 80%.

Процесор має зв'язок з об'єктом захисту через кола *введення – виведення*. Вхідною інформацією є, як правило, *аналогові сигнали* – струми, напруги, температура тощо та *бінарні* – положення комутаційних апаратів, стан вихідних реле інших пристроїв релейного захисту та автоматики тощо. Вихідними сигналами цифрових захистів, як і інших захистів, є традиційно *бінарні сигнали*. Ці сигнали поступають після спрацювання цифрового захисту в кола управління та в кола сигналізації

1.7 Перетворення та зберігання інформації в цифровому пристрої РЗА

Цифрові сигнали від АЦП поступають у процесор, де вони обробляються за певним алгоритмом, реалізованим у вигляді програми. Сама програма зберігається в постійному запам'ятовуючому пристрої (*ПЗП*) (ROM – Read Only Memory – лише для читання). Це є програмований постійний запам'ятовуючий пристрій з енергонезалежною пам'яттю, тобто інформація в ньому зберігається навіть тоді, коли пристрій вимкнений від зовнішнього живлення.

Для зберігання результатів проміжних обчислень використовують оперативний запам'ятовуючий пристрій (*ОЗП*) (RAM – Random Access

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Memory – пам'ять з „випадковим” доступом). *ОЗП* має високу швидкодію, але не зберігає інформації після вимкнення зовнішнього живлення.

Уставки спрацювання захистів, які потрібно змінювати в процесі експлуатації, зберігаються в постійному програмованому запам'ятовуючому пристрої (*ППЗП*), який допускає багатократну зміну уставок. При цьому інформація про уставки зберігається після зникнення зовнішнього живлення.

На передній панелі пристрою розміщений *пульт управління (клавіатура)*, за допомогою якого можна задавати необхідний режим пристрою та змінювати уставки спрацювання.

Результати роботи пристрою та уставки відображаються на рідкокристалічному *індикаторі*, який також знаходиться на передній панелі пристрою. Після спрацювання пристрою замикаються вихідні контакти реле *KL1* та *KL2*.

1.8 Мікропроцесорний диференційний захист трансформатора

Диференційний захист трансформаторів включається на 3 комплекти трансформаторів струму, розташованих з трьох сторін трансформатора. Вирівнювання вторинних струмів за величиною і фазою проводиться захистом автоматично розрахунковим (програмним шляхом), для чого задаються загальні уставки виходячи з параметрів силового трансформатора і трансформаторів струму. Це дає можливість зібрати трансформатори струму з усіх боків у «зірку» з метою зниження навантаження вторинних ланцюгів і зменшення струму небалансу. Струм нульової послідовності також розраховується програмним шляхом, що забезпечує незалежність характеристик захисту від режиму нейтралі трансформатора. Захист має гальмівну характеристику пропорційного типу (відсоткове гальмування), за рахунок чого струм спрацювання захисту збільшується пропорційно збільшенню струму к.з. з метою надійної відбудови від наскрізних струмів к.з. і виключення зайвих спрацювань. Гальмівним струмом є найбільший струм, який підводять до реле по кожній фазі окремо. Гальмівна характеристика

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

складається з чотирьох ділянок (рис. 1.3), де I_d – диференційний струм; I_g – гальмовий струм, рівний найбільшому з трьох вторинних струмів): АВ – початкова ділянка, 1 ступінь диференціального струму (струм спрацювання захисту) незалежного від гальмівного струму; ВС – перша гальмівна характеристика при малих струмах к.з. до $2,5 I_n$, коли похибка трансформаторів струму мала. У точці В перша гальмівна характеристика перетинається з характеристикою початкової ділянки. Нахил Р1 даної характеристики починається від початку координат; CD – друга гальмівна характеристика при великих струмах к.з. понад $2,5 I_n$, коли великі похибки трансформаторів струму, що враховується великим нахилом Р2; DE – 2 ступінь диференціального струму незалежно від гальмівного струму.

Для відбудови диференційного захисту від кидків струму намагнічування при подачі напруги застосовується блокування струмом другої гармоніки, що дає підвищення чутливості захисту за рахунок вибору струму спрацювання диференційного захисту значно менше номінального струму трансформатору. Для запобігання помилкової роботи диференційного захисту від підвищеного струму намагнічування при перезбудженні (подача напруги на обмотку трансформатора значно вище номінального) застосовується блокування за струмом п'ятої гармоніки.

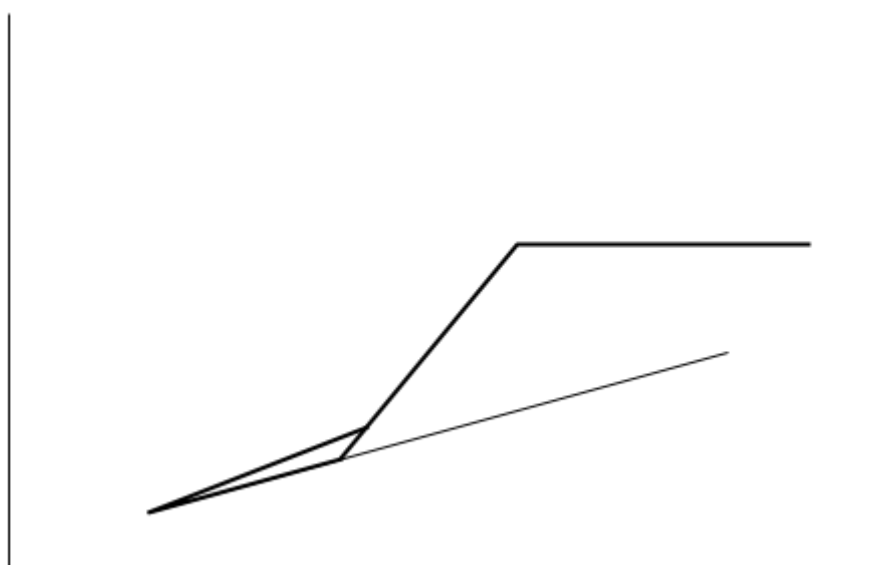


Рисунок 1.3 Характеристика диференційного захисту

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Реле градуйоване у відносних одиницях до номінального вторинного струму трансформаторів струму сторони ВН, прийнятої за основну. Вторинні струми інших сторін перераховуються до основної сторони автоматично. Реле відбудовані від кидка струму намагнічування. При виборі коефіцієнта гальмування Р1 першої ділянки характеристики в зоні малих струмів к.з. вважається, що похибка трансформаторів струму з урахуванням перехідних процесів при зовнішніх к.з. не перевищує 5 %. При виборі коефіцієнта гальмування Р2 другої ділянки характеристики в зоні великих струмів к.з. вважається, що похибка трансформаторів струму становить 10 %, що враховується коефіцієнтом 1,5. Струм спрацьовування другого ступеня (на рис. 1.3, DE), диференційного відсічення, що не залежить від гальмування, відбудовується від струму небалансу при наскрізному струмі к.з. з урахуванням коефіцієнта рівного 3 (підвищення похибки трансформаторів струму), і за необхідності відбудови від кидка струму намагнічування з коефіцієнтом відбудови, рівним 6. Струм блокування за 2-ю гармонікою встановлюється заводом – 12 %. Враховуючи високу точність роботи мікропроцесорного захисту, коефіцієнти запасу при виборі уставок приймаються рівними 1,2.

РОЗДІЛ II. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ПС

2.1 Розрахунок електричних навантажень ПС 110/10 кВ «Міська»

Споживачами електроенергії ПС 110/10 кВ «Міська» є: житлові мікрорайони міста.

Розрахунок необхідно виконати на підставі «Інструкція з проектування електромереж 110-0,38 кВ м. Києва» ГНД 341.004.003.001-2002 [2- (ГНД 341.004.003.001-2002 Інструкція з проектування електромереж 110-0,38 кВ м. Києва. Управління координації роботи електричних мереж Мінпаливенерго України Лист №5-1/26-119 від 11.07.2001)].

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Суть даного методу полягає в наступному:

1. Всі електроприймачі розбиваються на характерні групи з однорідним режимом роботи і об'єднуються за місцем підключення.

2. Для кожної характерної групи визначають:

а) середню активну потужність за найбільш завантажений період доби групи електроприймачів однакового режиму роботи

$$P_c = K_u \cdot \sum P_{\text{номі}}$$

де $P_{\text{номі}}$ - номінальна потужність електроприймачів,

K_u - груповий коефіцієнт використання.

б) середню реактивну потужність за найбільш завантажений період доби для групи електроприймачів однакового режиму роботи:

$$Q_c = \sum p_{\text{ср}} \cdot \text{tg } \varphi$$

де $\text{tg } \varphi$ - відповідає груповому коефіцієнту потужності.

3. Знаходять сумарне середнє навантаження за місцем підключення електроприймачів:

$$P_{\varphi\Sigma} = \sum_k P_c$$

$$Q_{\text{ср}\Sigma} = \sum_k Q_c$$

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

4. Визначають середньозважений коефіцієнт використання для даної групи електроприймачів:

$$K_c = \frac{P_{cp\Sigma}}{\sum P_{ном}}$$

5. Визначається ефективне або наведене число електроприймачів у групі n_e

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^m P_{неi})}{\sum n_i \cdot P_{неi}}$$

де n_i - наведене число електроприймачів.

$P_{неi}$ - номінальна потужність «наведеного» електроприймача, яка для i -го вузла визначається зі співвідношення $P_{неi} = P_{ніi} / n_i$.

$P_{ніi}$ - сумарна потужність всієї групи електроприймачів i -го вузла.

Якщо в результаті розрахунку отримали, що $n_e > n$, то $n_e = n$.

6. За впорядкованих діаграм визначають коефіцієнт максимуму:

$$K_M = f(K_{uc} n_e)$$

7. Визначається розрахункове навантаження:

$$P_p = K_M \cdot P_{cp\Sigma}$$

$$Q_p = K'_M \cdot Q_{cp\Sigma}$$

де $K'_M = 1.1$, якщо $n_e \leq 10$; $K'_M = 1$, якщо $n_e > 10$

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

Розрахунок електричних навантажень, які припадають на ПС 110 кВ «Міська» з урахуванням нових споживачів зведемо в таблицю 2.1.

| | cosφ | Розрахункове електричне навантаження житлових будинків мікрорайону (кварталу), Рр.мр, кВт, наведена до шин 0,4 кВ ТП | tgφ | Qр.л., кВар | Sp, кВА |
|-------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|---------|
| Житловий район №1 | 0,87 | 1139,56 | 0,57 | 650 | 1312 |
| Житловий район №2 | 0,85 | 6379,1 | 0,62 | 3955 | 7506 |
| Житловий район №3 | 0,87 | 3182,11 | 0,57 | 1814 | 3663 |
| Житловий район №4 | 0,9 | 2137,38 | 0,48 | 1026 | 2371 |
| Житловий район №5 | 0,85 | 1382,03 | 0,62 | 857 | 1626 |
| Житловий район №6 | 0,9 | 2208,04 | 0,48 | 1060 | 2449 |
| Житловий район №7 | 0,9 | 2208,04 | 0,48 | 1060 | 2449 |
| Пром.зона | 0,8 | 2814,25 | 0,75 | 2111 | 3518 |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | | |
|-------------------------|------|---------|------|-------|--------------|
| Заклад охорони здоров'я | 0,92 | 2014,85 | 0,43 | 866 | 2193 |
| Нові споживачі | 0,88 | 14193 | 0,69 | 8831 | 16760 |
| Разом по району | | 31498 | | 18719 | 51200 |

2.2 Вибір силових трансформаторів

Потужність силових трансформаторів визначається на підставі річних графіків навантаження понижуючої підстанції з урахуванням нових споживачів відповідно заявленим технічним умовам.

Сумарне максимальне навантаження підстанції:

$$S_{max} = 51,20 \text{ МВА.}$$

Отже, потужність одного трансформатора, МВА:

$$S_{ном\cdot T} S_{ном\cdot T} = 0,7 \cdot S_{max} S_{max};$$

$$S_{ном\cdot T} S_{ном\cdot T} = 0,7 \cdot 51,20 = 36,84 \text{ МВА.}$$

За вищенаведеним розрахунками можна зробити висновок що, в зв'язку з очікуваним зростанням електричних навантажень понижуючої підстанції встановлені трансформатори ТРДН-25000/110/6/6 на ПС 110/6 кВ «Міська» будуть працювати з перевантаженням.

У зв'язку з планованим зростанням промислових і побутових навантажень, вибираємо силові трансформатори більшої потужності.

За довідниками до установки вибираємо силові трансформатори наступних марок:

ТРДН-32000/110/10;

ТРДН-40000/110/10.

1. Розглянемо варіант з установкою трансформаторів типу ТРДН-32000/110/10, паспортні дані якого в таблиці 2.2

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Таблиця 2.2 - Каталогні дані трансформатора ТРДН- 32000/110/6

| Тип трансформатора | $S_{ном.Т}$, МВА | Каталожні данні | | | | | |
|--------------------|----------------------|-----------------------|------|-----------|--------------------|--------------------|-----------|
| | | $U_{ном}$ обмоток, кВ | | u_k , % | ΔP_k , кВт | ΔP_x , кВт | I_x , % |
| | | ВН | НН | | | | |
| ТРДН –32000/110/10 | 32 | 115 | 10,5 | 10,5 | 145 | 44 | 0,75 |
| Ціна: 1 256 329грн | | | | | | | |

Коефіцієнти завантаження обмоток трансформатора вищої і нижчої напруг:

$$k_{зв} = \frac{S_B}{S_{ном.Т}}$$

$$k_{зв} = \frac{S_B}{S_{ном.Т}} = \frac{51200}{32000} = 1,59$$

$$k_{зв} = \frac{S_{H_{1,2}}}{S_{ном.Т}}$$

$$k_{зв1} = k_{зв2} = \frac{S_{H_{1,2}}}{S_{ном.Т}} = \frac{25600}{32000} = 0,80$$

де S_B , $S_{H_{1,2}}$ - розрахункові навантаження обмоток трансформатора вищої, і нижчої напруг.

Втрати холостого ходу в силовому трансформаторі - активна потужність:

$$P'_x = \Delta P_x + k_{un} \cdot Q_x$$

$$P'_x = 50 + 0,05 \cdot 260 = 63 \text{ кВт,}$$

де втрати в режимі короткого замикання - реактивна потужність:

$$Q_x = \frac{I_x(\%)}{100} \cdot S_{ном.Т}$$

$$Q_x = \frac{75}{100} \cdot 32000 = 240 \text{ квар.}$$

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Втрати потужності в режимі короткого замикання:

$$P'_{\text{кн1}} = P'_{\text{кн2}} = P_{\text{кн2}} + k_{\text{ун}} \cdot Q_{\text{кн1,2}}$$

$$P'_{\text{кн1}} = 290 + 0,05 \cdot 5880 = 584 \text{ кВт} \quad P'_{\text{кн2}} = 290 + 0,05 \cdot 5880 = 584 \text{ кВт},$$

$$P'_{\text{кв}} = P_{\text{кв}} + k_{\text{ун}} \cdot Q_{\text{кв}}$$

$$P'_{\text{кв}} = 0 + 0,5 \cdot 420 = 21 \text{ кВт} \quad P'_{\text{кв}} = 0 + 0,5 \cdot 420 = 21 \text{ кВт}$$

де потужності в обмотках ВН, НН1 і НН2:

$$P'_{\text{кв}} = 0 \quad P'_{\text{кв}} = 0,$$

$$P_{\text{кн1}} = P_{\text{кн2}} = 2 \cdot \Delta P_{\text{к.ВВ.НН}} \quad P_{\text{кн1}} = P_{\text{кн2}} = 2 \cdot \Delta P_{\text{к.ВВ.НН}},$$

$$P_{\text{кн1}} = P_{\text{кн2}} = 2 \cdot 145 = 290 \text{ кВт}.$$

Втрати потужності (реактивної) в обмотках ВН, НН1 і НН2 в режимі короткого замикання:

$$Q_{\text{кв}} = \frac{U_{\text{кз}}(\%) \cdot S_{\text{ном.Т}}}{100};$$

$$Q_{\text{кв}} = \frac{1,3125}{100} \cdot 32000 = 420 \text{ квар},$$

$$Q_{\text{кн1}} = Q_{\text{кн2}} = \frac{U_{\text{кн1,2}}(\%) \cdot S_{\text{ном.Т}}}{100}$$

$$Q_{\text{кн1}} = Q_{\text{кн2}} = \frac{18,375}{100} \cdot 32000 = 5880 \text{ квар},$$

де $U_{\text{кз}}$, $U_{\text{кз}}$, $U_{\text{кн1,2}}$, $U_{\text{кн1,2}}$ - напруги к.з., (%), Обмоток трифазного трансформатора з розщепленої обмоткою, які при заданих в довіднику значеннях напруг к.з. між обмотками $U_{\text{к.ВВ.НН}}$, $U_{\text{к.ВВ.НН}}$ визначаються з наближених виразів:

$$U_{\text{кв}} = 0,125 \cdot U_{\text{к.ВВ.НН}};$$

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$$U_{кв} = 0,125 \cdot 10,5 = 1,3125 \%;$$

$$U_{кн_1} = U_{кн_2} = 1,75 \cdot U_{к.ВВ.НН};$$

$$U_{кн_1} = U_{кн_2} = 1,75 \cdot 10,5 = 18,375\%.$$

Потім визначимо фінансові витрати на річні втрати електричної енергії в трансформаторах:

$$V_{ee} = \Delta W_{в} \cdot C_e$$

$$V_{ee} = 1642399 \cdot 1,6 = 1593127,03$$

Де $\Delta W_{в}$ $\Delta W_{в}$ - втрати електроенергії в трансформаторах, приймаємо рівними 1 642 399 кВт · год; $C_e = 1,6$ грн / кВт · год $C_e = 1,6$ грн / кВт · год - вартість 1 кВт год електроенергії.

Економічна доцільність вибору трансформаторів визначається методом приведених витрат:

$$V_{пр} = E_H \cdot K + V_p + V_{ee};$$

$$V_{пр} = 0,15 \cdot 1\,256\,329 + 118\,094 + 1593127,03 = 1\,899\,670,38 \text{ грн}$$

де K - капітальні витрати на обладнання ПС = 1 256 329 грн; $E_H - E_H$ - нормативний коефіцієнт дисконтування, приймаємо рівним 0,15; $V_{ee} - V_{ee}$ - вартість річних втрат електроенергії в трансформаторах, що визначаються за формулою; $V_p - V_p$ - річні відрахування, які можна визначити з вираження:

$$V_p = p_{сум} \cdot K$$

$$V_p = p_{сум} \cdot K = 0,094 \cdot 1\,256\,329 = 118\,094 \text{ грн}$$

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

де $P_{\text{сум}} = P_a + P_{\text{ор}}$ $P_{\text{сум}} = P_a + P_{\text{ор}}$ - сумарний коефіцієнт відрахувань, який складається з відрахувань на амортизацію - $P_a P_a$, обслуговування та ремонт - $P_{\text{ор}} P_{\text{ор}}$, приймаємо рівним 0,094 для ПС 110 кВ.

2. Розглянемо варіант підстанції з установкою силових трансформаторів типу ТРДН-40000/110/6 (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 - Паспортні дані трансформатора ТРДН-40000/110/6

| Тип трансформатора | $S_{\text{ном.Т.}}$, МВА | Каталожні данні | | | | | |
|---------------------|---------------------------|------------------------------|------|-----------|--------------------|--------------------|-----------|
| | | $U_{\text{ном}}$ обмоток, кВ | | u_k , % | ΔP_k , кВт | ΔP_x , кВт | I_x , % |
| | | ВН | НН | | | | |
| ТРДН –40000/110/10 | 40 | 115 | 10,5 | 10,5 | 160 | 50 | 0,65 |
| Ціна: 1 747 978 грн | | | | | | | |

Коефіцієнти завантаження обмоток трансформатора вищої і нижчої напруг:

$$k_{\text{зв}} = \frac{S_B}{S_{\text{ном.Т}}}$$

$$k_{\text{зв}} = \frac{S_B}{S_{\text{ном.Т}}} = \frac{51200}{40000} = 1,28$$

$$k_{\text{зв}} = \frac{S_{\text{Н1,2}}}{S_{\text{ном.Т}}}$$

$$k_{\text{зН1}} = k_{\text{зН2}} = \frac{S_{\text{Н1,2}}}{S_{\text{ном.Т}}} = \frac{25600}{40000} = 0,64$$

Втрати потужності (активної) силового трансформатора:

$$P'_x P'_x = 50 + 0,05 \cdot 260 = 63 \text{ кВт,}$$

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$$Q_x = \frac{75}{100} \cdot 40000 = 260 \text{ квар.}$$

Втрати потужності (активної) при режимі короткого замикання, обмоток ВН, НН1 і НН2:

$$P'_{\text{кв}} = 0 \quad P'_{\text{кв}} = 0.$$

$$P_{\text{кн}_1} = P_{\text{кн}_2} = 2 \cdot \Delta P_{\text{к.ВВ.НН}} \quad P_{\text{кн}_1} = P_{\text{кн}_2} = 2 \cdot \Delta P_{\text{к.ВВ.НН}},$$

$$P_{\text{кн}_1} = P_{\text{кн}_2} = 2 \cdot 160 = 320 \text{ кВт.}$$

Втрати потужності (реактивна) обмоток силового трансформатора в режимі короткого замикання:

$$Q_{\text{кв}} = \frac{1,3125}{100} \cdot 40000 = 525 \text{ квар,}$$

$$Q_{\text{кн}_1} = Q_{\text{кн}_2} = \frac{18,375}{100} \cdot 40000 = 7350 \text{ квар,}$$

$$U_{\text{кн}_1} = U_{\text{кн}_2} = 1,75 \cdot U_{\text{к.ВВ.НН}};$$

$$U_{\text{кн}_1} = U_{\text{кн}_2} = 1,75 \cdot 10,5 = 18,375\%.$$

$$P'_{\text{кн}_1} = 320 + 0,05 \cdot 7350 = 688 \text{ кВт} \quad P'_{\text{кн}_1} = 320 + 0,05 \cdot 7350 = 688 \text{ кВт.},$$

$$P'_{\text{кв}} = 0 + 0,5 \cdot 525 = 26 \text{ кВт} \quad P'_{\text{кв}} = 0 + 0,5 \cdot 525 = 26 \text{ кВт.}$$

Визначимо вартості річних втрат електроенергії в трансформаторах:

$$V_{\text{еe}} = 1884178 \cdot 1,6 = 3\,014\,684 \text{ грн}$$

Вартість 1 кВт год електроенергії:

$$C_e = 1,6 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год,}$$

Економічна доцільність вибору трансформаторів визначається методом приведених витрат:

$$V_{\text{пр}} = 0,15 \cdot 1\,747\,978 + 164\,309,93 + 3\,014\,684 = 3\,441\,190 \text{ грн}$$

$$V_p = p_{\text{сум}} \cdot K = 0,094 \cdot 1\,747\,978 = 164\,309,93 \text{ грн}$$

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Згідно з отриманими результатами наведені витрати на установку трансформатора марки ТРДН-40000/110/10 складає 3 441 190 3 441 190 , 93 93 грн, а на трансформатор марки ТРДН-32000/110/10 складає 1 899 670,38 1 899 670,38 грн.

При цьому силові трансформатори ТРДН-40000/10 є більш перспективними у зв'язку з планованим введенням нових споживачів.

Внаслідок цього до установки на понижуючу підстанції 110/10 кВ «Міська» приймаються два трансформатора марки ТРДН-40000/110/10 (рис 2.1-2.3) , що мають менші наведені витрати. Установлені силові трансформатори працюватимуть паралельно.

2.3 Структура ТРДН-40000/110/10

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

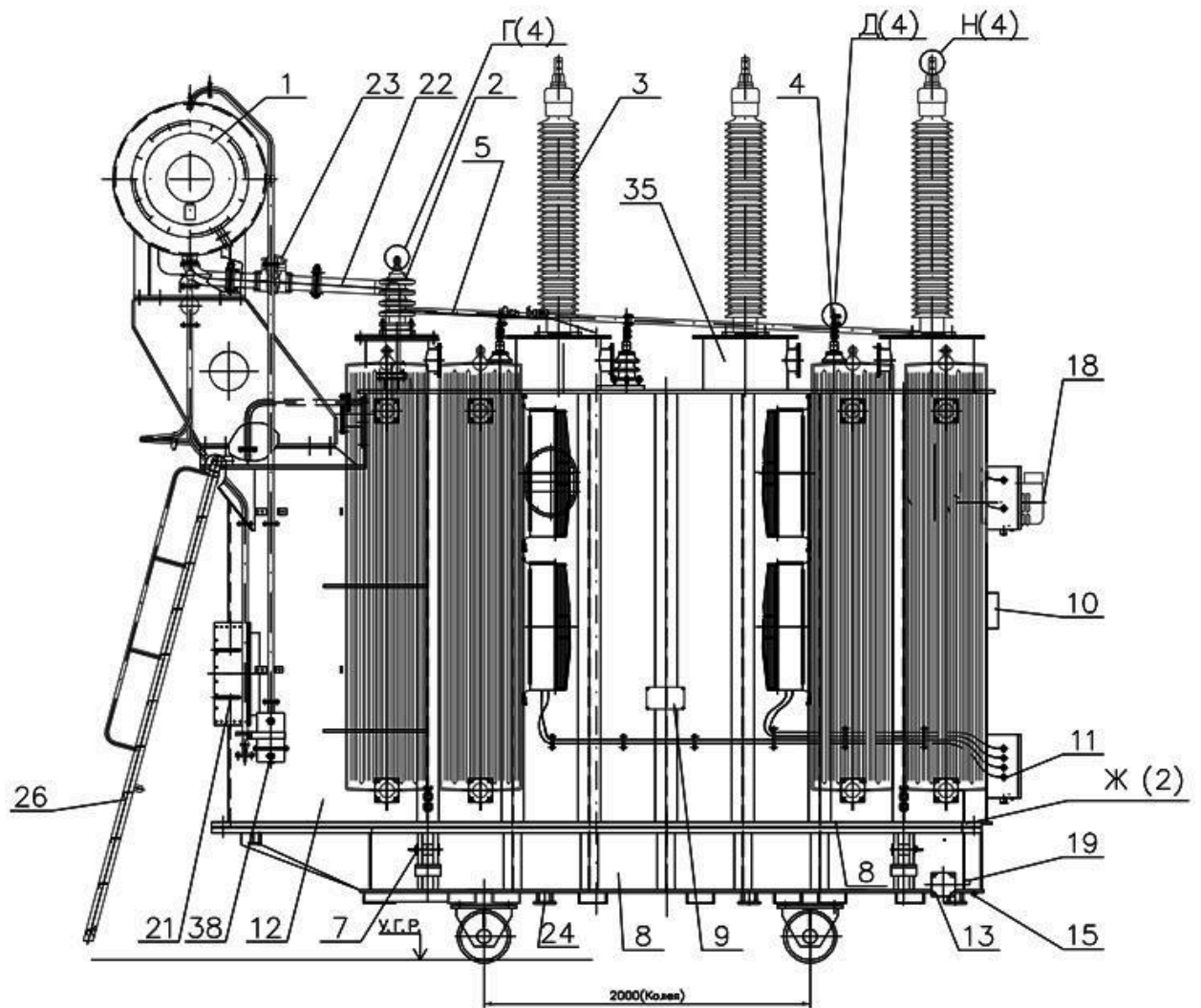


Рис. 2.1 Вид спереди ТРДН-40000/110

1. Розширювач; 2. Введення нейтралі ВН; 3. Введення ВН; 4. Введення НН; 5. Труба для відведення газу з установок трансформаторів струму; 7. Скоба для стропування при підйомі трансформатора; 8. Дно (нижня частина бака); 9. Табличка трансформатора; 10. Термометр манометричний; 11. Коробка клемна; 12. Бак трансформатора; 13. Затвор поворотний дисковий DN 80 для зливу масла з бака; 15. Пробка для зливу залишків олії з бака; 18. Клапан запобіжний; 19. Кран для взяття проби масла; 21. Люк для огляду пристрою РПН; 22. Маслопровод; 23. Реле газове трансформатора; 24. Серьга для зачалування при перекочуванні трансформатора; 26. Сходи; 35. Установка трансформаторів струму ВН. 38. Осушувач повітря пристрою РПН.

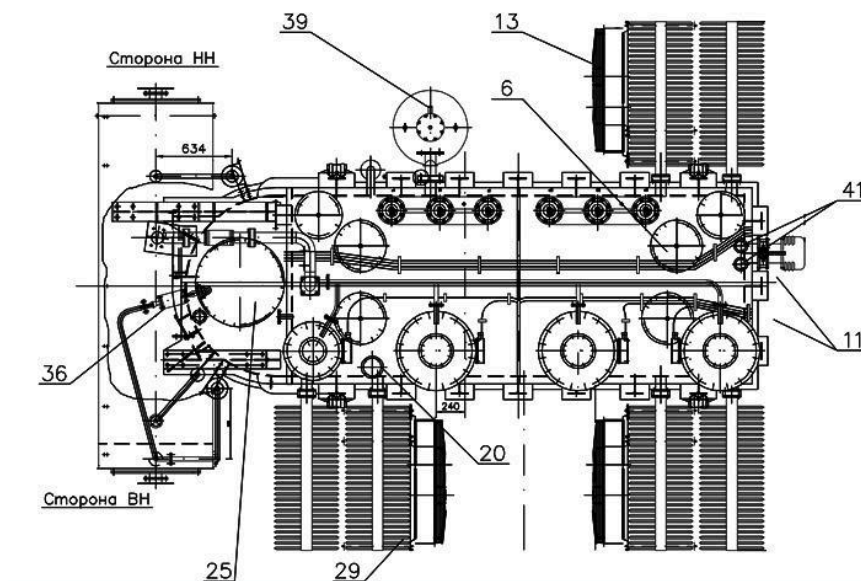


Рис. 2.2 Вид зверху ТРДН-40000/110

6. Люки для раскрепления активной части в баку; 11. Коробка клемників; 13. Затвор поворотний дисковий DN 80 для злива мастила із баку; 20. Затвор поворотний дисковий DN 80 для підключення вакуумного насоса; 25. Пристрій РПН; 29. Радіатор; 36. Реле захисту пристрою РПН; 39.Фільтр; 41. Датчик термометра манометричний.

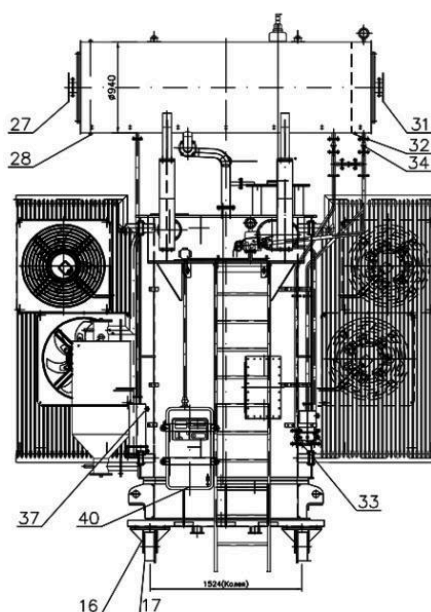


Рис. 2.3 Вид збоку ТРДН-40000/110

16. Каретка ; 17. Каток. 27. Індикатор масла трансформатора; 28. Пробка для зливу залишків олії з розширювача трансформатора; 31. Індикатор масла пристрою РПН; 32. Пробка для зливу залишків олії з розширювача пристрою РПН; 33. Вентиль DN 25 для доливання масла в розширювач трансформатора; 34. Вентиль DN 25 для доливання масла в розширювач пристрою РПН; 37. Осушувач повітря трансформатора; 40. Привід пристрою РПН.

2.4 Розрахунок струмів короткого замикання

На рис. 2.4 приведена схема заміщення ПС 110/10 кВ «Міська»

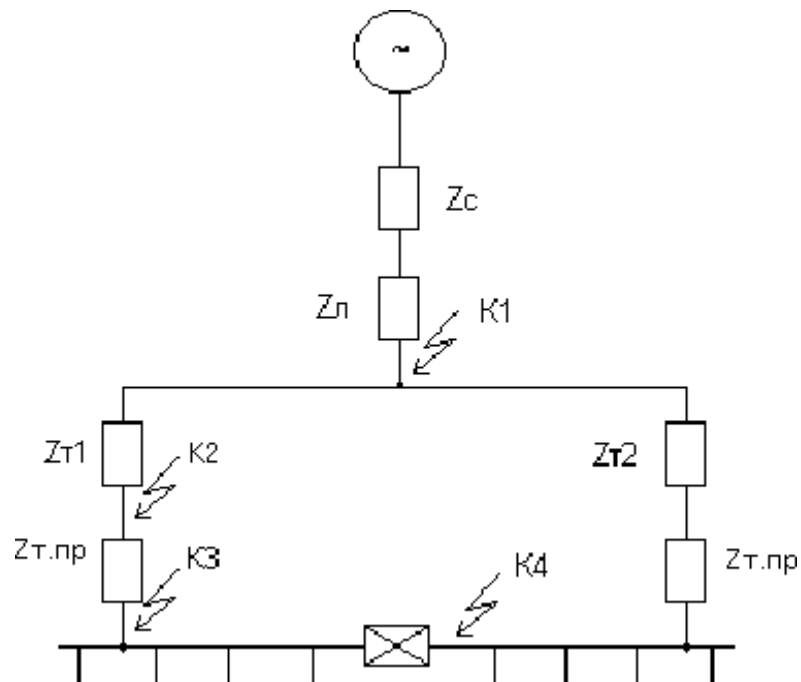


Рис. 2.4 Схема заміщення підстанції 110/10 кВ «Міська»

Вихідні дані для розрахунку:

Система: $U_H = 110 \text{ кВ}, U_H = 110 \text{ кВ}, S_B = 1000 \text{ МВ} \cdot \text{А}, S_B = 1000 \text{ МВ} \cdot \text{А},$
 $S_{КЗ} = 5000 \text{ МВ} \cdot \text{А}, S_{КЗ} = 5000 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$

Лінії: $x_{уд1} = 0,42, x_{уд1} = 0,42 \text{ Ом} / \text{км}, l = 8 \text{ км}, 340 \text{ м}, U_H = 110 \text{ кВ},$
 $U_H = 110 \text{ кВ},$

$x_{уд} = 0,42, x_{уд} = 0,42 \text{ Ом} / \text{км}, l = 8 \text{ км}, 340 \text{ м}, U_H = 10 \text{ кВ}$
 $U_H = 10 \text{ кВ}$

Трансформатор: $S_H = 40 \text{ МВ} \cdot \text{А}, S_H = 40 \text{ МВ} \cdot \text{А}, S_B = 1000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
 $S_B = 1000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$

Необхідно визначити параметри схеми заміщення при наближеному приведенні в відносних одиницях.

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Система:

$$x_{бс} = \frac{S_B}{S_{КЗ}};$$

$$x_{бс} = \frac{1000}{5000} = 0,2.$$

трансформатор:

$$x_{бТ_B} = \frac{U_{кв}, \%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_H};$$

$$x_{бТ_B} = \frac{1,3125}{100} \cdot \frac{1000}{40} = 0,41;$$

$$x_{бТ_{H1}} = x_{бТ_{H2}} = \frac{U_{кв1}, \%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_H};$$

$$x_{бТ_{H1}} = x_{бТ_{H2}} = \frac{18,375}{100} \cdot \frac{1000}{40} = 5,74.$$

лінія:

$$x_{бл} = x_{уд} l \frac{S_B}{U_{ср}^2};$$

$$x_{бл} = 0,4 \cdot \frac{8,34}{2} \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,13,$$

де

$$U_{кв} U_{кв} = 1,3125\%, \quad U_{кв1} = U_{кв2} = U_{кв1} = U_{кв2} = 18,375\% -$$

(для трансформатора $S_{ном} = 40 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ $S_{ном} = 40 \text{ МВ} \cdot \text{А}$).

Коротке замикання в точці К1 на шинах ВРП-110 кВ ПС 110 кВ «Міська»:

$$x_{рез(б)} = x_{бс} + x_{бл};$$

$$x_{рез(б)} = 0,2 + 0,13 = 0,33.$$

Базисний струм:

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

$$I_6 = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{кв1}};$$

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,02 \text{ кА.}$$

Початкове значення періодичної складової струму короткого замикання:

$$I_к^3 = \frac{E_6''}{x_{рез(6)}} \cdot I_6;$$

$$I_к^3 = \frac{1}{0,15} \cdot 5,02 = 15,2 \text{ кА.}$$

Ударний струм короткого замикання:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{но} \cdot k_{уд}; i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{но} \cdot k_{уд};$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 33,47 \cdot 1,8 = 38,3 \text{ кА}, i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 33,47 \cdot 1,8 = 38,3 \text{ кА},$$

де $k_{уд} k_{уд} = 1,8$ - ударний коефіцієнт.

Коротке замикання в точці К2:

$$x_{рез(6)} = x_{бс} + x_{бл} + x_{бТв} + x_{бТН1,2} \quad x_{рез(6)} = x_{бс} + x_{бл} + x_{бТв} + x_{бТН1,2} \\ = 0,2 + 0,13 + 0,41 + 5,74 + 3,53 = 10,01.$$

Базисний струм:

$$I_6 = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 91,75 \text{ кА}$$

Значення періодичної складової струму короткого замикання:

$$I_3^3 = \frac{E_6''}{x_{рез(6)}} \cdot I_6 = \frac{1}{10,01} = 9,17 \text{ кА.}$$

Ударний струм короткого замикання:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{но} \cdot k_{уд} = \sqrt{2} \cdot 9,17 \cdot 1,96 = 25,33 \text{ кА},$$

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

де $k_{уд} k_{уд} = 1,96$ - ударний коефіцієнт.

Дані розрахунків струмів к.з. зведені в таблицю 2.4

Таблиця 2.4 - Дані розрахунку струмів к.з.

| № п/п | U_n , кВ | Куд | $I^{(3)}_к$, кА | $i_{уд}$, кА |
|-------|------------|------|------------------|---------------|
| К1 | 115 | 1,8 | 15,2 | 38,3 |
| К2 | 10,5 | 1,96 | 14,1 | 25,33 |

2.5. Вибір обладнання ВРП - 110 кВ

Розрахунковий струм тривалого режиму з урахуванням 40% перевантаження:

$$I_{max} = 1,4 \cdot \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$$

$$I_{max} = 1,4 \cdot \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 225,18 \text{ А.}$$

2.5.1 Вибір вимикачів

Вимикач є одним з основних комутаційних апаратів на підстанціях, здатний виконувати операції по відключенню при будь-яких режимах роботи системи. Однією з найскладніших комутацій є відключення струмів КЗ.

До вимикачів класу ВН пред'являються вимоги, такі як:

- відключення струмів широкого діапазону;
- швидкість спрацьовування;
- придатність для АПВ;
- зручність обслуговування вузлів, які зношуються;
- зручність транспортування.

Вибір вимикачів проводиться:

- 1) По напрузі електроустановки:

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$$U_{уст} \leq U_{ном}.$$

2) По максимальному рабочему току:

$$I_{роб} \leq I_{ном} \quad I_{роб} \leq I_{ном},$$

де $U_{ном}$, $I_{ном}$ - паспортні (каталожні) параметри вимикача;

3) Перевірка на здатність відключення вимикача:

$$I_{п} \leq I_{від},$$

4) Перевірка на електродинамічну стійкість виконується за наступними умовами:

$$i_y < I_{н},$$

де $I_{п}$ і i_y - значення періодичної складової струму к.з. і ударного струму в ланцюзі, кА; $I_{г}$ і $I_{н}$ - значення граничного і наскрізного струму к.з., кА.

5) Перевірка на термічну стійкість:

$$B < B_{к},$$

де $B_{к}$ - значення імпульсу квадратичного струму, визначається по формулі:

$$B_{к} = I_{т}^2 \cdot t_{т},$$

де $I_{т}$ - струм термічної стійкості, кА;

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

$t_T t_T$ - допустимий час дії термічного струму граничної стійкості, с; I_T
 I_T і $t_T t_T$ - довідкові дані;

B - розрахунковий імпульс квадратичного струму к.з., визначається за формулою:

$$B = I_n^2 I_n^2 \cdot t_{\text{від}} + T_a, t_{\text{від}} + T_a,$$

де $t_{\text{від}} t_{\text{від}}$ - час відключення к.з. .:

$$t_{\text{від}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{від}} t_{\text{від}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{від}},$$

де $t_{\text{рз}} t_{\text{рз}}$ - час дії релейного захисту (приймається 0,4 с). ; $t_{\text{від}} t_{\text{від}}$ - власний час відключення вимикача, с.

У класі напруги 110-220 кВ з - за відсутності будь-яких альтернативних варіантів пропонується застосовувати елегазові вимикачі. Основні переваги даних вимикачів

- Повна заводська готовність, швидкий монтаж і налагодження під керівництвом шеф-персоналу заводу;
- Природний рівень витоків елегазу - не більше 0,5% на рік;
- Комплектація пружинним приводом із збільшеною кількістю сигнальних контактів, які тривалий час пропускають струми широкого діапазону (від 5 до 25 А); автоматичним управлінням 2-ма ступенями обігріву шафи і контролем їх справності;
- Високий механічний і комутаційний ресурс, що забезпечують при нормальних умовах експлуатації не менше, ніж 25- річний термін служби до першого ремонту;
- Високі пожежо- та вибухобезпечність;

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

- Мінімальне технічне обслуговування і міжремонтний період;

Для ВРП 110 кВ підстанції «Міська» 110/10 кВ вибираємо елегазовий вимикач серії ВГТ-110кВ, так дані вимикачі добре себе зарекомендували протягом експлуатації на багатьох електроенергетичних підприємствах.

Паспортні дані вимикача, а також розрахункові параметри електричної мережі представлені в таблиці 2.5

Таблиця 2.5

| Методика | Розрахунки | Паспорт ВГТ -110-31,5/1000 У1 |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| $U_{\text{ном}} \geq U_c$ | $U_c = 110 \text{ кВ}$ | $U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{max}}$ | $I_{\text{max}} = 225,18 \text{ А}$ | $I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$ |
| $I_{\text{від.норм}} \geq I_{\text{пт}}$ | $I_{\text{пт}} = 15, \text{кА}$ | $I_{\text{від.норм}} = 31,5 \text{ кА}$ |
| $i_{\text{а.ном}} \geq i_{\text{ат}}$ | $i_{\text{ат}} = 9,673 \text{ кА}$ | $i_{\text{а.ном}} = 16,4 \text{ кА}$ |
| $I_{\text{Г}} \geq I_{\text{но}}$ | $I_{\text{но}} = 15,2 \text{ кА}$ | $I_{\text{Г}} = 31,5 \text{ кА}$ |
| $i_{\text{Г}} \geq i_{\text{уд}}$ | $i_{\text{уд}} = 38,3 \text{ кА}$ | $i_{\text{Г}} = 102 \text{ кА}$ |
| $I_{\text{Г}}^2 \cdot t_{\text{Г}} \geq B_{\text{к}}$ | $B_{\text{к}} = 20,79 \text{ кА} \cdot \text{с}$ | $I_{\text{Г}}^2 \cdot t_{\text{Г}} = I_{\text{Г}}^2 \cdot t_{\text{Г}} = 2976,7$ $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ |

Розглянемо вибір високовольтного вимикача на ВРП 110 кВ для приєднання повітряної ЛЕП Промислова-1. Максимальний робочий струм в лінії дорівнює:

$$I_{\text{роб.макс}} = \frac{S_{\text{Г}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}};$$

$$I_{\text{max}} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 225,18 \text{ А}$$

Намічаємо вимикач типу ВГТ-110кВ:

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



Рис. 2.5 - Зовнішній вигляд вимикача марки ВГТ-110-31,5 / 400У1

З проведених розрахунків в зведених в таблицю 2.5 на підставі п. 2.5 зроблено висновок про можливість установки елегазового колонкового вимикача марки ВГТ-110-31,5 / 400У1. Таким чином, вимикач задовольняє умовам.

2.5.2 Вибір роз'єднувачів

Вибір роз'єднувачів проводиться за тими ж параметрами, що і для вимикача.

Результати вибору роз'єднувачів зведені в таблицю 2.6

Таблиця 2.6 - Вибір високовольтного роз'єднувача

| РПД-110/1000 УХЛ 1 | | |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Умова вибору | Розрахункові дані | Паспортні дані |
| $U_{\text{ном}} \geq U_c$ | $U_{\text{н}} = 115 \text{ кВ}$ | $U_{\text{н}} = 115 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{роб.макс}} \leq I_{\text{н}}$ | $I_{\text{роб.макс}} = 227 \text{ А}$ | $I_{\text{н}} = 1000 \text{ А}$ |
| $i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр}}$ | $i_{\text{уд}} = 38,3 \text{ кА}$ | $i_{\text{пр}} = 80 \text{ кА}$ |
| $B_{\text{к}} \leq I_{\text{т}}^2$ | $B_{\text{к}} = 20,79 \text{ кА} \cdot \text{с}$ | $I_{\text{т}}^2 = 3969 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Роз'єднувачі не перевіряють на комутаційну здатність при КЗ, оскільки вони не призначені для роботи в такому режимі, при цьому вони так само не повинні відключати елемент електричної мережі при номінальних струмах, так як вони служать для створення видимого розриву електричного кола і оперативного перемикання.

Вибираємо до установки роз'єднувач марки РПД-110/1000 УХЛ 1. На малюнку 5.6 представлений роз'єднувач марки РГП-110/1000 УХЛ 1.

Параметри роз'єднувача та розрахункові дані зведені в таблицю 2.7

Таблиця 2.7

| Умова вибору | Методика | Паспортні дані |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| $U_{\text{ном}} \geq U_c$ | $U_c = 110 \text{ кВ}$ | $U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{max}}$ | $I_{\text{max}} = 225,18 \text{ А}$ | $I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$ |
| $i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр}}$ | $i_{\text{уд}} = 38,3 \text{ кА}$ | $i_{\text{пр}} = 80 \text{ кА}$ |
| $B_k \leq I_T^2$ | $B_k = 20,79 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $I_T^2 = 3969 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |

Порівнюючи дані (таблиця 2.6), бачимо, що роз'єднувач РГП - 110/1000 УХЛ 1 обраний правильно, так як основні технічні параметри роз'єднувача задовольняють всім умовам перевірки.

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Таблиця 2.8 - Навантаження ТТ на вторинній обмотці

| Пристрій | Тип | Нагрузка по фазам, В·А | | |
|-----------|---------|------------------------|-----|-----|
| | | А | В | С |
| Амперметр | АМ-А301 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Ваттметр | Ц-301/1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Лічильник | СЭТ-4ТМ | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| Сумма: | | 4,6 | 4,6 | 4,6 |

Опір приладів знаходиться за формулою:

$$r_{\text{прил}} = \frac{4,6}{5^2} = 0,184 \text{ Ом} \quad r_{\text{прил}} = \frac{4,6}{5^2} = 0,184 \text{ Ом}$$

Для ТГФМ - 110Б-1-У1 в класі 0,5 $Z_{2\text{ном}} = 1,2 \text{ Ом}$. $Z_{2\text{ном}} = 1,2 \text{ Ом}$.

Допустимий опір провідника:

$$r_{\text{пров}} = 1,2 - 0,184 - 0,1 = 0,916 \text{ Ом.}$$

тоді:

$$q = \frac{\rho \cdot \sqrt{3} \cdot l_{\text{роз}}}{r_{\text{пров}}};$$

$$q = \frac{(0,02833 \cdot \sqrt{3} \cdot 60)}{0,916} = 3,21 \text{ мм.}$$

Кабель контрольний з алюмінієвими жилами - 4мм^2 4мм^2 .

$$r_{\text{пров}} = \frac{(0,02833 \cdot \sqrt{3} \cdot 60)}{4} = 0,74 \text{ Ом.}$$

Вторинне навантаження ТТ:

$$r_2 = 0,184 + 0,74 + 0,1 = 1,024 \text{ Ом.}$$

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Згідно з розрахунками, вибираємо трансформатор струму (ТА) типу ТГФМ - 110Б-1-У1

Таблиця 2.9 - Розрахунок трансформатора струму 110 кВ

| Розрахунки | Паспорт ТГФМ-110Б-1-У1 |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| $U_c = 110 \text{ кВ}$ | $U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{max}} = 225,18 \text{ А}$ | $I_{\text{ном}} = 600 \text{ А}$ |
| $i_{\text{уд}} = 38,3 \text{ кА}$ | $i_{\text{п}} = 126 \text{ кА}$ |
| $B_{\text{к}} = 20,79 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $B_{\text{к}} = 2028 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |
| $r_2 = 1,024 \text{ Ом}$ | $r_2 = 1,2 \text{ Ом}$ |

На малюнку 2.7 представлений трансформатор струму ТГФМ-110Б-1-У1.



Рис 2.7 - Трансформатор струму ТГФМ-110Б-1-У1

Також для установки приймається трансформатор струму типу ТВТ - 300/5 вбудовується в високовольтні введення трансформатора з боку 110 кВ.

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

2.5.4 Вибір вимірювального трансформатора напруги

Вимірювальні ТН призначені для перетворення напруги до значення, зручного для вимірювання.

Навантаження підключених приладів за формулою:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\sum S_{\text{прил}} \times \cos\varphi_{\text{прил}})^2 + (\sum S_{\text{прил}} \times \sin\varphi_{\text{прил}})^2} = \sqrt{P_{\text{прил}}^2 + Q_{\text{прил}}^2}$$

Таблиця 2.10 - Вторинна навантаження ТН 110 кВ

| Назва | Потужність, споживана однією катушкою, <i>В·А</i> | <i>cosφ</i> | Споживана потужність | | |
|----------------------|------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|------------|------------|
| | | | <i>Вт</i> | <i>В·А</i> | <i>В·А</i> |
| Вольтметр Э-762 | 9 | 1 | 9 | 9 | 9 |
| Ваттметр Ц-301/1 | 10 | 1 | 9 | 9 | 9 |
| Лічильник СЭТ4-ТМ | 1,5 | 0,53 | 10 | 10 | 10 |
| Сумма: | - | - | 19,8 | 19,8 | 19,8 |

Вторинне навантаження трансформатора напруги $S_{2\Sigma} = 19,8 \text{ В} \cdot \text{А}$.

$S_{2\Sigma} = 19,8 \text{ В} \cdot \text{А}$. Для ОРУ 110 кВ вибираємо трансформатор напруги типу НКФ-110 83. На малюнку 2.8 представлений трансформатор струму НКФ-110-83.

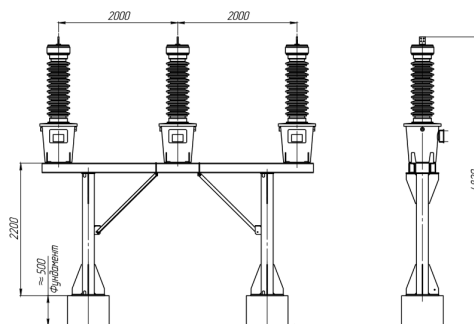


Рис. 2.8 - Трансформатор напруги НКФ-110-83

2.6 Вибір обладнання на стороні 10 кВ

Розподільний пристрій 10 кВ виконано у вигляді комплектного розподільчого пристрою, з викатними візками та олійними вимикачами марки ВМП. КРП - 10 кВ розміщений на території закритого розподільчого пристрою.

Згідно п.1.2 та п.1.3 даної кваліфікаційної роботи, при реконструкції КРП - 10 кВ старе обладнання необхідно замінити повністю на нове КРП-10 кВ з вакуумними вимикачами.

Виходячи з широкого застосування різного вбудованого обладнання, безпеки, високого терміну служби і надійності, а так само зручності і простоти монтажу вибираємо СЕЩ-70.

Для комплектування КРП - 10 кВ виберемо малогабаритні осередки СЕЩ-70. Дані осередки відповідають сучасним вимогам експлуатації, мають викатні візки з вакуумними вимикачами, безпечний доступ до будь-якого елемента КРП 10 кВ.

У складі КРП сери СЕЩ-70 входять вакуумні вимикачі типу ВВУ-СЕЩ-10 кВ з пружинним приводом, трансформатори струму, трансформатори напруги, розрядники, заземлюючі ножі, збірні і з'єднувальні шини, опорні і перехідні ізолятори [10].

Струми з урахуванням 40% перевантаження:

$$I_{max} = 1,4 \cdot \frac{S_{T \text{ ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot 2} = 2055 \text{ A}$$

2.6.1 Вибір вимикачів на 10 кВ

Вимикач вибирається за такими ж параметрами, що і вимикач на високій стороні. Все каталожні та розрахункові величини зведені в таблиці **2.11.**

Таблиця 2.11 - Вакуумний вимикач 10 кВ

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| Розрахунок | Паспортні дані |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| $U_{\text{НОМ}} = 110 \text{ кВ}$ | $U_{\text{п}} = 110 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{max}} = 2055 \text{ А}$ | $I_{\text{НОМ}} = 2500 \text{ А}$ |
| $I_{\text{по}}^3 = 14,1 \text{ кА}$ | $I_{\text{від.НОМ}} = 31,5 \text{ А}$ |
| $i_{\text{а}} = 5,5 \text{ кА}$ | $i_{\text{а.НОМ}} = 20,04 \text{ кА}$ |
| $i_{\text{п}} = 14,1 \text{ кА}$ | $i_{\text{по}} = 31,5 \text{ кА}$ |
| $B_{\text{к}} = 1,85 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $B_{\text{к}} = 2976 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |



Рис 2.9 - КРП типу КРП-СЕЦ-70

2.6.2 Вибір трансформатора струму 10 кВ

Вибираємо і перевіряємо трансформатор струму: ТОЛ - СЕЦ - 10. Все каталожні та розрахункові величини зведені в таблиці 2.12. Трансформатор струму ТОЛ - СЕЦ - 10 кВ забезпечує передачу сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам.

Таблиця 2.12 - Розрахункові та каталожні дані трансформатора струму ТОЛ - 10 кВ

| Розрахунок | Паспортні дані: ТОЛ - СЕЦ - 10 кВ |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| $U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ}$ | $U_{\text{п}} = 10 \text{ кВ}$ |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | |
|------------------------------------------|------------------------------------------|
| $I_{max} = 2055 \text{ A}$ | $I_{ном} = 2500 \text{ A}$ |
| $i_{по} = 25,33 \text{ кА}$ | $i_{п} = 100 \text{ кА}$ |
| $B_k = 1,85 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $B_k = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |

Дані контрольно-вимірювальних приладів представлені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 - Дані контрольно-вимірювальних приладів

| № | Прилад | Тип | S пр [В·А] |
|---|--------------|---------|------------|
| 1 | Амперметр | ЭА-0702 | 0,5 |
| 2 | Лічильник АЕ | СЭТ-4ТМ | 3,6 |
| 3 | Лічильник РЕ | СЭТ-4ТМ | 3,6 |
| 4 | Варметр | Н-395 | 2 |
| 5 | Ваттметр | Ц-301/1 | 0,5 |
| | Сумма: | | 10,2 |

Розрахунок вторинної навантаження трансформатора струму:

$$r_{прил} = \frac{10,2}{5^2} = 0,45 \text{ Ом} \quad r_{прил} = \frac{10,2}{5^2} = 0,45 \text{ Ом}$$

Для ТОЛ-СЕЩ 10 кВ в класі 0,5 $Z_{2ном} = 1,2 \text{ Ом}$. $Z_{2ном} = 1,2 \text{ Ом}$.

Допустимий опір провідника:

$$r_{пров} = 1,2 - 0,45 - 0,1 = 0,65 \text{ Ом.}$$

тоді:

$$q = \frac{\rho \cdot \sqrt{3} \cdot l_{роз}}{r_{пров}};$$

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-----------|---------|--|--|--|--|--|------|-----|
| й енергии | 4Т М | | | | | | | |
| Сумма: | | | | | | | 7,04 | 7,4 |

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\sum S_{\text{прил}} \times \cos\varphi_{\text{прил}})^2 + (\sum S_{\text{прил}} \times \sin\varphi_{\text{прил}})^2} = \sqrt{P_{\text{прил}}^2 + Q_{\text{прил}}^2} = 9,91 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Обраний трансформатор напруги НАЛИ - СЕЩ - 10 кВ має номінальну потужність в класі точності 0,5, необхідному для приєднання лічильників, 75 В·А. Таким чином:

$$S_{2\Sigma} \leq S_{\text{ном}}$$

$$11,7 \leq 75.$$

З проведених розрахунків зроблено висновок про можливість установки трансформатора напруги марки НАЛИ - СЕЩ - 10 кВ, так як технічні параметри трансформатора напруги задовольняють всім умовам перевірки.

2.7 Вибір обмежувачів перенапруги

До основних параметрів обмежувача відносяться:

- найбільша тривало допустима робоча напруга;
- номінальна напруга, номінальний розрядний струм, клас пропускної здатності;
- рівні залишкових напружень при комутаційних і грозових імпульсах;
- величина струму спрацьовування противибухового пристрою;
- довжина шляху витoku зовнішньої ізоляції.

Місця установки і відстані від обмежувачів до обладнання, яке підлягає захисту повинні відповідати вимогам.

Вибираємо обмежувачі перенапруги.

Для напруги 10 кВ вибираємо ОПН-10 / 11-10

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Для напруги 110 кВ вибираємо ОПН-110 / 73-10.

Таким чином обрані забезпечують необхідні вимоги до захисту системи електропостачання від перенапруг.

2.8 Вибір релейного захисту та автоматики підстанції ПС 110/10 кВ «Міська»

Мікропроцесорний пристрій «Сіріус» виконує функції захисту максимального струму.

Функції даного пристрою такі:

- 3-ступінчаста МТЗ з незалежної витримкою часу;
- 2-ступінчаста дифф. захист.

Дане технічне засіб РС83-ДТ2 може забезпечуватися електроенергією як від джерела постійного, так і від джерела змінного оперативного струму.

Всі наявні дані в пристрої передаються диспетчеру і можуть оброблятися за місцем або дистанційно.

2.8.1 Розрахунок уставок захисту трансформатора із застосуванням пристрою «Сіріус Т»

Параметри терміналу «Сіріус Т» для захисту силового трансформатора, зі схемою Y / Δ:

- на ВН - зірка;
- на НН - трикутник.

Електричне навантаження (максимальна) силового трансформатора –
 $S_{н.маx} = 51,20 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Значення струмів КЗ (максимальний / мінімальний режим) на стороні 110 кВ (точка К1) і шинах 10 кВ (точка К2) представлені в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 - Значення струмів КЗ

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| Величина напруги | Режим ЕС | Струм КЗ |
|------------------|--------------|-----------------------------------------|
| Сторона 110 кВ | Максимальний | $I_{K1 \max}^{(3)ВН} = 4827 \text{ А}$ |
| | Мінімальний | $I_{K1 \min}^{(3)ВН} = 2357 \text{ А}$ |
| Сторона 10 кВ | Максимальний | $I_{K2 \max}^{(3)НН} = 24840 \text{ А}$ |
| | Мінімальний | $I_{K2 \min}^{(3)НН} = 21323 \text{ А}$ |

Значення струмів короткого замикання в К2, наведені до сторони ВН визначаються за виразом:

$$I_{K2}^{(3)ВН} = \frac{I_{K2}^{(3)НН}}{k_T}$$

Де $I_{K2}^{(3)НН}$ $I_{K2}^{(3)НН}$ - струм 3х-фазного КЗ на стороні 10 кВ; k_T k_T – коефіцієнт трансформації СТ.

Струм короткого замикання в максимальному режимі електроенергетичної системи:

$$I_{K1 \max}^{(3)ВН} = \frac{24840}{115/10,5} = 1361 \text{ А.}$$

Струм КЗ в мінімальному режимі електроенергетичної системи:

$$I_{K1 \max}^{(3)ВН} = \frac{21323}{115/10,5} = 1168 \text{ А.}$$

2.8.2 Розрахунок уставок диференціального захисту трансформатора

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Диференціальний захист реалізується на основі терміналу типу «Сіріус Т». Методика вибору уставок представлено нижче:

- З нашого боку ВН - 110 кВ, коефіцієнт вирівнювання:

$$K_{B1} = \frac{I_{\text{НОМ.ТС ВН}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{НОМ.ТР НН}}},$$

$$K_{B1} = \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 160,8} = 1,08$$

На стороні НН - коефіцієнт вирівнювання:

$$K_{B2} = \frac{I_{\text{НОМ.ТС НН}}}{I_{\text{НОМ.ТР НН}}},$$

$$K_{B2} = \frac{3000}{2936,05} = 1,02.$$

Уставки по струму знаходяться:

$$I_{\text{уст ВН}}^{\text{Д}} = \frac{5 \cdot 1}{1,08} = 4,6 \text{ А.}$$

$$I_{\text{уст НН}}^{\text{Д}} = \frac{5 \cdot 1}{1,02} = 4,9 \text{ А.}$$

Струм спрацьовування:

$$I_{\text{с НН}}^{\text{Д}} = \frac{I_{\text{уст ВН}}^{\text{Д}} \cdot K_{\text{ТТ.ВН}}}{K_{\text{СХ.ВН}}},$$

$$I_{\text{с НН}}^{\text{Д}} = \frac{4,6 \cdot 300/5}{\sqrt{3}} = 159,54 \text{ А}$$

Коефіцієнт чутливості:

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.ММ}}^{(2)}}{I_{\text{СР.ТО}}};$$

$$I_{\text{КЗ.ММ}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{КЗ}}^{(2)}$$

$$I_{\text{КЗ.ММ}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1168 = 1010 \text{ A};$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{1010}{159,64} = 6,33 > 2.$$

Уставка по вторинному струму спрацьовування:

$$I_{\text{уст.ВН}}^{\text{до}} = \frac{5 \cdot I_{\text{ср}}^{\text{до}}}{K_{B_1}};$$

$$I_{\text{уст.ВН}}^{\text{до}} = \frac{5 \cdot 6}{1,08} = 27,78 \text{ A};$$

$$I_{\text{уст.ВН}}^{\text{до}} = 28 \text{ A}$$

$$I_{\text{уст.НН}}^{\text{до}} = \frac{5 \cdot I_{\text{ср}}^{\text{до}}}{K_{B_2}};$$

$$I_{\text{уст.НН}}^{\text{до}} = \frac{5 \cdot 6}{1,02} = 29,41 \text{ A};$$

$$I_{\text{уст.НН}}^{\text{до}} = 30 \text{ A}$$

Ступінь відсічення диференціальної:

$$I_{\text{сз ВН}}^{\text{до}} = \frac{28 \cdot 300/5}{\sqrt{3}} = 971,09 \text{ A}.$$

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

За відомим значенням струму трифазного КЗ в мінімальному режимі в точці К1 знайдемо струм двофазного КЗ:

$$I_{K1min}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2357 = 2041 \text{ A};$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{2041}{971,09} = 2,11 \geq 1,5$$

Перший ступінь відсічення терміналу «Сіріус Т» задовольняє вимогам.

РОЗДІЛ III. ТЕХНІКО ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Собівартість проектування модернізації включає в себе витрати, що утворюють собівартість продукції та групуються відповідно до їх економічного характеру за такими елементами:

3.1 Витрати на оплату праці та відрядження на соціальні потреби.

3.1 Таблиця з графіком виконання робіт в залежності від ступеня кваліфікації персоналу

| № п/п | Найменування робіт | Загальна трудомісткість (люд/год) | Трудомісткість по розрядах | | |
|----------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|----|----|
| | | | 5 | 4 | 3 |
| 1 | Підготовчі роботи | 50 | 41 | 20 | 22 |
| 2 | Монтаж обладнання для лінії електропередач | 110 | 47 | 27 | 23 |
| 3 | Встановлення та підключення Т | 80 | 23 | 27 | 18 |
| 4 | Монтаж електрообладнання на підстанції | 60 | 25 | 28 | 33 |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | | |
|----------------|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| 5 | Налагоджування схеми електропостачання | 25 | 29 | 41 | 15 |
| Загалом годин: | | 325 | 165 | 143 | 111 |

3.2. Витрати на заробітну плату

Розрахунки заробітної плати здійснюються за формулами:

$$ЗП_{осн} = T_{ТМ} \cdot T_{Ci}, \text{ грн.}$$

де $T_{ТМ}$ $T_{ТМ}$ – трудо місткість ро біт по i -му розряду, го дин; $T_{Тс}$ $T_{Тс}$ – годинна тарифна ставка по розряду, в грн.

$$ЗП_{осн.3р.} = ЗП_{осн.3р.} = 111 \times 28,75 = 3191 \text{ грн.}$$

$$ЗП_{осн.4р.} = ЗП_{осн.4р.} = 143 \times 31,25 = 4469 \text{ грн.}$$

$$ЗП_{осн.5р.} = ЗП_{осн.5р.} = 165 \times 35,80 = 5907 \text{ грн.}$$

3.3. Додаткову заробітню плату

Беремо в розмірі 30% від заробітної плати і розраховуємо за формулами:

$$ЗП_{до р.} = \frac{ЗП_{осн.} \cdot 30\%}{100}, \text{ грн.}$$

$$ЗП_{до 3р.} = \frac{3191 \times 30}{100} = 957 \text{ грн.}$$

$$ЗП_{до 4р.} = \frac{4469 \times 30}{100} = 1341 \text{ грн.}$$

$$ЗП_{до 5р.} = \frac{5907 \times 30}{100} = 1772 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на оплати праці розраховуються за формулами:

$$ЗП_{заг} = ЗП_{осн} + ЗП_{до р.}$$

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$$ЗП_{\text{заг.3р.}} = ЗП_{\text{заг.3р.}} = 3191 + 957 = 4148 \text{ грн.}$$

$$ЗП_{\text{заг.4р.}} = ЗП_{\text{заг.4р.}} = 4469 + 1341 = 5810 \text{ грн.}$$

$$ЗП_{\text{заг.5р.}} = ЗП_{\text{заг.5р.}} = 5907 + 1772 = 7679 \text{ грн.}$$

Суми єдиного соціального внеску залежать від класу професійного ризику, здійснюються за ставками та установлюються за видом діяльності. Підприємство відносять до 17 класу ризику, тому розмір єдиного внеску становить 37,06 % від загальної суми яка йде на на оплату праці.

Розмір єдиного соціального внеску розраховуємо за формулами:

$$V_c = \frac{ЗП_{\text{заг}} \cdot 37,06}{100}$$

$$V_{c \text{ 3р.}} = \frac{4148 \times 37,06}{100} = 1537 \text{ грн.}$$

$$V_{c \text{ 4р.}} = \frac{5810 \times 37,06}{100} = 2153 \text{ грн.}$$

$$V_{c \text{ 5р.}} = \frac{7679 \times 37,06}{100} = 2845 \text{ грн.}$$

Отримані данні заносимо в таблицю:

| № | Професія | Розряд | Годин | Ставка грн/год | Основна Заробітня плата | Додаткова Заробітня плата | Загальний фонд оплати праці |
|---|-------------------|--------|-------|----------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1 | Електро-монтажник | 3 | 111 | 28,75 | 3191 | 957 | 4148 |

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----------|-------------------|---|-----|-------|-------|------|-------|
| 2 | Електро-монтажник | 4 | 143 | 31,25 | 4469 | 1341 | 5810 |
| 3 | Електро-монтажник | 5 | 165 | 35,80 | 5907 | 1772 | 7679 |
| Загалом: | | | 419 | | 13567 | 4070 | 17637 |

Загально виробн ичівитрати складають 180% від основної заробітної плати персоналу:

$$V_b = \frac{\sum ZP_{\text{осн.}} \cdot 180\%}{100}, \text{ грн.}$$

$$V_b = \frac{17637 \times 180}{100} = 31746,7 \text{ грн}$$

3.4. Матеріальні витрат на реалізацію проекту.

Витрати на електростаткування, комплектуючі, електромотаж та доп. матеріали визначаємо на ґрунтуючись обраним обладнання в розділі 2 розрахункової частини дипломного проекту.

| № | Найменування електроробладнання | Кіл. | Ціна Грн. | Балансова вартість Грн. |
|---|-----------------------------------------------|------|--------------|-------------------------------|
| 1 | Трансформатор ТРДН-40000/110/10 | 2 | 1 747 978 | 3 495 956 |
| 2 | Трансформатор струму ТГФМ - 110 Б - 1 - У1 | 6 | 4500 | 27000 |
| 3 | Трансформатор напруги НКФ - 110 - 83 | 2 | 53 000 | 106 000 |
| 4 | Обмежувачів перенапруги ОПН-110 / 73-10 | 2 | 2660 | 5320 |
| 5 | Вимикач ВГТ-110-31,5/1000 У1 | 2 | 259 000 | 518 000 |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | |
|----------|-------------------------------------------|----|--------|-----------|
| 6 | Вимикач КРП-СЕЩ-70 | 13 | 8536 | 102 432 |
| 7 | Роз'єднувач РГП-110/1000 УХЛ 1 | 8 | 32 200 | 257 600 |
| 8 | Трансформатор струму ТОЛ - 10 | 6 | 5950 | 35700 |
| 9 | Трансформатор напруги НАЛИ - 10 кВ | 2 | 28450 | 56900 |
| 10 | Обмежувачів перенапруги ОПН-10 / 11-10 | 2 | 1226 | 2452 |
| 11 | Мікропроцесорний пристрій РС83-ДТ2 | 2 | 10200 | 20400 |
| 12 | Диференціальний захист «Сіріус 2Т» | 2 | 43670 | 87340 |
| Загалом: | | | | 4 714 500 |

3.5 Транспортні витрати

Середній відсоток за даними базовою підприємства становить 9% від вартості самого устаткування та комплектуючих, і обчислюються за даною формулою:

$$V_{\text{т}} = \frac{V_{\text{об}} \cdot 9\%}{100}, \text{ грн.}$$

де $V_{\text{об}}$ $V_{\text{об}}$ - вартість обладнання та комплектуючих.

$V_{\text{тр}}$ $V_{\text{тр}}$ - розмір транспортних витрат на базовму підприємстві.

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$$V_T = \frac{4714500 \times 9}{100} = 424\,305 \text{ грн.}$$

3.6. Розрахунок сумарних витрат на електромонтаж системи електропостачання.

Розрахунок сумарних витрат визначаються за формулою:

$$V_{\text{сумм}} = V_{\text{осн.ЗП}} + V_{\text{дод.ЗП}} + V_c + V_{\text{мат.}} + V_{\text{інші}} + V_T, \text{ грн.}$$

де $V_{\text{осн.ЗП}}$ $V_{\text{осн.ЗП}}$ – витрати на основну заробітну плату, грн.

$V_{\text{дод.ЗП}}$ $V_{\text{дод.ЗП}}$ – витрати на додаткову заробітну плату, грн.

V_c V_c – соціальні відрахування, грн.

$V_{\text{мат}}$ $V_{\text{мат}}$ – витрати на матеріали для реконструкції, грн.

$V_{\text{в}}$ $V_{\text{в}}$ – витрати інші (накладні), грн.

V_T V_T – транспортні витрати.

$$\begin{aligned} V_{\text{сумм}} &= 13567 + 4070 + 6535 + 4\,714\,500 + 31746,7 + 424\,305 \\ &= 5\,194\,723,7 \text{ грн.} \end{aligned}$$

3.7 Розрахунок витрат на проектування схеми електропостачання.

Показників для базових підприємств ми дізнаємося суму витрат на проектування, яка становить 4% від сумарних витрат на електромонтаж.

Витрати на проектну документацію обчислюють за формулою:

$$V_d = \frac{V_{\text{сумм}} \cdot 4\%}{100}, \text{ грн.}$$

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

де $V_{\text{сумм}}$ $V_{\text{сумм}}$ - сумарні витрати на електромонтаж, грн.

$V_{\text{д}}$ $V_{\text{д}}$ - витрати на проектну документацію, грн.

$$V_{\text{п.д}} = \frac{4\,714\,500 \times 4}{100} = 188\,580 \text{ грн.}$$

3.8 Кошторис на монтаж схеми електропостачання

| № з/п | Види витрат | Сума витрат, грн. |
|-------|-------------------------------------------------|-------------------|
| 1 | Витрати на основну заробітну плату | 13567 |
| 2 | Витрати на додаткову заробітну плату | 4070 |
| 3 | Відрахування на соціальні заходи | 6535 |
| 4 | Інші (накладні витрати) | 31746,7 |
| 5 | Витрати на електрообладнання та матеріали | 4 714 500 |
| 6 | Транспортні та заготівельно - складські витрати | 424 305 |
| 7 | Витрати на проектування | 188 580 |
| | Всього | 5 383 303,7 |

Висновок

У цьому кваліфікаційної роботі було розглянуто питання вибору реконструкції понизительной підстанції «Міська» -110/10 кВ. Виконано розрахунки електричних навантажень і струмів КЗ. За ним були розраховані і

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

обрані обладнання яке встановлюється в розподільних пристроях ВРП-110, РП-10 кВ понизительной підстанції «Міська».

В результаті вбрання обладнання дозволяє забезпечити надійне електропостачання району. Відповідає всім вимогам що ставляться до електроустаткування електричних мереж, а модернізація трансформаторного парку і установка двох трансформаторів ТРДН- 40000/110/10 дозволить забезпечити підключення новозведених промислових підприємств якісною електричною енергією з перспективою розвитку.

Цілі і завдання даної кваліфікаційної роботи виконані.

1. Види трансформаторних підстанцій // Електромонтажна компанія
Максвел. URL:

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

<http://www.maksvel.com.ua/index.php/statti/72-vydy-transformatornykh-pidstantsi>.

2. Трансформатор силовий ТРДН-40000/110

URL: <http://bemz.by/electro/transformers/89-trdn40000.html>

3. СИРИУС-Т - микропроцессорное устройство основной защиты двухобмоточного трансформатора

URL: https://www.kipkr.ru/catalog/sredstva_releynoy_zashchity_i_avtomatiki/sirius_t/

4. Довідник з проектування електропостачання / Под ред. Ю.Г. Барибіна і ін. М.: Вища школа, 1990..

5. Довідник енергетика. Підручник. / В.І. Григор'єв - М.: Колос, 2006.

6. Електротехнічний довідник: У 4 т. Т.3. виробництво, передача і розподіл

7. Електротехнічний довідник: У 4 т. Т.3. виробництво, передача і розподіл електричної енергії / За заг. ред. В.Г. Герасимова і ін. М.: МЕІ, 2002.

8. Електротехнічний довідник: У 4 т. Т.3. виробництво, передача і розподіл електричної енергії / За заг. ред. В.Г. Герасимова і ін. М.: МЕІ, 2002.

9. Самоліна, О.В. Релейний захист понизительной трансформаторної підстанції: навчальний посібник / О.В. Самоліна : ТГУ, 2007.

10. Щербаков, Е.Ф. Розподіл електричної енергії на підприємствах: навчальний посібник / Е.Ф. Щербаков, А.Л. Дубов : УГТУ, 2006.

11. Трансформатори. Трансформаторні підстанції. Розподіл та споживання електроенергії // Nebotan.Info.

URL: <http://nebotan.info/utilities/transformers.php>.

12. КРУ: URL
<https://www.electroshield.ru/catalog/komplektnye-raspredelitelnye-ustroystva/kru-seshch-70-6-10-15-20-kv/>

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Правила дотримання техніки безпеки під час робочого процесу

1. Загальні вимоги охорони праці

Експлуатація електроустановок тягової підстанції повинен здійснювати спеціально підготовлений електротехнічний персонал.

Електромеханіком по обслуговуванню і ремонту тягової підстанції може бути особа, якій виповнилося 18 років, фізично і психічно здорова. Стан здоров'я визначається медичним оглядом. При прийомі на роботу повинен пройти вступний, первинний інструктажі, навчання на робочому місці, перевірку знань з видачею посвідчення з електробезпеки з наступною перевіркою знань щороку. Підставою для допуску до самостійної роботи є висновок комісії з перевірки знань. Посвідчення на допуск до роботи в електроустановках при виробництві робіт електромонтер повинен мати при собі. Електромеханік тягової підстанції повинен знати і виконувати :

Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів в обсязі відповідної кваліфікаційної групи;

Правила застосування та випробування захисних засобів;

Правила надання першої допомоги постраждалих від електричного струму і при інших нещасних випадках;

Правила безпечних виконання робіт з електроінструментом;

Правила пожежної безпеки на залізничних коліях;

Правила безпеки для працівників залізничного транспорту на електрифікованих лініях.

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Електромеханік тягової підстанції повинен знати і виконувати вимоги нормативних актів з охорони праці, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та ін. засобами виробництва на своєму робочому місці, виконувати вимоги даної інструкції, не виконання цих вимог повинно розглядатися як порушення трудової дисципліни.

Робочим місцем електромонтера тягової підстанції є розподільний пристрій розташований на території зони обслуговування тягової підстанції.

Небезпечними факторами на робочих місцях є: електричний струм, висота, температура навколишнього середовища, ожеледь, вітер, гроза, вантажопідйомні механізми, наведену напругу.

Електромеханік тягової підстанції повинен підтримувати порядок на робочому місці. Стежити за справністю спецодягу та спецвзуття. Їжу слід приймати в кімнаті прийому їжі. Особистий одяг і спецодяг повинна зберігатися в ящиках. Для профілактики простудних захворювань необхідно стежити, щоб одяг і взуття не були мокрими, уникати протягів, не переохолоджуватися і не перегрівати тіло.

2. Вимога безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи електромонтер повинен розпорядження, при виконанні робіт в поточній експлуатації оформити запис у журналі.

Перевірити стан робочого місця, інструменту, обладнання, спеціальним робочим одягом, усунути виявлені дефекти і несправності. Отримати

дозвіл на робіт за порядком або розпорядженням від допускає або виробника робіт.

Для забезпечення безпечного виконання робіт зі зняттям напруги повинно бути вимкнено електрообладнання на якому буде виконуватися робота, а також не огорожені струмовідні частини, до яких можливе наближення людей або використовуються ними ремонтної оснастки та інструменту.

В електроустановках понад 1000 В з усіх боків звідки комутаційними апаратами може бути

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

подана напруга на робоче місце, має бути видимий розрив відключенням роз'єднувачів, рубильників, зняттям запобіжнику, від'єднання шин, проводів.

У електроустановках до 1000 В на яких буде проводитися робота, напруга має бути знята з усіх боків відключенням комутаційних апаратів та зняттям при наявності в схемі запобіжників.

При роботах на трансформаторах напруги додатково повинні бути відключення ланцюга до 1000 В для виключення зворотної трансформації.

Для підготовки робочого місця при виконанні робіт зі зняттям напруг повинні бути виконані технічні заходи в такій послідовності:

накладено заземлення (включені заземлюючі ножі, а там де вони відсутні - встановлені переносні заземлення);

вивішені попереджувальні і розпорядчі плакати і огорожені робочі місця і залишилися під напругою струмоведучі частини.

В електроустановках вище 1000 У заземлення накладаються на струмовідні частини всіх фаз, відключеного проведеної необхідні відключення і вжиті заходи, що перешкоджають подачі напруги до місця роботи в слідстві помилкового або мимовільного включення комутаційної апаратури;

на приводах ручного і ключах дистанційного керування комутаційної апаратури вивішені забороняють плакати;

перевірено відсутність напруги на струмоведучих частинах, на яких має бути накладено заземлення для захисту людей від ураженням електричним бути подана напруга, за винятком відключених для виробництва робіт збірних шин, на які достатньо накласти одне заземлення.

У всіх випадках, за винятком струмом;

для виробництва робіт ділянки даної електроустановки (з усіх боків, звідки може ВРП-110 кВ, де з місця робіт не видно заземлюючі ножі, на місце

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

робіт накладаються переносні заземлення. Заземлення повинні бути накладені в місцях, очищених від фарби і облямованих чорними смугами. В електроустановках, конструкція яких така, що накладення заземлення небезпечне або неможливе (наприклад, у ГРШ шафі і власних потреб, ТН-110 кВ) при підготовці робочого місця повинні бути прийняті додаткові заходи безпеки, що перешкоджають помилковому поданню напруги до місця робіт (ножі або верхні контакти роз'єднувачів, рубильників, автоматів затуляються гумовими ковпачками або жорсткими накладками з ізолюючого матеріалу, запобіжники, ввімкнені послідовно з комутаційною апаратурою знімаються і т. п.)

Допуск бригади дозволяється тільки по одному наряду. Перед допуском бригади виконавець робіт з допускаючим повинен перевірити підготовку робочого місця. Виробник робіт і всі члени бригади повинні отримати інструктаж від видає наряд, розпорядження щодо заходів безпеки та обсягу робіт. Без проведення інструктажу допуск бригад до роботи заборонений.

Перед початком роботи з ручними електричними машинами, переносними світильниками та електроінструментом слід зробити:

перевірку комплектності і надійності кріплення деталей;

перевірку зовнішнім оглядом справності кабелю, штепсельної вилки, цілості ізолюючих деталей корпусу, рукоятки і кришок щіткотримача, наявність захисних кожухів і їх справності.

перевірку чіткості роботи вимикача;

перевірку роботи на холостому ходу.

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

3. Вимоги безпеки під час роботи

При роботах в електроустановках.

Роботи в електроустановках щодо заходів безпеки поділяються на виконувані зі зняттям напруги, без зняття напруги на струмоведучих частинах і поблизу них; без зняття напруги далеко від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

При роботі в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмовідних частинах і поблизу них необхідно:

Ні за яких обставин не можна розширювати робоче місце, певне нарядом або розпорядженням. Робоче місце огорожується мотузковим огорожею. Забороняється виходити за межі огорожі.

При виробництві робіт без зняття напруги на струмовелдещіх частинах за допомогою ізолюючих засобів необхідно:

тримати ізолюючі частини засобів захисту до обмежувального кільця;

розташовувати ізолюючі частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмовідними частинами фаз або на землю;

користуватися тільки сухими і чистими ізолюючими частинами засобів захисту з неушкодженими лаковим покриттям;

при виявленні порушення лакового покриття чи інших несправностей захисних засобів, використовувати для заземлення проводу, не призначені для цієї мети.

Допускається тимчасове зняття переносних заземлень встановлених при підготовці робочого місця, якщо це потрібно за характером робіт (вимірювання ізоляції і т. п.).

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

У нічний час доби робоче місце і проходи до нього повинні бути освітлені. При наближенні грози повинні бути припинені роботи на ЛР фідерів контактної мережі та ДПР, в кабельних отсеках РН-10 кВ і СЦБ, ЛР введів 110 кВ.

При виявленні замикання на землю забороняється наближатися до місця замикання на відстань менше 4 м в закритих і менше 8 м у відкритих РУ.

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |