

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ “КИЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

Факультет електроенергетики та автоматики

Кафедра автоматизації енергосистем

«до захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.І. Толочко

“ 11” Червня 2020 р

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації Управління, захист та автоматизація енергосистем

на тему: **Релейний захист та телемеханіка КП «КИЇВТЕПЛОЕНЕРГО»**

Виконав: студент 3 курсу, групи ЕК-зп 71

_____ Студьонов Сергій Володимирович

Керівник _____ Дмитренко Олександр Олексійович

Консультант _____.

Рецензент _____.

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____.

Київ — 2020 року

Національний технічний університет України

**“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”**

Кафедра Автоматизації енергосистем

Рівень вищої освіти — перший (бакалаврський)

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізація Управління, захист та автоматизація енергосистем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.І.Толочко _____

_____ 11 _____ Червня _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Студьонову Сергію Володимировичу

1. Тема проекту: Релейний захист та телемеханіка КП «Київтеплоенерго»

керівник проекту _____ Дмитренко Олександр Олексійович

затверджені наказом по університету від 28.04.2020 р. № 1050-с

2. Термін подання студентом проекту

3. Вихідні данні до проекту :

- Головна схема електричних з'єднань трансформаторної підстанції,
специфікації електрообладнання, ПУЕ, описи пристроїв РЗА.

4. Зміст пояснювальної записки: опис первинного устаткування підстанції
110/35/10/3 кВ, вимоги до релейного захисту трансформатору 10/3,15 кВ,
розрахунок релейного захисту трансформатору 10/3,15 кВ.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень,
плакатів, презентацій тощо): первинна схема устаткування підстанції СТ-2
110/35/10/3 кВ, ланцюги змінного та постійного струму релейного захисту
трансформатору 10/3,15 кВ, уставки релейного захисту трансформатору 10/3,15
кВ.

6. Дата видачі завдання

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту | Термін виконання етапів проекту | примітка |
|-------|---|---------------------------------|----------|
| 1 | Ознайомлення зі схемою первинного устаткування підстанції 110/35/10/3 кВ | 29.04-12.05.2020 | Виконано |
| 2 | Ознайомлення з вимогами до релейного захисту трансформатору 10/3,15 кВ | 13.05-16.05.2020 | Виконано |
| 3 | Вибір типів та пристроїв релейного захисту трансформатору 10/3,15 кВ | 17.05-21.05.2020 | Виконано |
| 4 | Розробка схем змінного та постійного струму релейного захисту трансформатору 10/3,15 кВ | 22.05-25.05.2020 | Виконано |
| 5 | Розрахунок уставок релейного захисту трансформатору 10/3,15 кВ | 26.05-30.05.2020 | Виконано |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки | 31.05-6.05.2020 | Виконано |
| 7 | Оформлення графічного матеріалу | 7.05-10.05.2020 | Виконано |
| | | | |

Студент

С.В.Студьонов

Керівник проекту

О.О.Дмитренко

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

| № З/П | Фор мат | Позначення | Найменування | Кількі сть листів | Примітка |
|----------|------------|------------------|---|-------------------------|----------|
| 1 | A4 | 141.7109.1050.ДБ | Завдання на дипломний проект | 1 | |
| 2 | A4 | 141.7109.1050.ДБ | Пояснювальна записка | 1 | |
| 3 | A1 | 141.7109.1050.ТК | Основна схема ПС.110/35/10/3,15кВ | 1 | |
| 4 | A1 | 141.7109.1050.ТК | Ланцюги змінного та постійного струму релейного захисту трансформатору 10/3,15 кВ | 1 | |
| 5 | A1 | 141.7109.1050.ТК | Уставки релейного захисту трансформатору 10/3,15 кВ | 1 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|--------|----------|---|--|--|-------------------------------|------|--------|---|---|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | РОЗРОБКА СХЕМИ ЗМІННОГО ТА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТРАНСФОРМАТОРА | | | Літера | Лист | Листів | | |
| Розробив | | Студьонов | | 11.06.20 | | | | | | | 3 | 1 |
| Перевірів | | Дмитренко | | 11.06.20 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | НТУУ „КПІ” ФЕА, гр. ЗЕК-11 | | | | |
| Н.контр. | | Настенко | | 11.06.20 | | | | | | | | |
| Затверд. | | Толочко.О.І | | 11.06.20 | | | | | | | | |

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

на тему: Релейний захист та телемеханіка КП «КИЇВТЕПЛОЕНЕРГО»

Київ 2020 року

Реферат

Дипломний проект виконаний на аркушах, рисунок, таблиці, Злиста графічної частини, посилань.

Об’єкт дослідження — Трансформаторна підстанція 111/35/10/3 кВ та релейний захист трансформатора Т-10 10/3 кВ

Предмет дослідження — Реконструкція релейного захисту трансформатора Т-10

Мета дослідження — Підвищення надійності релейного захисту, повна заміна застарілого обладнання на нове.

В дипломному проекті наведено загальний опис обладнання підстанції 110/35/10/3 кВ СТ-2 (станція теплопостачання 2), розраховані струми короткого замикання підстанції, описане основне обладнання ПС 110/35/10/3кВ СТ-2
Описаний та вибраний новий релейний захист, розраховані ставки захисту, приведені основні вимоги до релейного захисту.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 6 |

Abstract

Thesis project is made on sheets, figures, tables, 3 sheets of the graphic part, links.

Object of research - Transformer substation 111/35/10/3 kV and relay protection of transformer T-10 10/3 kV

Subject of research - Reconstruction of relay protection of transformer T-10

The purpose of the study - Improving the reliability of relay protection, complete replacement of obsolete equipment with new ones.

The diploma project provides a general description of the equipment of the 110/35/10/3 kV substation ST-2 (heat supply station 2), calculated short-circuit currents of the substation, describes the main equipment of the substation 110/35/10 / 3kV ST-2

New relay protection is described and selected, protection rates are calculated, the main requirements for relay protection are given.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | 7 |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | |

Зміст

| | |
|--|-----------|
| ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ..... | 9 |
| ВСТУП..... | 10 |
| 1.Опис первинного устаткування підстанції 110/35/10/3 кВ..... | 11 |
| 1.1 Опис головної схеми електричних з'єднань..... | 11 |
| 1.2 Навантаження підстанції і вибір кількості та потужності силових трансформаторів..... | 13 |
| 1.3 Розрахунок струмів короткого замикання..... | 15 |
| 1.4 Технічні характеристики первинного обладнання..... | 16 |
| 1.4.1 Вимикачі..... | 16 |
| 1.4.2 Силові трансформатори та трансформатори напруги..... | 26 |
| 1.4.3. Трансформатори струму..... | 34 |
| 1.4.4 Роз'єднувачі..... | 40 |
| 1.4.5 Вентильні розрядники та обмежувачі перенавантаження..... | 44 |
| 1.4.6 Опис розподільного пристрою 10 кВ..... | 48 |
| 2. Релейний захист трансформатора..... | 50 |
| 2.1 Релейний захист трансформатора..... | 53 |
| 2.1.1. Вимоги до релейного захисту трансформатора згідно ПУЕ..... | 53 |
| 2.1.2. Принцип дії захистів..... | 55 |
| 2.3.Вибір типу захистів трансформатора 10/3,15..... | 59 |
| 3 Розрахунок релейного захисту трансформатора.10/3,15.кВ..... | 62 |
| 3.2 Пристрій диференційного захисту MSCOM P-632..... | 62 |
| 3.2 Пристрій МТЗ УЗА-10А.2. | 63 |
| 3.3 Розрахунок уставок..... | 68 |
| ВИСНОВКИ..... | 72 |
| ЛІТЕРАТУРА..... | 7 |

Список скорочень

ТП - трансформаторна підстанція напругою 10/0,4 кВ;

ПЛ - повітряна лінія електропередачі;

РП - розподільний пункт;

К.З. - коротке замикання;

ТВП - трансформатор власних потреб;

ТН - трансформатор напруги вимірювальний;

ТС - трансформатор струму;

МСЗ - максимальний струмовий захист

ОПН - обмежувач перенапруги нелінійний

АВР - автоматичне включення резерву;

АПВ - автоматичне повторне вмикання;

РПН - регулятор напруги під навантаженням;

ПТЕ - правила технічної експлуатації;

ПУЕ - правила улаштування електроустановок.

ЗРП - закритий розподільчий пункт

ВРП - відкритий розподільчий пункт

СВ - секційний вимикач

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | 9 |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | |

Вступ

В дипломному проекті розглянута трансформаторна підстанція ТП 110/35/10/3 кВ що знаходиться на території СТ-2 (Станції тепlopостачання). СТ-2 раніше ТЕЦ-2/КРЕС тепловою потужністю 400 Гкал/г.

Одна з перших теплоелектростанцій в Україні. Київська районна електростанція побудована 1926 – 1930 р. друга черга в 1932 – 1935 р. Раніше установлена електрична потужність складала 50 мВА, а тепла – 575 Гкал/ч. На даний час генерації нема. Працює як станція тепlopостачання та розподільчій пристрій електроенергії. Від ТП 110/35/10/3 кВ живиться станція тепlopостачання (власні потреби), ПС Центральну, ПС Нивки, ДВС (Деснянська водонасосна станція) Підприємство, а саме склад намитого піску живляться електричні навантажувачі, місцеве навантаження лінії 10 кВ. Живиться ТП від двох повітряних ліній:

ПЛ 110 кВ ПС Оболонь та ПЛ-110 кВ від ТЕЦ-6

В дипломному проекті приведено первинне устаткування підстанції, розраховані струми короткого замикання, розглянуто сучасний релейний захист яким був замінений старий. Релейний захист трансформатора власних потреб Т-10, на трансформаторі використовувався релейний захист 1935 р виробництва. Що приводило до помилкових спрацювань захисту дорогого обслуговування та ремонту. Для збільшення надійності захисту та зниження затрат на обслуговування, ремонту було прийняте рішення модернізувати релейний захист трансформатора замінивши останній на сучасний.

Були проведені розрахунки уставок нового релейного захисту. Метою дипломного проекту було заміна застарілого релейного захисту новим сучасним, та більш надійним.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | 10 |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | |

1. Опис первинного устаткування підстанції

110/35/10/3 кВ

1.1 Опис головної схеми електричних з'єднань підстанції 110/35/10 кВ

В даному дипломному проекті представлена підстанція, що живить споживачів промислового значення та побутового значення. Зі сторони 110 кВ на підстанцію підведені дві повітряні лінії 110 кВ, відхідними є сім повітряні лінії 35 кВ та дві кабельні лінії 10 кВ для живлення станції теплопостачання №2.

На стороні високої напруги встановлено наступне первісне устаткування:

- 2 масляних понижуючих трансформатори ТДТН-63000/110-У1
- 2 трансформатори напруги НКФ-110
- Секційний та лінійні вимикач ВМТ-110Б-25/1250 УХЛ-1
- Вимірювальні трансформатори струму ТФЗМ-110 Б ШУ1 2000/5
- Обмежувач перенавантаження ОПН 110, вентельний розрядник РВС-110
- 2 Шинних роз'єднувача РДЗ-1 110/1000
- 2 Шинних роз'єднувача ЗЛНД-110/600

На стороні середньої напруги встановлено:

- 2 Трансформатори ТД-15000/35/10,5кВ
- 4 Трансформатори напруги НОМ 35
- Секційний роз'єднувач РЛНД -35/1000
- Секційний Вимикач МКП -35/1000
- 13 Шинних вимикачів МКП-35/1000
- 9 Шинних роз'єднувачів 35/600, чотири 35/1000
- Трансформатори струму:
ТВД-35 1500/5 — 15 шт.

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------|----------|----------|------|---|--|--|-------------------------------|------|--------|--|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | РОЗРОБКА СХЕМИ ЗМІННОГО ТА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТРАНСФОРМАТОРА | | | Літера | Лист | Листів | |
| Розробив | Студьонов | | 11.06.20 | | | | | | | | |
| Перевірів | Дмитренко | | 11.06.20 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Н.контр. | Настенко | | 11.06.20 | | | | | | | | |
| Затверд. | Толочко.О.І | | 11.06.20 | | | | | НТУУ „КПІ” ФЕА, гр. ЗЕК-11 | | | |

ТВД-35 1200/5 — 1 шт.

ТВД-35 600/5 — 7 шт.

ТВД-35 400/5 — 3 шт.

На стороні низької напруги знаходиться дві секції шин ЗРУ 10 кВ від яких живиться станція теплопостачання СТ-2 та місцеве побутове навантаження

Трансформатори:

- 3 Трансформатори ТМ-6300/10/3 кВ
- Трансформатор ТМ-5600/10/3 кВ
- 3 Трансформатори ТМ-560/10/0,4 кВ
- Трансформатор ТМ-400/3/0,4 кВ
- Трансформатор ТМ-560/10/0,4 кВ
- 2 Трансформатори ТМ-320/3/0,22 кВ
- 2 Трансформатори ТМ-250/3/0,22 кВ
- 2 Трансформатори ТМ-630/3/0,4кВ
- 2 Трансформатори напруги НТМИ-10

- Реактори:

- РБ-10,40 А 5% РБА-10, 200А 5% РБ-10, 300т 6%
- РБ-10, 1500 А 10% РБА-10, 200А 5,7% РБА-10, 600А 5%
- РБ-10, 300А 3% РБА-10, 400А 10% РБА-10, 1000 10%
- РБА-10 200А 5% РБА-10, 3000А 6% РБА-10, 30А 5%
- РБА-10, 500 5% РБА-10, 600А 10% РБ-10, 400А 10%
- РТСТ-10-630-0,4%

Вимикачі:

- МГГ-10/3000 HVX12-40-31-F-275-3151 ВВ/TEL-10-20/1000
- ВМГ-133/600 ВВ/TEL-10-12,5/630 ВМГ-133/1000
- МГГ-10/2000 МГГ-10/3000 ПТВ-1-10

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | 12 |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | |

- РЗВМ-10

НГГ-10/2000

НГГ-10/3000

ВВ/TEL-10-20/630

МГГ-10/5000

ВВ/TEL-10-20/1000

-Шинні роз'єднувачі:

Лінійні роз'єднувачі:

РЛВ-10/1000

РЗВ-1 10/600 А

РЗВУ-1 10/1000

ВН-16 200 А

РЛВ-3 10/1000

РВ-10/1000 А

РТВ-34 10/1000

РЛВ-3 10/1000 А

РВЗ 10/1000

РВЗ-10/630 А

РЗВГ 1 10/1000 А

Трансформатори струму:

ТПОФ-10 1500/5

ТПОЛУ-10 300/5

ТПОФ-10 600/5

ТПОФ-10 300/5

ТПОФ-10 600/5

ТПОФД-10 600/5

ТПОФ-10 1000/5

ТПОФД-10 1000/5

ТПФ-10 300/5

ТПШЛ-10 3000/5

ТПФ-10 600/5

ТПОЛ-10 600/5

ТЗЛ-10 200/5

ТПОЛ-10 400/5

ТПОФ-10 600/5

Розрядники вентильні:

РВО-10

1.2 Навантаження підстанції і вибір кількості та потужності силових трансформаторів

Вибір потужності трансформатора робиться по сумарному розрахунковому навантаженню, при умові нормального та після аварійного режимів, а також з урахуванням коефіцієнта поєднання максимумів навантаження:

$$2S_{\text{стр}} > S_p, \text{ де}$$

$S_{\text{стр}}$ — Встановлена потужність трансформаторів;

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 13 |

S_p — Навантаження на шинах вищої напруги.

Оскільки підстанція забезпечує електроенергією споживачів 1 та 2 категорії на ній мають бути встановлені два трансформатори, потужність трансформаторів обираєм так щоб при відключенні одного залишився у роботі трансформатор міг його замінити та видати задану потужність без порушення вимог ПТЕ до свого перевантаження.

В разі виходу з ладу одного з трансформаторів, навантаження має покрити другий трансформатор з врахуванням перевантажувальної здатності $K_{пер}=1,4$.

$$S_{тр} > S_n \cdot 1,4, \text{ де}$$

$$S_n = K_o \cdot S_N$$

$K_o = 0,8$ — коефіцієнт суміщення максимумів навантаження;

S_N — Повне максимальне навантаження на шинах нижчої напруги;

S_n — Прийняте навантаження на шинах нижчої з урахуванням K_o .

$$S_n = 45 \text{ мВА}$$

$$S_n = 0,8 \cdot 45 = 56,25 \text{ мВА}$$

Опираючись на розрахунки вище на підстанції з боку 110 кВ встановлені два трансформатори типу ТДТНГ-63000 110/35/11 з номінальною потужністю 63000 кВА

Згідно ПТЕ перенавантаження трансформатора може сягати 40% в після аварійному режимі роботи на час, який не перевищує п'яти діб, тобто має виконуватися умова

$$S_t > 0,7 \cdot S_{max}$$

Сумарне навантаження на шинах 35 кВ та 10 кВ підстанції становить:

$$S_N = 56,25 \text{ мВА}$$

$0,7 \cdot S_{max} = 0,7 \cdot 56,25 = 39,375 \text{ мВА}$ що задовольняє технічним (паспортним) даним трансформатора.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 14 |

1.3 Розрахунок струмів короткого замикання

Складання схеми заміщення:

Струм трифазного короткого замикання на шини підстанції:

На стороні 10 кВ — $I_K = 36,473$ кА

На стороні 35 кВ — $I_K = 8,991$ кА

На стороні 110 кВ — $I_K = 18,985$ кА

Постійна часу загасання аперіодичної складової струму короткого замикання і ударний коефіцієнт для системи.

На стороні 10 кВ: $T_a =$ с, $K_{уд} = 1,41$;

На стороні 35 кВ: $T_a =$ с, $K_{уд} = 1,41$;

На стороні 110 кВ: $T_a =$ с, $K_{уд} = 1,41$;

Миттєвий ударний струм:

на стороні 10 кВ: $i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_K = \sqrt{2} \cdot 1,41 \cdot 36,473 = 51,424$ кА;

на стороні 35 кВ: $i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_K = \sqrt{2} \cdot 1,41 \cdot 8,991 = 12,677$ кА;

на стороні 110 кВ: $i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_K = \sqrt{2} \cdot 1,41 \cdot 18,985 = 26,769$ кА.

Відповідне значення ударного струму:

на стороні 10 кВ:

$I_{уд} = K_{уд} \cdot I_K = 1,41 \cdot 36,473 = 51,422$ кА

на стороні 35 кВ:

$I_{уд} = K_{уд} \cdot I_K = 1,41 \cdot 8,991 = 12,677$ кА

на стороні 110 кВ:

$I_{уд} = K_{уд} \cdot I_K = 1,41 \cdot 18,985 = 26,769$ кА

Однофазний струм замикання на землю: $I_{кз} = 2,72$ кА.

Тривалий робочий струм на стороні 10 кВ:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{56250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 3247,5 \text{ А}$$

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 15 |

Тривалий робочий струм на стороні 35 кВ:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{56250}{\sqrt{3} \cdot 35} = 927,9 \text{ A}$$

Тривалий робочий струм на стороні 110 кВ:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{56250}{\sqrt{3} \cdot 110} = 295,2 \text{ A}$$

Потужність короткого замикання на стороні 110 кВ:

$$S_K = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_K = \sqrt{3} \cdot 110 \cdot 18,985 = 171,47 \text{ МВА}$$

З попередніх розрахунків струмів короткого замикання мережі 10 кВ видно, що вони не перевищують 20 кА, а отже виходячи з цього, реактори в ланцюгах силових трансформаторів не потрібні, а також згідно з ПУЕ передбачено використання обладнання з класом ізоляції А (нормальне виконання).

1.4 Технічні характеристики первинного обладнання

Нижче наведено технічні дані та короткий опис первинного обладнання, яке встановлене та функціонує на представлений підстанції:

1.4.1. Вимикачі

На стороні високої напруги встановлені вимикачі типу ВМТ-110Б- 25/1250, мало масляний, (рис. 1.1), що має один розрив на полюс. Всі три полюси встановлені на загальній звареній підставі - рамі 5, до якої прикріплений також і пружинний привід 1 типу ППК-2300.

Полюс вимикача є масло-наповнена колона, що складається з опорного і камерного ізоляторів, в якому розташовані дугогасний пристрої 3 з струмовими виводами 4, механізм керування і електронагрівальний пристрій. Нерухомий контакт однорозривного дугогасний пристрою, розташованого в камерному ізоляторі, жорстко укріплений на верхньому фланці з виводом 4. На нерухомому контакті закріплена камера зустрічно-поперечного дуття.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | 16 |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | |

Камерний ізолятор закритий зверху ковпаком. Для контролю за надлишковим тиском в ДП пристрої ковпак забезпечений манометром, пристосуванням для заповнення стисненим газом і для його випуску, випускним автоматичним клапаном, що підтримує надлишковий тиск на необхідному рівні, і показчиком рівня трансформаторного масла. Усередині камерного ізолятора встановлений епоксидний циліндр, що сприймає механічні напруги при роботі вимикача. Полюси вимикача заливуються трансформаторним маслом по ГОСТ 982-80, ГОСТ 10121-76, або арктичним трансформаторним маслом.

В середині опорного ізолятора розміщені ізоляційні тяги, що зв'язують рухливий контакт з механізмом управління.

Надійність роботи вимикача без повторних пробойів в режимі відключення ємнісних струмів ненавантажених ліній електропередачі забезпечується герметизацією масло наповнених колон, що знаходяться під постійним надлишковим тиском газу (0,5-1 МПа), надають перевагу азоту з відносною вологістю не більше 25%. Надмірний тиск підтримує високу електричну міцність між контактного проміжку, підвищує зносостійкість контактів, сприяє збереженню високої електричної міцності внутрішньої ізоляції незважаючи на зовнішні умови. Воно створюється стисненим газом, що подається від балонів або компресора, перед введенням вимикача в експлуатацію і зберігається без поповнення аж до чергової перевірки.

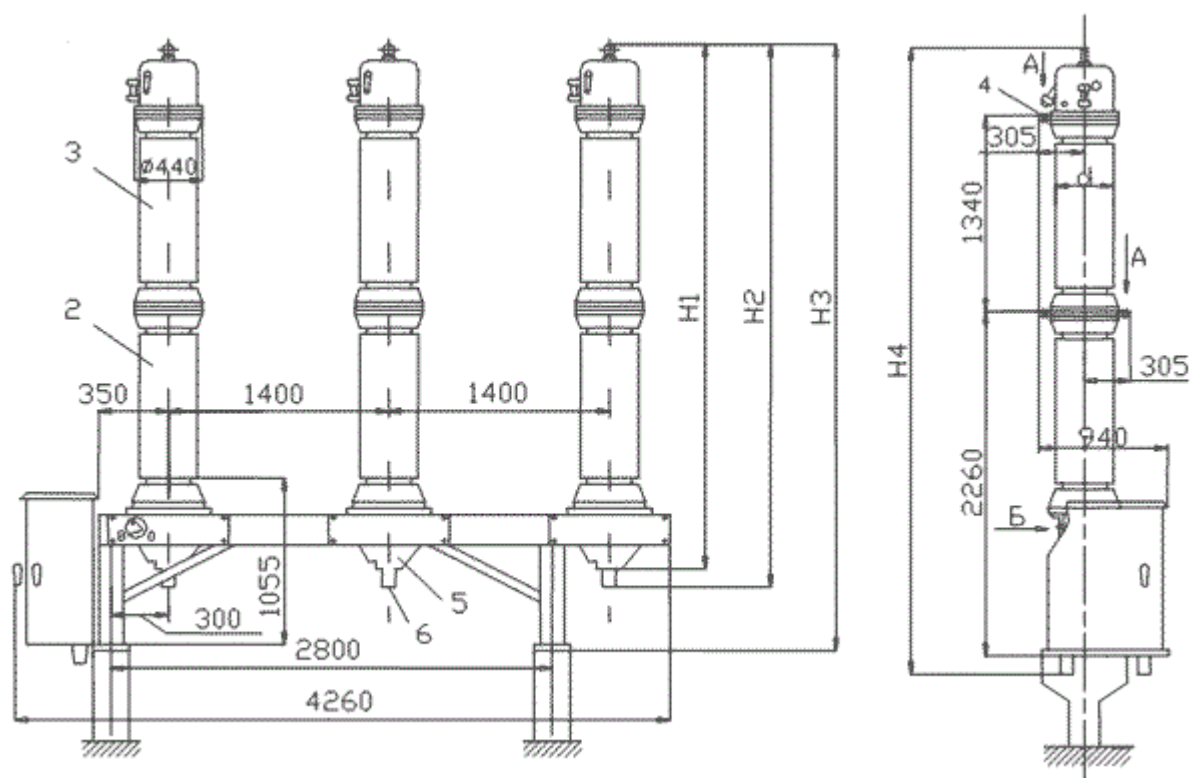


Рис. 1.1. Мало об'ємний МВ типу ВМТ-110Б

1 - привід ППК-2300; 2- ізолятор опорний; 3- дугогасний пристрій; 4 -вивід;

Табл.1.1 Паспортні дані ВМТ-110Б

| | |
|---------------------------------|------|
| Номинальна напруга, кВ | 110 |
| Номинальний струм, А | 1250 |
| Номинальний струм вимикання, кА | 25 |
| Електродинамічна стійкість, кА | 52 |
| Термічна стійкість, кА | 20 |
| Час вимикання, с | 0,2 |
| Час вимикання без привода, с | - |
| Час вимикання з приводом, с | 0,08 |

На стороні середньої напруги встановлено вимикач МКП-35/1000 масляного типу (рис.1.2)

Вимикачі високовольтні триполюсні масляного типу МКП-35, МКП-110-М, МКП-110-МП призначені для комутації високовольтних кіл змінного струму з

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 18 |

частотою 50 Гц ном. напругою 35 або 110 кВ відповідно в нормальних режимах, а також для автоматичного відключення цих кіл при коротких замкненнях і перевантаженні, які виникають в аварійних режимах. Вимикачі типу МКП-35, МКП-110-М складаються з трьох полюсів, з'єднаних в один агрегат

за допомогою міжполюсних з'єднувальних тяг. Управління вимикачами здійснюється одним спільним для трьох полюсів електромагнітним приводом ШПЭ-33.

Вимикач МКП-110-МП складається з трьох окремих полюсів. Управління кожним полюсом здійснюється своїм електромагнітним приводом ШПЭ-31.

Паспортні данні вимикача наведені в таблиці 1.2.

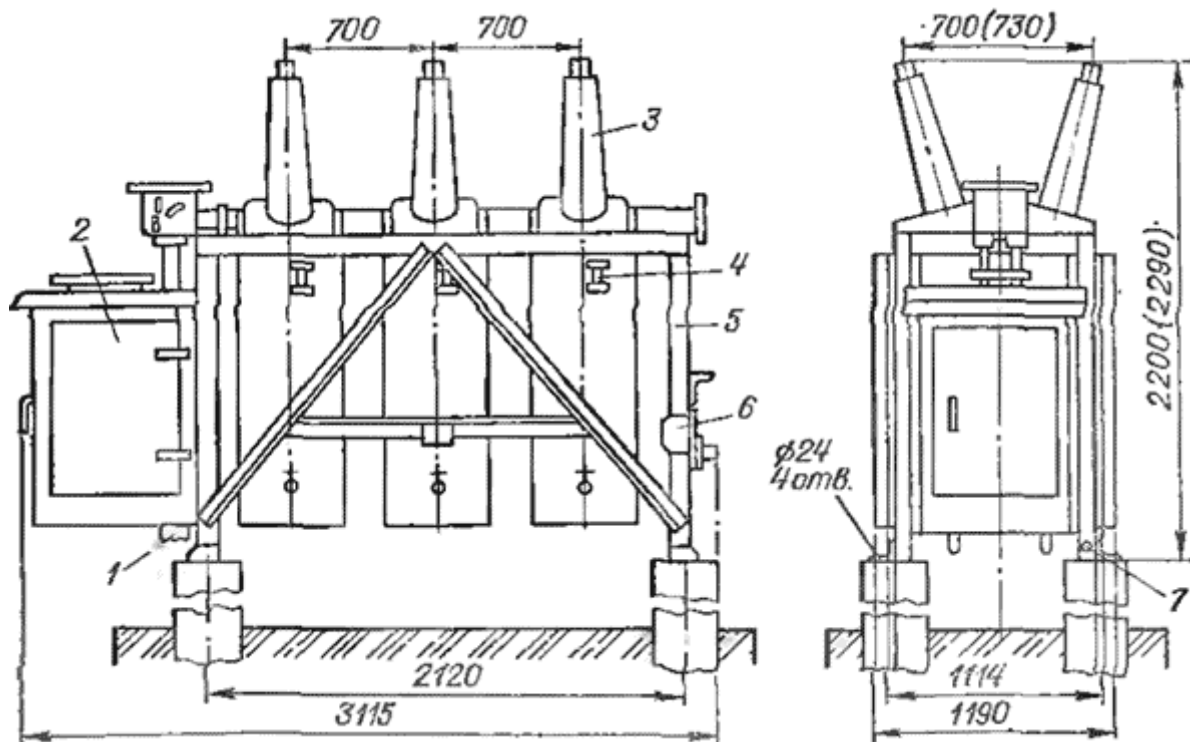


Рис. 1.2. Вигляд масляного вимикача МКП-35. 1- Муфта вводу кабеля; 2- Шафа з приводом;

3-Ввід; 4-Масло індикатор ; 5-Каркас; 6-Лебідка ; Болт заземлення

Паспортні данні вимикача таблиця 1.2

| Технічні характеристики | Значення параметрів |
|--|---------------------|
| Номинальна напруга, кВ | 35 |
| Номинальний струм, А | 1000 |
| Струм термічної стійкості, кА | 4 |
| Час вимкнення вимикача з приводом, не більше, с. | 0,4 |
| Найбільший наскрізний струм, кА | 25 |

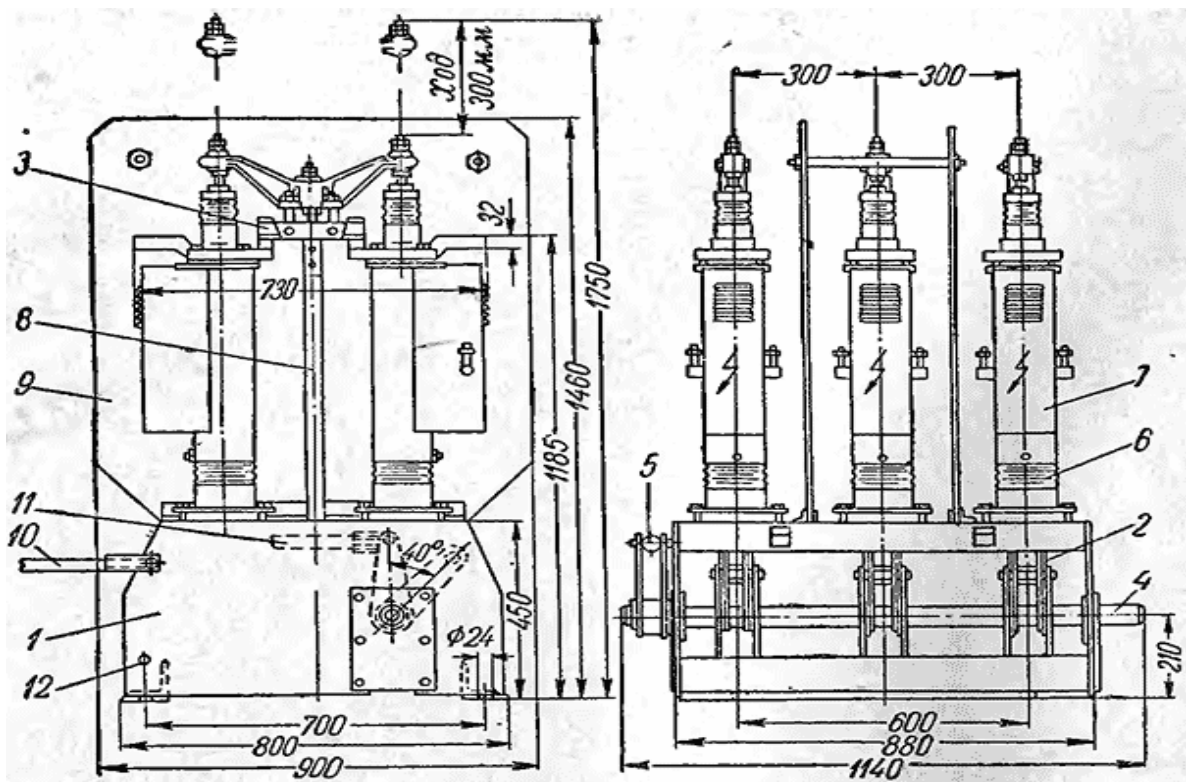
На стороні низької напруги вимкачі:

-1.МГГ-10 масляний вимикач призначений для внутрішніх установок змінного струму напругою 10 кВ, вимикач керується електромагнітним приводом ПЭ-2. Всі три полюси вимикача змонтовані на зварній рамі (мал 1.3) з отворами для кріплення вимикача. В середині рами знаходиться привідний механізм. Паспортні данні в таблиці 1.3

Паспортні данні таблиця 1.3

| | МГГ-10/3000 | МГГ-10/2000 | МГГ-10/5000 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Тип привіду | ШПЭ-31 | ШПЭ-31 | |
| Напруга кВ | 11 | 11 | 10 |
| Струм кА | 3,0 | 2,0 | 5 |
| Струм відключення кА | 45 | 45 | 63 |
| Струм сквозний | 120 | 120 | 170 |
| I термостійкість totкл | 45/4 | 45/4 | 64/4 |
| Час відключення с | 0,15 | 0,15 | 0,13 |

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 20 |



1.-Рама: 2- Привідний механізм: 3- Рухомі контакти: 4- Вал: 5- Ричаг:
6- Ізолятор: 7- Циліндр: 8- Ізолююча штанга: 9- Ізолюючі перегородки
10- Сталевий розпирний стрижень: 11- тяга до приводу: 12- болт приєднання
заземлення.

Рис. 1.3. Вигляд вимикача МГГ

-Масляний вимикач ВМГ-133 призначений для комутації кіл трифазного змінного струму номінальною напругою 10 кВ частотою 50 Гц.

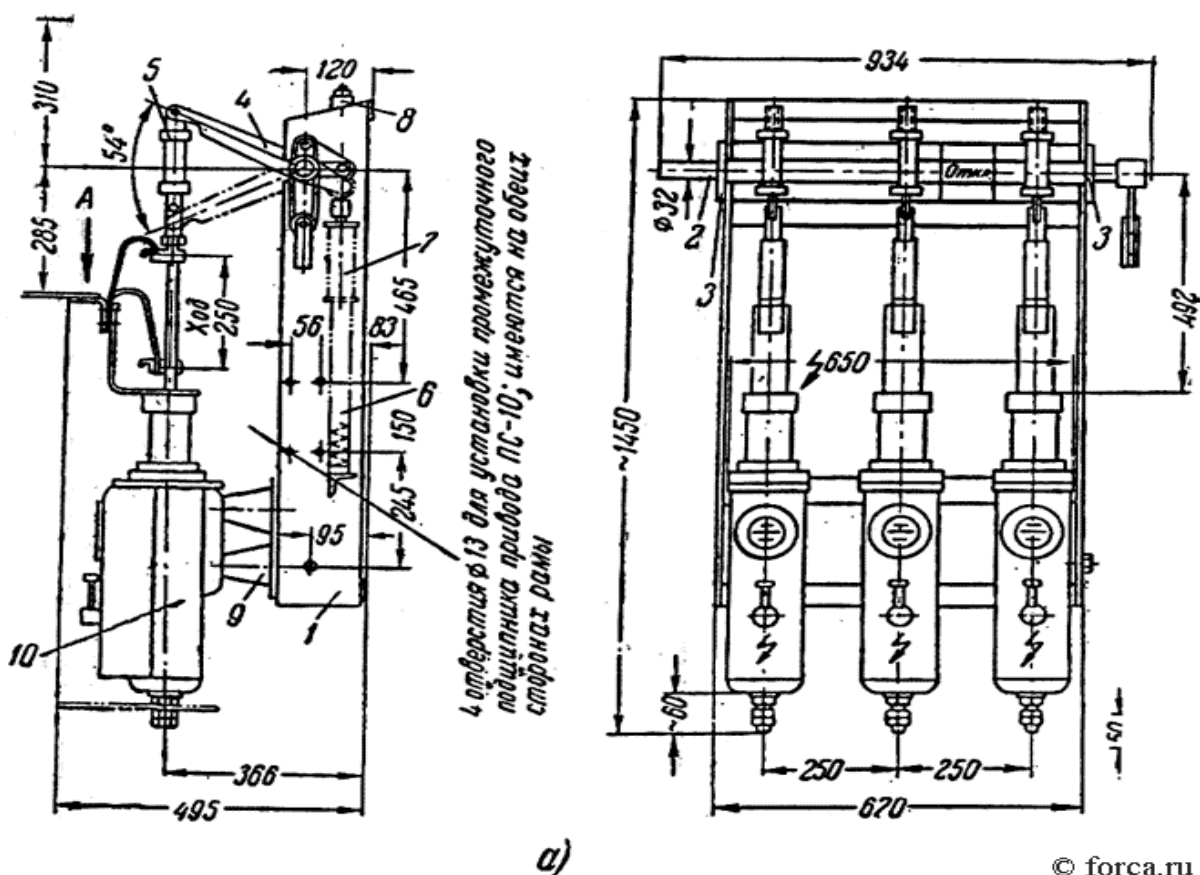
Вимикачі мало-масляні ВМГ-133 відносяться до типу мало-об'ємних та виготовляються у наступних варіантах ВМГ-133-II та ВМГ-133-III

Вимикач (рис.1.4) встановлено на сталеву зварну раму. Для кріплення вимикача до стіни в кутах рами розташовані 4 отвори. Паспортні данні вимикачів у
Данні вимикачів табл. 1.4

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 21 |

таблиці 1.4

| | ВМГ-133-II | ВМГ-133-III |
|--|------------|-------------|
| Номінальна напруга кВ | 10 | 10 |
| Максимальна напруга кВ | 11,5 | 11,5 |
| Номінальний струм кА | 0,6 | 1,0 |
| Номінальний струм відключення кА | 20 | 20 |
| Струм термічної стійкості при $t=1$ с кА | 30 | 30 |
| Потужність відключення | 350 | 350 |
| Час включення | 0,3 | 0,3 |
| Час відключення | 0,1 | 0,1 |



1-рама; 2-Вал; 8-Підшипник валу; 4-Двоплечова тяга; 5-відключаючі пружини
7- Масляний буфер ; 8- Пружинний буфер; 9- Опорні ізолятори.

Рис. 1.4. Вимикач ВМГ-133

- ВВ/TEL вимикачі (рис. 1.5) призначені для роботи в комплектних розподільчих пристроях (КРУ) та стаціонарних камерах з одностороннім обслуговуванням (КСО) внутрішньої та зовнішньої установки класом напруги до 20 кВ, трифазного змінного струму частотою 50 Гц.

В основі конструктивного рішення вимикача лежить використання по фазних електромагнітних приводів з “магнітною зачіпкою” механічно пов’язаних загальним валом синхронізатором не несучим навантаження. Паралельне з’єднання котушок електромагнітних приводів фаз вимикача при виконанні команд підключається до попередньо заряджених конденсаторів у блоку керування. Паспортні данні у таблиці 1.4



Рис.1.4 Загальний вигляд ВВ/TEL-10

Данні вимикачів табл. 1.5

| | ВВ/TEL-10-20-630 | ВВ/TEL-10-20-1000 |
|--|------------------|-------------------|
| Номінальна напруга кВ | 10 | 10 |
| Номінальний струм А | 630 | 1000 |
| Номінальний струм відключення кА | 12,5 | 20 |
| Струм динамічної стійкості кА | 32 | 51 |
| Номінальний струм відключення однієї батареї А | 800 | 800 |
| Випробувальна напруга промислової частоти кВ | 42 | 42 |

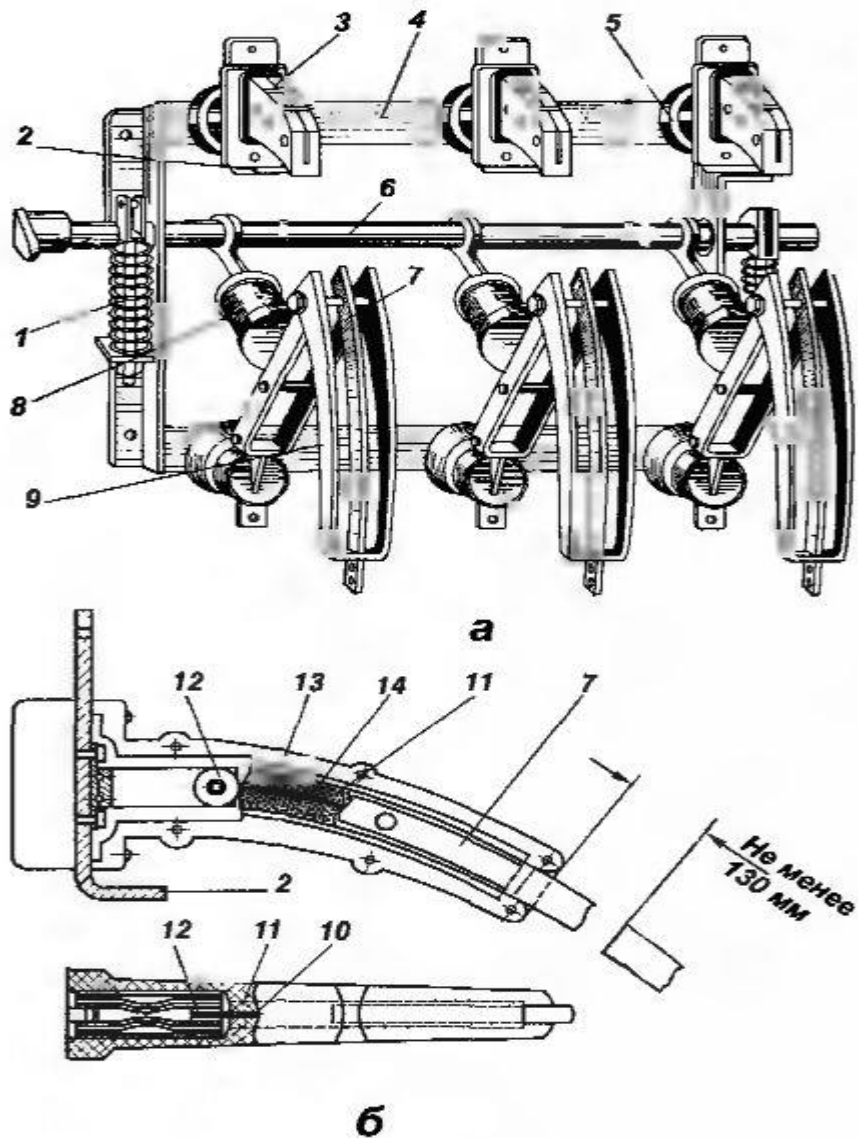
-Вимикач HVX12-40-31-F-275-3150 вимикачі (мал 1.5) призначені для роботи в комплектних розподільчих пристроях (КРУ) та стаціонарних камерах з одностороннім обслуговуванням (КСО) внутрішньої установки класом напруги до 20 кВ, трифазного змінного струму частотою 50 Гц.

Паспортні данні вимикача таблиця 1.6

| | |
|---|--------|
| Відстань між плюсами мм | 275 |
| Найбільша робоча напруга кВ | 12 |
| Витримувана максимальна напруга(минутна) кВ | 42 |
| Витримувана напруга грозового імпульса кВ | 75 |
| Номінальна частота Гц | 50/60 |
| Номінальний струм А | 3150 |
| Струм електричної стійкості при 50/60 Гц | 110 кА |
| Струм термічної стійкості 4 сек | 40 кА |
| Номінальний вимикаємий струм кз | 40 кА |
| % вміст аперіодичної складової | 45 % |
| Струм відключення в умовах неузгодженості фаз | 25 кА |

Вимикач навантаження ВН-16 монтуються в стаціонарних камерах з одно- та двостороннім обслуговуванням в прохідних та тупикових комплектних трансформаторних підстанціях 6-10/0,4 кВ

Автогазовий вимикач типу ВН-16



1.Відключаючі пружини; 2.Основні нерухомі контакти; 3.Дугогасящі камери; 4.Рама 5.Опорний ізолятор. 6 Загальний привідний вал; 7.Дугогасящі контакти; 9.Основні рухомі контакти; 10 Вкладиші в дугогасні пристрої; 11. Щілина утворена вкладишами; 12.Дугогасящі нерухомі контакти; 14. Дуга

| | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |

141.7109.1050.ДБ

Лист

25

Паспортні данні вимикача табл. 1.7

| | |
|---|------------|
| Номінальна напруга кВ | 6-10 |
| Номінальний струм А | 200 |
| Максимальний скрізний струм кА амплітудне значення дієве значення | 30 17,3 |
| Струм термічної стійкості кА | 6 |

1.4.2 Силові трансформатори та трансформатори напруги

На підстанції встановлені два розподільні силові трьох обмоткові трансформатори ТДТНГ-63000 110/35/11.

Основні відомості про виріб

-1.1 Номінальна потужність трансформатора, 63000 кВА

-1.2 Номінальна потужність обмоток трансформатора кВА

ВН 63000

СН 63000

НН 63000

-1.3 Потужність трансформатора при

Вимкнутому дутті для трансформаторів з 37800

системою охолодження “Д”, кВА

-1.4 номінальна частота, Гц

50

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 26 |

-1.5 Спосіб регулювання напруги

ВН РПН

СН ПБВ

НН -

-1.6 Номінальна напруга обмоток трансформатора, кВ

ВН 115

СН 38.5

НН 11

-1.6 Номінальний струм трансформатора, А

ВН 316

СН 944,6

НН 3306,6

На стороні 110 кВ встановлені два масляних трансформатора типу НКФ-110-58, обмотки яких з'єднуються в групу 1/1 / 1-0-0. Трансформатори НКФ складаються з декількох блоків (від 1 до 4). Кожен блок складається з стрижневого магнітопровода з двома стрижнями. Первинна обмотка (ВН) рівномірно розподілена по всьому стержнів магнітопроводів. Обидві вторинні обмотки (НН), основна і додаткова, розташовані на нижньому стрижні нижнього муздраттеатру, що має найменший потенціал по відношенню до землі (один кінець первинної обмотки заземлюється). На інших стержнях розміщені також проміжні - вирівнює і єднальна обмотки, необхідні для рівномірного розподілу навантаження вторинних обмоток по всім стержням. Шихтованого магнітопровода зібрані з пластин електротехнічної сталі. Обмотки трансформаторів - шарові, намотані круглим або прямокутним обмотувальним проводом на бакелітових циліндрах. Спочатку намотана вирівнює обмотка, потім первинна обмотка і на неї електростатичний екран.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 27 |

Сполучні обмотки і вторинні обмотки намотані поверх електростатичного екрана. Кожен блок складається з активної частини (муздрамтеатру з обмотками), встановленої на підставі. На активну частину надіта порцеляновий покришка, наповнена трансформаторним маслом і закрита масло-розширювачем. Лінійний кінець А обмотки ВН знаходиться на кришці масло-розширювачем, а заземлюючих кінець Х і кінці вторинних обмоток виведені на підставу трансформатора. Електричне з'єднання блоків між собою здійснюється перемичками, що з'єднують вводи на кришці масло-розширювачем нижнього блоку і на дні верхнього блоку. Підстави верхніх блоків закриті щитками, що охороняють від попадання пилу, снігу і т. п. Трансформатори серії НКФ виконані по каскадній схемою.

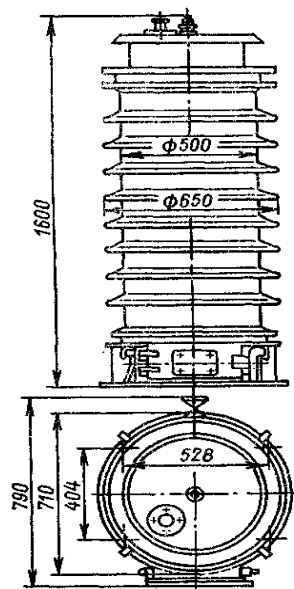


Рис. 1.3. ТН типу НКФ-110-58

Табл. 1.7 Паспортні дані трансформатора НКФ-110-58

| | |
|--|------------------------|
| Номінальна напруга обмоток, сторона ВН, кВ | 110: $\sqrt{3}$ |
| Номінальна напруга обмоток, сторона НН, В | 100 100: $\sqrt{3}$ |
| Номінальна потужність, ВА, клас точності 0,5 | 400 |
| Номінальна потужність, ВА, клас точності 1 | 600 |
| Номінальна потужність, ВА, клас точності 3 | 1200 |
| Максимальна потужність, ВА | 2000 |
| Маса повна, кг | 627 |
| Маса масла, кг | 150 |

На стороні середньої напруги встановлено два силових масляних двох обмоткових трансформатора ТД-15000/35/10 кВ. Технічні характеристики :

Номінальна потужність- 15 мВА

Номінальна напруга обмоток:

ВН — 35 - 38 кВ

НН — 10,5

Трансформатори типу НОМ-35-66 - це однофазний масляний заземлюючий трансформатор напруги. Призначений для пониження високої напруги до значень придатних для вимірювань. Служить для вироблення сигналу вимірювальної інформації і подачі його на вимірювальні прилади ,а також пристрої захисту та сигналізації в мережах з ізольованою нейтраллю частотою 50(60) Гц. Обмотки шарові, намотані круглим обмотувальним проводом на каркас з електротехнічного картону, магнітопровід, виготовлений з листів холоднокатаної електротехнічної сталі високої якості; активну частину трансформатора типу ЗНОМ-35-66 поміщають в бак, наповнений маслом. Баки трансформаторів даного типу і кришки баків виготовляються з листової сталі Між обмотками ВН і НН з допомогою планок зроблений канал. Баки ТН зварені з листової сталі.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 29 |

Вводи ВН трансформаторів ЗНОМ-35-66 встановлено на верхній частині бака. Вводи НН приєднані до панелей затискачів, укріпленим на бічних стінках бака. Трансформатор ЗНОМ-35-66 має масло-розширювач, який знаходиться на високовольтному вводі первинної обмотки.

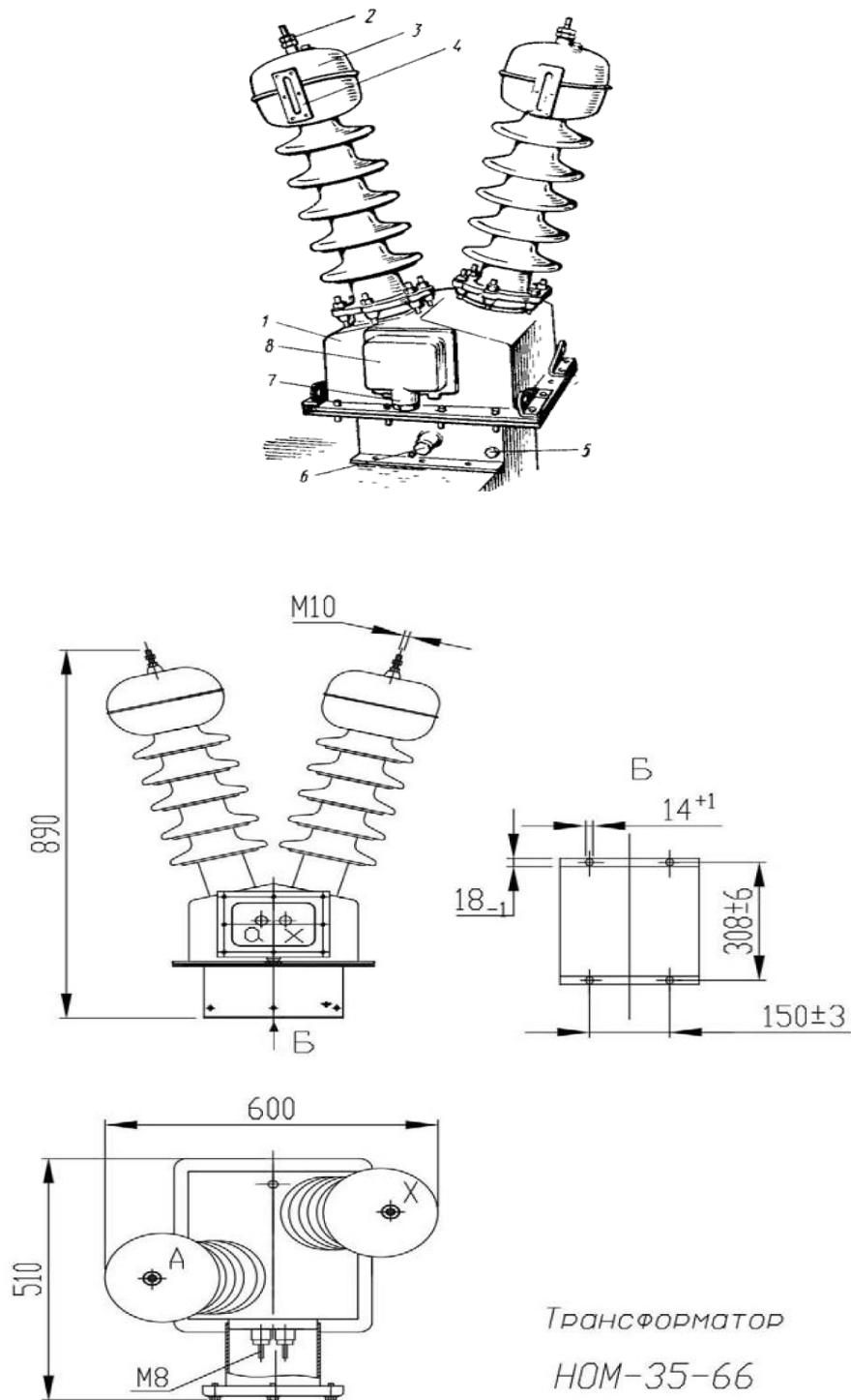


Рис.1.4 Масляний трансформатор НОМ-35-66

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 30 |

табл.1.8 Технічні характеристики трансформатора НОМ-35-66:

| Найменування параметру | Значення |
|---|-------------------|
| Значення номінальної напруги первинної обмотки, В | 2000 35000 0 |
| Значення номінальної напруги вторинної обмотки, В | 100 |
| Значення номінальної потужності трансформатора, ВА, при роботі в класах точности | 150 250 600 |
| | 0,5 1 3 |
| Значення максимальної потужності трансформатора поза класа точности, ВА | 1000 |
| Значення частоти змінного струму, Гц | 50 или 60 |
| Схема и группа соединений обмоток | 1/1-0 |
| Значення випробувальної напруги обмоток, кВ | |
| ВН | 95 |
| НН | 2 |
| Масса, кг | |
| повна | 92 |
| з маслом | 18 |

На секціях 10 кВ встановлені масляні силові трансформатори:

Трансформатори ТМ з природною циркуляцією масла з регулюванням напруги без навантаження. Данні трансформаторів приведені в табл. 1.9

Табл. 1.9

| | ТМ 6300/10/3,15 | ТМ 560/10/0,4 | ТМ 5600/10/3,15 |
|-----------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Потужність кВА | 6300 | 560 | 5600 |
| Напруга I обмотки кВ | 10 | 10 | 10 |
| Напруга II обмотки кВ | 3,15 | 0,4 | 3,15 |
| Номінальна частота Гц | 50 | 50 | 50 |
| Втрати х.х кВт | 5,4 | 1,2 | |
| Втрати к.з кВт | 46,5 | 7,6 | |
| Струм х.х % | 0,0015 | 1,7 | |
| Напруга к.з % | 7,5 | 5,5 | |

Масляні каскадні трансформатори типу НТМИ-10-66 - трифазний масло-наповнений вимірювальний трансформатор напруги. Призначений для зниження високої первинної напруги до значень придатних для вимірювань, виробляє сигнал вимірювальної інформації для приладів вимірювання електричної енергії, і служить для живлення реле захисту, сигналізації і автоматики. Конструкція даного трансформатора досить проста: три однофазних трансформатора розташовуються в круглому сталевому баку, з трансформаторним маслом, кожен блок ТН НТМИ-10-66 складається з двох стрижневий магнітопроводу з обмотками. На верхній кришці бака розташовуються три введення високої напруги, укладені в порцелянові ізолятори, виводи первинних і вторинних обмоток. Там же передбачено отвір через яке можна долити масло. Отвір закритий пробкою і укомплектований мірної пластиною для визначення рівня масла. Первинна обмотка (ВН) рівномірно розподілена по всім стержням магнітопроводів, причому кінець її заземлений. На нижньому стрижні нижнього магнітопроводу, що має найменший потенціал по відношенню до землі, розташовані основна і додаткова вторинні обмотки. На інших стержнях, крім первинної, розміщені також вирівнююча та єднаюча обмотки, які необхідні для рівномірного розподілу напруги і навантаження по всім стержням відповідно до рис.1.7.

Кожен блок складається з активної частини (магнітопроводу з обмотками), встановленої на підставі. На активну частину надіта порцеляновий покришка, наповнена трансформаторним маслом і закрита масло-розширювачем. Лінійний кінець обмотки ВН знаходиться на кришці верхнього масло розширювача, а заземлюючих кінець і кінці вторинних обмоток підведені до панелі затискачів, розташованої в коробці всередині нижньої основи. Електричне з'єднання блоків між собою здійснюється перемичками, що з'єднують вводи на кришці масло-розширювача нижнього блоку і на дні верхнього блоку. Підстави верхніх блоків закриті щитками, що охороняють стик від попадання пилу, снігу і т. п., Там же передбачений болт

заземлення трансформатора. Паспортні данні трансформатора НТМИ-10-66 наведені в табл.2

1.7 Трансформатор НТМ

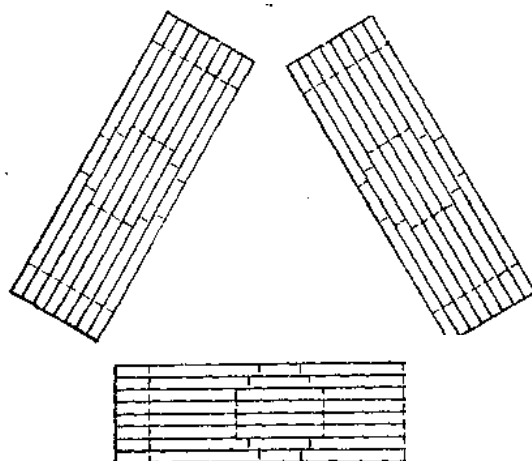
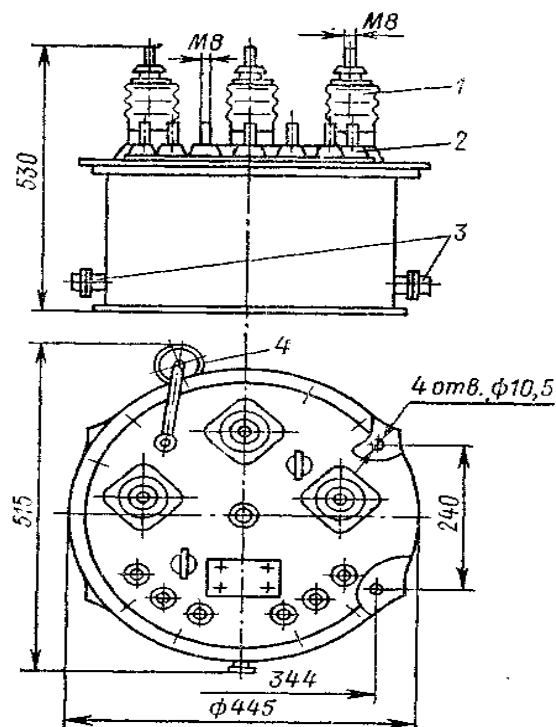


Табл.2. Паспортні дані трансформатора НТМИ-10-66

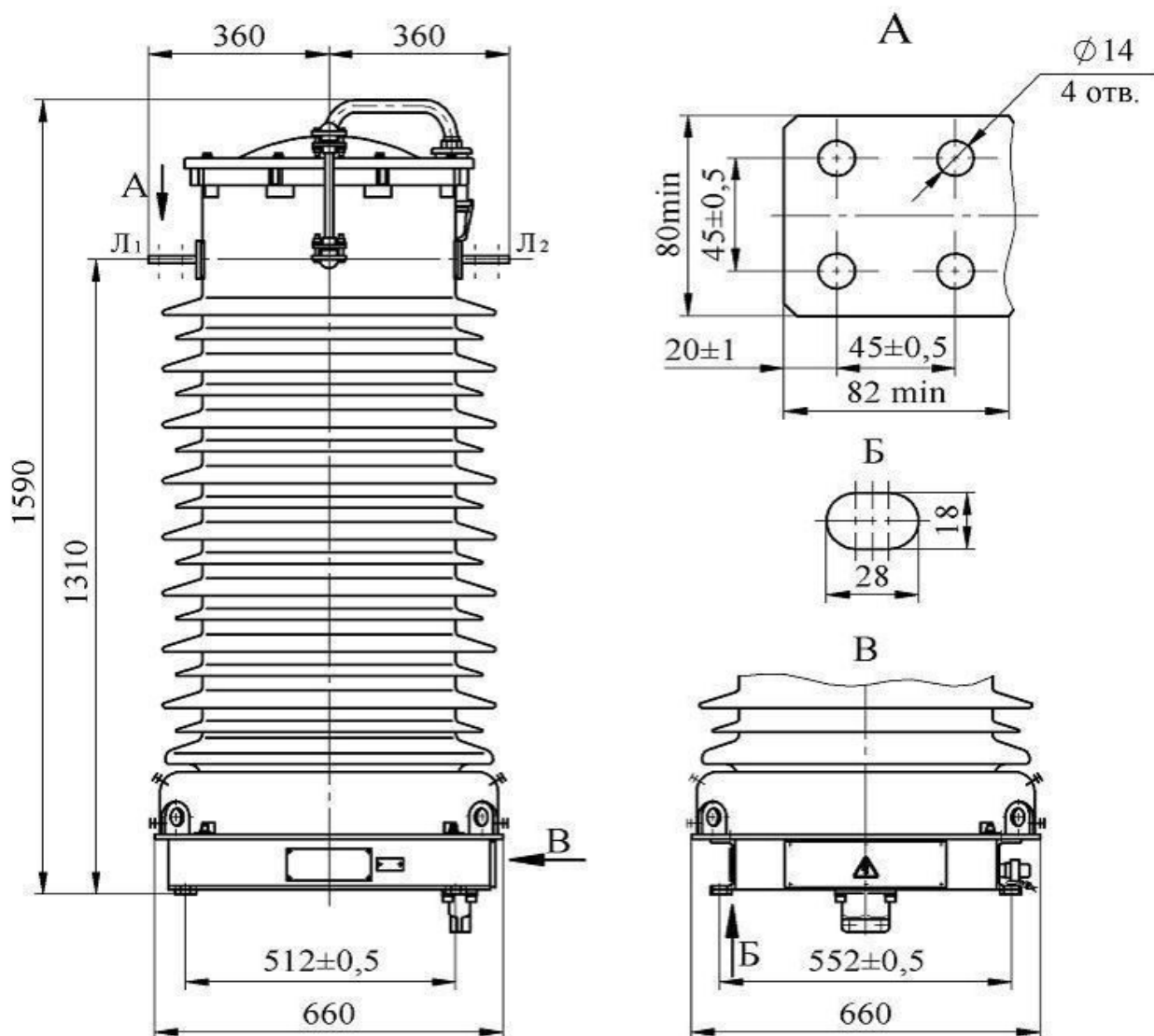
| | |
|--|-------------------------|
| Номінальна напруга кВ | 110 |
| Найбільша робоча напруга кВ | 126 |
| Номінальний первинний струм А | 750-1500; 1000-2000; |
| Номінальний вторинний струм | А1 або 5 |
| Число обмоток для захисту Клас точності | 2 10 р |
| Число обмоток вимірювання Клас точності % | 1 0,5 |
| Категорія зовнішньої ізоляції | «Б» |
| Струм електродинамічної стійкості кА | 79-158; 106-212; |
| Струм термічної стійкості кА | 26-52; 34-68; |
| Час протікання струмів кЗ (секунд) | 3 |

1.4.3. Трансформатори струму

На сторонах високої напруги встановлені вимірювальні трансформатори струму ТФЗМ-110 Б-ІІІ У1 (рис.1.8). Трансформатори призначені для передачі сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам, пристроям захисту, автоматики, сигналізації та керування в електричних колах змінного струму частотою 50 або 60 Гц. Данні трансформатора табл. 2.1

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 34 |

Р ис.1.8 Трансформатор струму ТФЗМ-110 Б-III У1



| | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |
|------|------|-------------|---------|------|

141.7109.1050.ДБ

Лист

35

Табл.2.2 Данні трансформатора ТФЗМ-110 Б-III У1

| | |
|--|-------------------------|
| Номінальна напруга кВ | 110 |
| Найбільша робоча напруга кВ | 126 |
| Номінальний первинний струм А | 750-1500; 1000-2000; |
| Номінальний вторинний струм | А1 або 5 |
| Число обмоток для захисту Клас точності | 2 10 р |
| Число обмоток вимірювання Клас точності % | 1 0,5 |
| Категорія зовнішньої ізоляції | «Б» |
| Струм електродинамічної стійкості кА | 79-158; 106-212; |
| Струм термічної стійкості кА | 26-52; 34-68; |
| Час протікання струмів кз (секунд) | 3 |

На стороні середньої напруги встановлені трансформатори струму ТВД-35. Конструкція трансформатора це кільцевий магнітопровід з вторинною обмоткою. В якості первинної обмотки використовується шина або кабель. Зовнішній вигляд трансформатора на рис.1.9



Рис.1.9 Трансформатор ТВД-3

Характеристики трансформаторів в таблиці 2.3

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | 36 |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | |

Табл.2.3 Трансформатори ТВД-35

| | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Номінальна напруга кВ | 35 |
| Найбільша робоча напруга кВ | 42 |
| Номінальний первинний струм А | 400; 1000; 600; 1500; |
| Номінальний вторинний струм А | 5 |
| Клас точності обмоток % | 3 |
| Номінальна вторинна потужність ВАР | 20 |
| Частота Гц | 50 |

На стороні низької напруги встановлені трансформатори струму ТПОЛУ-10
ТПШЛ-10, ТОЛ-10

Призначений для передачі вимірювальної інформації приладам вимірювання,
захисту та автоматики, сигналізації і керування в електричних колах змінного
струму частотою 50 60 Гц

Технічні характеристики трансформаторів приведені в таблиці 2.4

Табл. 2.4

| | ТОЛ-10 | ТПШЛ-10 | ТПОЛУ-10 |
|--|--------|---------|----------|
| Кількість вторинних обмоток | 2; 3 | 1 | 2; 3; 4 |
| Номінальна напруга кВ | 10 | 10 | 10 |
| Найбільша робоча напруга | 12 | 12 | 12 |
| Номінальна частота змінного струму | 50; 60 | 50; 60 | 50 |
| Номінальний вторинний струм А | 1; 5 | 5 | 5 |

| | | | |
|-------------------------------|---|------------------------------|--|
| Номінальний первинний струм А | 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 75; 80; 100; 150; 200; 250; 300; 400; 500; 600; 750; 800; 1000; 1200; 1250; 1500; 2000 | 2000 3000 4000 5000 | 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 75; 80; 100; 150; 200; 250; 300; 400; 500; 600; 800; 1000; 1200; 1500; 2000; 2500; 3000 |
| Клас точності | | | |
| Вторинна обмотка вимірювання | 0,5; 0,55 | 0,5 | 0,2; 0,25; 0,5; 0,55 |
| Вторинна обмотка захисту | 0,5; 0,2; 0,5S; 0,2S; 0,2S; або 1 | 10 p | 10 p |

Вигляд трансформаторів на рис.1.9.1



Рис.1.9.1 Т Трансформатор струму ТПШЛ-10



| | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |

141.7109.1050.ДБ

Лист

38

Трансформатор струму ТОЛ-10



1.4.4. Роз'єднувачі

На підстанції на стороні високої та середньої напруги встановлені горизонтально-поворотні роз'єднувачі серії РДЗ-110/1000 та РНД-110/630 (рис.2) Паспортні данні роз'єднувачів у таблиці 2.5

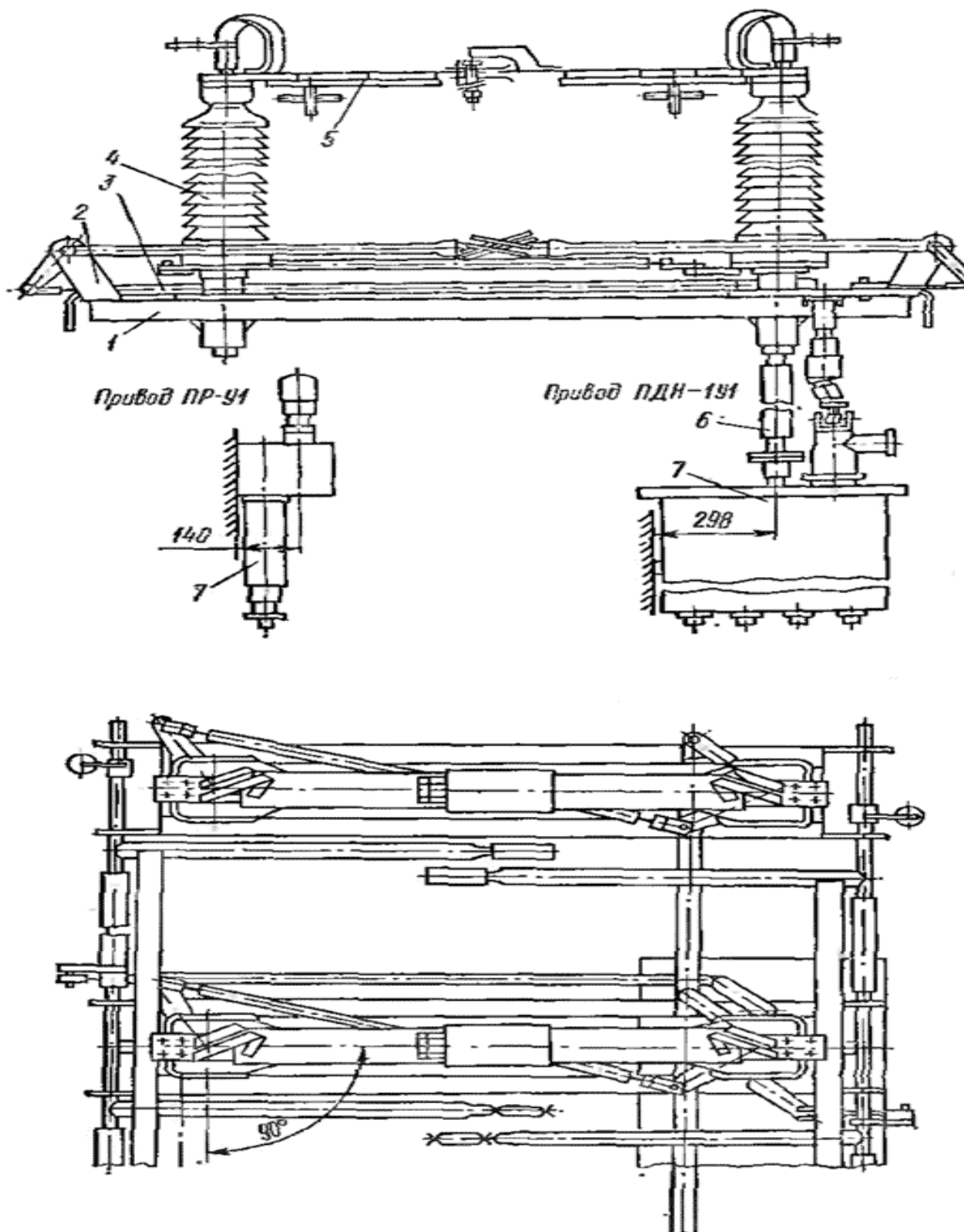
| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | 39 |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | |

Таблиця 2.5. Паспортні данні роз'єднувачів РДЗ-1(2) 110/1000 та РНД-110/600

| | РДЗ-110/1000 | РНД-110/600 | РНДЗ-35/1000 | РНДЗ-35/600 |
|-------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Номінальна напруга кВ | 110 | 110 | 35 | 35 |
| Найбільша робоча U кВ | 126 | 126 | 38 | 38 |
| Номінальний I А | 1000 | 600 | 1000 | 600 |
| I термічної стійкості | 31,5 | 29,3 | 25 | 20 |
| I електродинамічної стійкості | 80 | 60 | 63 | 58 |

Рис.2 Роз'єднувачі серії РДЗ та РНД (З) на 35-220 кВ

1 - цоколь; 2 - підшипник; 3 - тяга заземлюючого ножа; 4 - поворотний ізолятор; 5 - ніж; 6 - труба; 7 - привід ПДИ-1У1 і ПР-У1



| | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |

141.7109.1050.ДБ

Лист

41

На стороні низької напруги встановлені роз'єднувачі РЛВ-3 10/1000

РВЗ-10/630 (мал.2.1). Роз'єднувачі призначені:

Для включення та відключення під напругою до 10 кВ при відсутності навантаження або зміни схеми з'єднань.

Включення відключення зарядних токів повітряних ліній струмів холостого ходу трансформаторів та струмів малих навантажень.

Для забезпечення безпечного проведення робіт на вимкнений ділянці

Заземлювачі ЗР для заземлення струмоведучих шин для безпечного проведення робіт

Паспортні данні в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 данні вимикачів РЛВ-3 10/1000, РВЗ 10/630

| | РЛВО-10/1000 | РВЗ-10/630 |
|--|--------------|------------|
| | 1-3 | 3 |
| | 10 | 10 |
| | 12 | 12 |
| | 1000 | 630 |
| | 31,5 | 20 |
| | 50/60 | 50/60 |

Рис.2.1 Роз'єднувач типу РВЗ

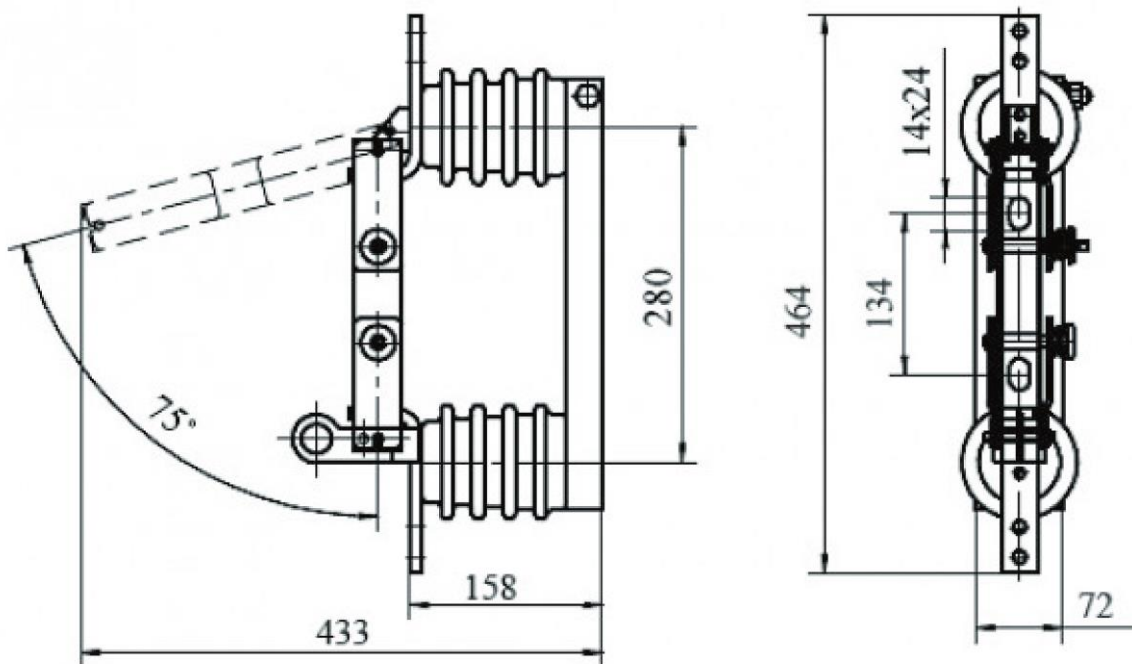


Рис.2.1 Роз'єднувачі типу РЛВОРис.2.1 Заземлювач ЗР

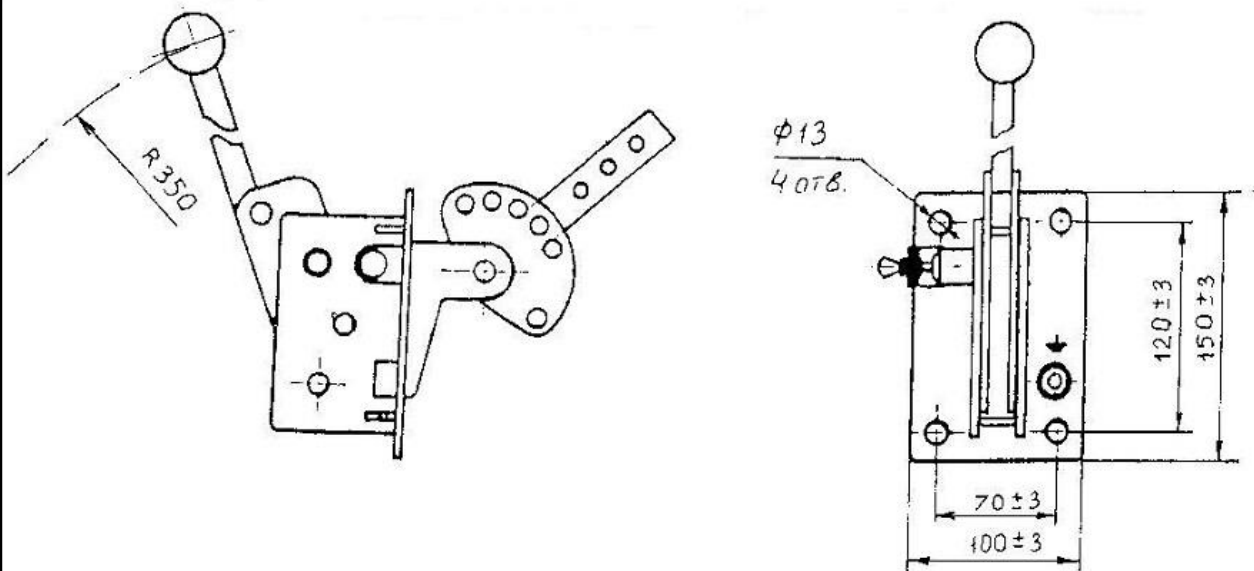


Рис.2.1 Привод ПР-10

1.4.5. Вентильні розрядники та обмежувачі перенапружень

На підстанції збоку високої напруги встановлені обмежувачі перенапруження ОПН-35, ОПН-110(рис.2.2) та вентильні розрядники РВО2-10 РВС-35, РВС-110(рис.2.3)

Обмежувачі перенапруження типу ОПН у фарфорових покришках на основі оксидно цинкових варисторів призначенні для захисту електрообладнання мереж з ізолюваною нейтраллю класу напруги 35 кВ,110кВ змінного струму частотою 50 Гц від атмосферних та комутаційних перенапруг паспортні данні у таблиці 2.1

Розрядник вентильний РВС-35 кВ призначений для захисту від атмосферних перенапруг, ізоляції електроустаткування змінного струму частотою 50/60 Гц .Виготовляється для мереж з будь яким режимом роботи нейтралі.

Розрядник складається з блока багаторазових іскрових проміжків, робочого резистора виготовленого із спец. пластмаси “Віліт” та має нелінійну ВАХ.

Розрядник встановлюється на ізолюваній відносно землі основі.

Розрядники вентильні РВС-110 Призначенні для захисту від атмосферних перенапруг ізоляції електрообладнання змінного струму частотою 50/60 Гц. Виготовляються для мереж з ефективно заземленою нейтраллю. Розрядник складається з декількох елементів, кожен має блок багаторазових іскрових проміжків та робочих полімерних резисторів укладених в герметичну фарфорову покришку

З боку малої напруги встановлені розрядники РВО-10кВ призначені для захисту від атмосферного перенавантаження ізоляції електрообладнання змінного струму частотою 50 Гц.

Вентильний розрядник складається з іскрових проміжків та нелінійних резисторів укладених в герметичну фарфорову покришку

Паспортні данні розрядників у таблиці 2.7

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 44 |

Таблиця 2.7. данні розрядників РВС-35 РВС-110

| | | | |
|---|--------|--------|-----------|
| Типовиконання | PBO-10 | PBC-35 | PBC-110Y1 |
| Клас напруги, кВ | 10 | 35 | 110 |
| Номінальна напруга, кВ | 12,7 | 40,5 | 100 |
| Пробивна напруга (діюче) частоти 50 Гц (в сухому стані і під дощем), кВ, не менше | 26 | 78 | 200 |
| Пробивна напруга (діюче) частоти 50 Гц (в сухому стані і під дощем), кВ, не більше | 30,5 | 98 | 250 |
| Імпульсне пробивну напругу при перед розрядним часу від 2 до 20 мкс, кВ, не більше | 48 | 125 | 285 |
| Залишається напруга, кВ не більше, при імпульсному струмі з тривалістю фронту 8 мкс і максимальному значенням 3000 А | 43 | 122 | 315 |
| Залишається напруга, кВ не більше, при імпульсному струмі з тривалістю фронту 8 мкс і максимальному значення 5000 А | 45 | 130 | 335 |
| Залишається напруга, кВ не більше, при імпульсному струмі з тривалістю фронту 8 мкс і максимальному значенням 10000 А | - | 143 | 367 |
| Довжина шляху витоку, см | 26 | 115 | 288 |
| маса, кг | 2,3 | 74 | 175 |

Таблиця.2.7. Паспортні данні обмежувачів перенапруги ОПН-35 ОПН-110

| Основні технічні характеристики | Обмежувачі | |
|--|------------|---------|
| | ОПН-35 | ОПН-110 |
| 1. Клас напруги мережі, кВ | 35 | 110 |
| 2. Найбільше тривало допустима робоча напруга, кВ | 40,5 | 88 |
| 3. Номінальна напруга обмежувача, кВ | 51,0 | 110 |
| 4. Номінальний розрядний струм, кА | 10 | 10 |
| 5. Залишкова напруга при струмі грозових перенавантаженнях з амплітудою, кВ, не більше: | | |
| 5000 А | 123,0 | 262 |
| 10000 А | 132,0 | 280 |
| 20000 А | 144,0 | 305 |
| 6. Залишкова напруга при струмі комутаційних перенапружень на хвалі 30/60 мкс з амплітудою, кВ, не більше: | | |
| 250 А | 103,0 | 213 |
| 500 А | 105,0 | 220 |
| 1000 А | 107,0 | 233 |
| 7. Залишкова напруга при імпульсах струму 1/10 мкс с амплітудою 10000 А, кВ, не більше | 148,0 | 317 |
| 8. Пропускна здатність обмежувача: | | |
| а) 18 імпульсів струму прямокутної форми тривалістю 2000 мкс с амплітудою, А | 400 | - |
| б) 20 імпульсів струму 8/20 мкс с амплітудою, А | 10000 | |
| в) 2 імпульсу великого струму 4/10 мкс с амплітудою, кА | 65 | |
| 9. Питома поглинаєма енергія одного імпульсу, кДж/кВ($U_{нр}$), не менше | 2,0 | 2,7 |
| 10. Маса не більше, кг | 10 | |
| 11. Висота, мм | 590 | |
| 12. Довжина шляху витоку зовнішньої ізоляції, см, не менше | 98 | |

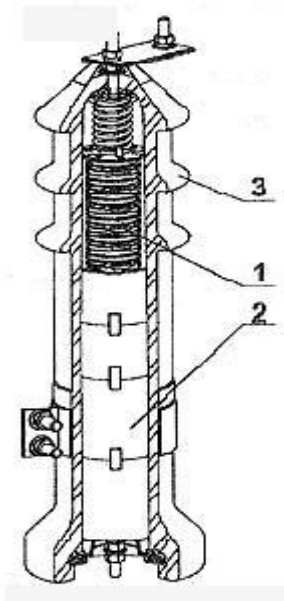
Рис.2.2 ОПН-35



Рис.2.2 ОПН-110 Зовнішній вигляд

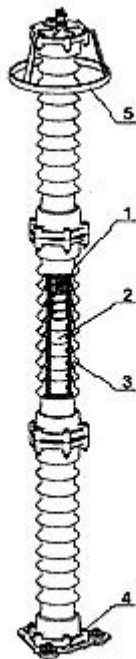


Розрядник РВО-10



- 1.Іскрові промжки
- 2.Нелінійні резистори
- 3.Покришка

Розрядник РВС-110



- 1.блок іскрових проміжків
- 2. блок нелінійних опорів
- 3. Покришка

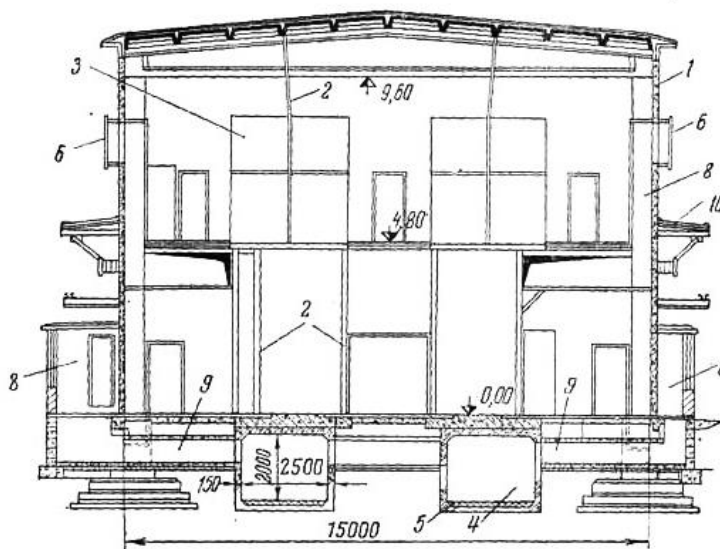
Рис.2.3 Розрядник РВС-35



1.4.6. Опис розподільчого пристрою 10к

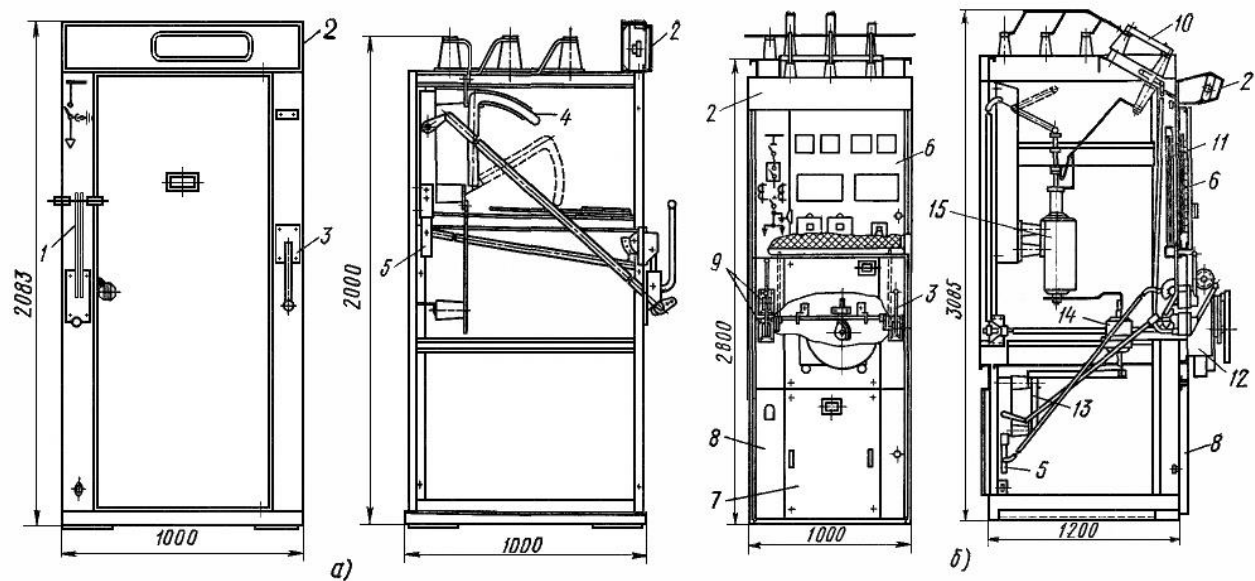
Розподільчий пристрій виконаний у окремій двоповерховій забудові з підвалом у підвалі знаходяться кабельні тунелі. На першому поверсі розташовані комірки КСО з реакторами, на другому поверсі комірки КСО мал 2.5з комутаційним обладнанням, перша та друга збірні секції шин виконані залюміневих шин Ал.80х20 від головних шин виконані відгалуження алюмінієвими шинами 80х20 схема будівлі на малюнку 2.4

2.4 Будівля РП з двома секціями шин



рис

Рис. 2.5 КСО



Висновки

В розділі було розглянуто первинне устаткування підстанції. 9Представлені параметри обладнання та опис

2. Вимоги до релейного захисту трансформатору 10/3,15 кВ

2.1 Релейний захист трансформаторів

В роботі розглядається трансформатор силовий трифазний двохобмотковий з природним охолодженням масла марки ТМ 6300/10/3,15 призначений для потреб народного господарства. Масло розширювач, встановлений на кришці баку, має вентиляційний отвір, з'єднаний через повітря-осушувач. Тиск мастила в трансформаторі залишається постійним та не залежить від температури. На кришці баку знаходиться кран для заливки мастила, у низу баку знаходиться пробка для зливу мастила та пробка для взяття проб мастила, та болт заземлення. Технічні характеристики наведені у таблиці 2.1

Електрична енергія в енергетиці виробляється на генеруючих станціях, передається на великі відстані по лініях електропередач. На всіх технологічних етапах виробництва, передачі та розподілу електричних потужностей можливі аварійні ситуації, які здатні зруйнувати технологічне обладнання та призвести до загибелі обслуговуючого персоналу, за дуже малий час.

Людський організм не здатний реагувати на такі короткострокові події. Тому контролювати відхилення номінальних параметрів електроустановок, виявляти початковий етап створення аварії та уживати заходів до її ліквідації можуть тільки спеціальні пристрої, працюючі у автоматичному режимі, за заздалегідь створеною програмою. Історично склалося традиція називати їх захистами. А оскільки вони дуже довгий час працювали на релейній базі, то за ними закріпилася назва «Релейний захист»

| | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|--------|----------|---|-------------------------------|------|--------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | РОЗРОБКА СХЕМИ ЗМІННОГО ТА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТРАНСФОРМАТОРА | Літера | Лист | Листів |
| Розробив | | Студьонов | | 11.06.20 | | | | |
| Перевірів | | Дмитренко | | 11.06.20 | | | 49 | 61 |
| Н.контр. | | Настенко | | 11.06.20 | | НТУУ „КПІ” ФЕА, гр. ЗЕК-11 | | |
| Затверд. | | Толочко.О.І | | 11.06.20 | | | | |

Табл.2.1

| Технічні характеристики | |
|----------------------------------|-----------------|
| Найменування трансформатора | ТМ-6300/10/3,15 |
| Напруга первинної обмотки ВН, кВ | 10 |
| Напруга вторинної обмотки НН, кВ | 3,15 |
| Номінальна частота, Гц | 50 |
| Втрати холостого ходу, кВт | 5,4 |
| Втрати короткого замикання кВт | 46,5 |
| Потужність, кВА | 6300 |
| Струм холостого ходу % | 0,15 |
| Напруга короткого замикання, % | 7,5 |
| Повна маса кГ | 12000 |
| Маса мастила, кГ | 2750 |
| Регулювання напруги з боку ВН, % | 2X2,5 |
| Розміри , мм | 3050X3290X3620 |
| Групи з'єднання обмоток | Д/Д-0 |
| Струм первинної обмотки | 363 |
| Струм вторинної обмотки | 1165 |

Якість електроенергії суворо регламентується технічними нормативами:

- амплітудою напруги та струму;
- частотою мережі;
- формою синусоїдальної гармоніки та наявністю в ній сторонніх шумів;
- направленням величиною та якістю потужності;
- фазою сигналу.

Під кожну з цих характеристик створюється захисти. Вони після вводу в роботу:

- постійно відслідковують вимірювальним органом стан одного або декількох параметрів мережі струму, напруги, частоти, фази, потужності та зрівнюють їх рівень з заздалегідь встановленим діапазоном який називають уставкою;

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 51 |

- у разі виходу контрольованої величини за нормативну границю, вимірювальний орган спрацює та комутує кола логіки;

- залежно від задач логічна схема налаштована на визначені алгоритми.

Вона діє на комутаційний апарат;

- силовий вимикач ліквідує виниклу несправність в мережі зняттям живлення.

По виду контрольованого параметру захисти ділять на:

Струмові

По напрузі

Дистанції (опір лінії)

Частотні

Потужності

Фази

Електроустановки мають бути обладнаними пристроями релейного захисту призначеними для:

- автоматичного вимкнення пошкодженого елемента від непошкодженої частини електричної системи (електроустановки);
- регулювання та усунення небезпечних, ненормальних режимів роботи елементів електричної системи (наприклад, перевантаження по струму або потужності, підвищення напруги в обмотці статора тощо).

Допускається робота релейного захисту з дією на сигнал в окремих обґрунтованих випадках, якщо пошкодження не порушує роботи електричної системи, режиму роботи або умов експлуатації електроустановки, та вразі відсутності небезпеки для людей і навколишнього середовища.

Запроектовані пристрої релейного захисту і автоматики в частині безпеки повинні забезпечувати вимоги НАПБ В.01.056 і НПАОП 1.1.10-1.01-01.

Пристрої релейного захисту мають забезпечувати найменш можливий час вимкнення КЗ з метою збереження стійкої та безпечної роботи непошкоджених елементів енергосистеми, а також обмеження обсягів і масштабів пошкодження.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | 52 |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | |

Під час проектування нових об'єктів та реконструювання діючих потрібно врахувати призначення та умови експлуатації енерго об'єкта, вимоги до створення системи автоматичного, або автоматизованого дистанційного управління. При цьому рекомендовано використовувати мікропроцесорні пристрої РЗА (МПРЗА), які забезпечують комплексне вирішення питань захисту, автоматики, визначення місця пошкодження на лініях, реєстрації аварійних подій, управління та моніторингу, мають більшу інформативність і здатність інтегруватися в АСУТП та АСДУ. МПРЗА мають кращі характеристики спрацювання та можливість реалізації декількох наборів уставок, які треба вводити в роботу оперативно або автоматично для адаптації їх відповідно до режиму мережі чи стану пристроїв РЗА повинні відповідати вимогам з електромагнітної сумісності та електромагнітних обставин.

Релейний захист, який діє на вимкнення, як правило, має забезпечувати селективність дії з тим, щоб у разі пошкодження будь-якого елемента електроустановки вимикався тільки цей пошкоджений елемент.

Допускається неселективна дія захисту (яка виправляється дією АПВ або АВР)

2.1.1 Вимоги до релейного захисту трансформаторів згідно з ПУЕ.

Для трансформаторів треба передбачити пристрої релейного захисту від таких видів пошкоджень і ненормальних режимів роботи:

- 1) багатофазних замикань у обмотках і на виводах;
- 2) однофазних замикань на землю в обмотках та на виводах, приєднаних до мережі з глухозаземленою нейтраллю;
- 3) віткових замикань у обмотках
- 4) струмів в обмотках, зумовлених зовнішніми КЗ;
- 5) струмів в обмотках, зумовлених перевантаженням;
- 6) зниження рівня масла;

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 53 |

- 7) часткового пробою ізоляції у вводи 500-750 кВ;
- 8) втрата охолодження;
- 9) однофазних КЗ на землю в мережах 3 – 10 кВ з ізолюваною нейтраллю

Рекомендовано крім того, застосовувати захист від однофазних замикань на землю на стороні 6 – 35 кВ автотрансформаторів з вищою напругою 220 кВ і вище.

Під час проектування нових підстанцій (електростанцій) та реконструкції діючих потрібно застосовувати МПРЗА, які поряд з перевагами мають кращу здатність до налаштування, більші можливості компенсації впливу перехідних процесів та більшу гнучкість в реалізації уставок та схемних рішень.

Для захисту від пошкоджень на вводах, а також від внутрішніх пошкоджень треба передбачити:

1. поздовжній диференційний захист без витримки часу на трансформаторах 6,3 мВА і більше, а також на трансформаторах потужністю 4 мВА за паралельної роботи останніх з метою селективного вимкнення пошкодженого трансформатора.
2. На понижуючих трансформаторах з більшою напругою до 35 кВ слід застосовувати максимальний струмовий захист від зовнішніх КЗ, який встановлюють на стороні вищої напруги.

3. Газовий захист від пошкоджень усередині бака, які супроводжуються виділенням газу, і від зменшення рівня масла треба передбачити для:

- трансформаторів потужністю 6,3 мВА і більше;
- внутрішньо-цехових знижувальних трансформаторів потужністю 630 кВА і більше

Газовий захист має діяти на сигнал у разі слабкого газоутворення і зниження рівня масла та на вимкнення за інтенсивного газоутворення і подальшого зниження рівня масла

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | 54 |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | |

2.1.2 Принцип дії захистів.

Диференційний захист і струми небалансу

Призначення : захист електричних об'єктів від струмів аварій, виникаючих в середині контрольованої зони з абсолютною ступінню селективності без витримки часу.

Принцип дії поздовжніх захистів заснований на першому законі Кірхгофу. Якщо прийняти за вузол захищаний об'єкт і фіксувати струм на всіх гілках, які пов'язують об'єкт (вузол) з зовнішньою мережею, то при пошкодженні на відходячій гілці сума струмів, що входять і виходять із вузла буде дорівнювати нулю.

$$I_1 + I_2 = 0$$

При пошкодженні захищеного об'єкта сума струмів в гілках буде дорівнювати струму короткого замкнення. В нормальних режимах та при зовнішньому короткому замкненні циркулюють струми, рівні вторинним струмам трансформаторів струмів. Така схему називають схемою з циркулюючими струмами.

Другим варіантом диференційного принципу є схема з урівноваженими напругами, в ній вторинні обмотки трансформаторів струму з'єднані між собою послідовно, і в це коло включений регулюючий орган (диференційне реле). Рахується, що однойменні кінці первинної та вторинної обмотки трансформаторів струму знаходяться з одного боку. Струм у реле дорівнює:

$$I_p = \frac{E_1 - E_2}{Z}$$

В нормальному режимі і короткому замкненні за захищаним об'єктом усі зони дії $E_1 = E_2$ і направлені у протилежні боки, струм у реле дорівнює нулю.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 55 |

При пошкодженні в захищаній зоні $E1 \neq E2$, але направлені в один бік струми не дорівнюють нулю, і якщо він перевищить струм спрацювання то захист відключить пошкоджений елемент.

Це можливо тільки в тому випадку, якщо вторинні струми трансформаторів струму точно дорівнюють первинним приведеним струмам:

$$I_{\text{втор}} = I_{\text{перв}} / n_{\text{ТТ}}$$

В дійсності в диференційному колі в цих режимах протікають струми небалансу.

Струми небалансу в диференційному захисті силового трансформатора.

Для диф. захисту трансформатора умова $I_p = \bar{I}_{1\phi} + \bar{I}_{2\phi} \approx 0 = \bar{I}_{\text{нб}}$ не виконується. З'являється струм небалансу, який має декілька складових, що залежать від відмінності передаточних характеристик ТС, наявності РПН, регулюючих органів диф. захисту й наявності струму намагнічування:

$$I_{\text{нб}} = I_{\text{ТТ}} + I_{\text{РПН}} + I_{\text{нам}} + I_{\text{рег}}$$

Перша складова $I_{\text{ТТ}}$ - струм небалансу, викликаний відмінністю характеристик ТС у плечах диф. захисту, має більше значення, ніж для диф. захисту ліній – ТС завжди різні.

Друга складова $I_{\text{РПН}}$ - струм небалансу, викликаний регулюванням коефіцієнта трансформації силового трансформатора. Може досягати 16% від номінального струму.

Третя складова $I_{\text{нам}}$ - струм небалансу, викликаний наявністю струму намагнічування. У режимі навантаження й внутрішнього КЗ має невелике значення – до 5%, різко зростає при пуску СТ або зовнішньому КЗ.

Четверта складова $I_{\text{рег}}$ - струм небалансу, викликаний неточним регулюванням компенсаційних плечей диф. захисту.

Т.я. струм небалансу існує й у нормальному режимі роботи об'єкта, що захищається, то в струмі спрацювання захисту враховується коефіцієнт відбудування $I_{сз} = k_{отс} I_{нб.макс} \cdot$.

Коефіцієнт чутливості:

$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к}}}{I_{\text{сз}}} k_{\text{сх}} \geq 2$ - обчислюється окремо для кожного виду КЗ (одно-, трифазне) і виду з'єднань обмоток.

Для збільшення чутливості захисту використовуються реле з ТС, що швидко насичуються (РНТ-565) і реле з гальмуванням (ДЗТ-11, ДЗТ-21, мікропроцесорні захисти).

Максимальний струмовий захист

Призначений для відключення трансформатора від джерела живлення у разі КЗ на виводах або всередині трансформатора, також на шинах або на лініях з боку споживача.

Струм спрацювання МТЗ $I_{с.з}^{\text{II}}$ А обирають за умови відбудови від струму при запуску двигунів і після усунення КЗ на попередньому елементі і розраховується за формулою:

$$I_{с.з}^{\text{II}} = \frac{k_{отс} * k_{сзп}}{k_{\text{в}}} * I_{\text{раб макс}}$$

Де $k_{отс}$ = від 1,1 до 1,2 коефіцієнт відбудови

$k_{сзп}$ – коефіцієнт самозапуску, ураховує збільшення струму в умовах запуску загальмованих електродвигунів може бути прийнятий від 3 до 5;

$k_{\text{в}} = 0,95$ коефіцієнт повернення;

$I_{\text{раб макс}}$ – первинне значення максимального робочого струму трансформатора в місті встановлення захисту.

По умовам відбудови від значень струму при автоматичному підключенні навантаження розраховують за формулою:

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 57 |

$$I_{с.з}^{II} = \frac{k_{отс} * (k_{сзп} + k_{сзп} * I_{ііраб макс})}{k_{в}}$$

Для підвищення чутливості максимального струмового захисту застосовують схеми з пуском від реле мінімальної напруги. Для трансформаторів використовується МТЗ з пуском по мінімальній напрузі.

Струм спрацювання МТЗ з пуском по мінімальній напрузі відбудовується від номінального навантаження $I_{н.норм}$ який в 1,5 – 2 рази менше $I_{н.макс}$

$$I_{с.з} = K_H * I_{н.норм}$$

Напруга спрацювання обирається виходячи з наступних умов:

1. реле напруги не повинно спрацювати при мінімальному значенні робочої напруги:

$$U_{с.з} < U_{роб.мін}$$

2. реле напруги повинні повертатись після відключення КЗ

$$U_{пов} < U_{раб.мин}$$

Де K_H – коефіцієнт надійності

Захист трансформатора від перенавантаження

Захист трансформатора від перенавантаження одним максимальним реле струму його приєднують до будь якої фази з будь якого боку трансформатора.

Реле діє на сигнал з витримкою часу

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 58 |

Струм спрацювання:

$$I_{сз} = \frac{k_n}{k_n} * I_{ном}$$

$U_{пов} = \frac{1}{K_n}$ Де K_n – коефіцієнт похибки струму спрацювання

K_n – коефіцієнт повернення

$I_{ном}$ – номінальний струм трансформатора А

Газовий захист – спрацьовує при внутрішніх пошкодженнях трансформатора реагує на підвищення тиску в баці або на зменшення масла в трансформаторі. Газовий захист (газове реле) входить до комплекту трансформатора і постачається заводом виробником трансформатора

2.3 Вибір типів та пристроїв захисту трансформатору 10/3,15 кВ

Згідно з ПУЕ для трансформаторів слід застосовувати наступні захисти:

Захист від внутрішніх ушкоджень для трансформаторів менше 4 мВА — максимальний захист та токова відсічка, для трансформаторів великої потужності диференційний захист. Даний трансформатор потужністю більше 4МВА, отже - диференційний захист. В якості пристрою захисту, який виконує дану функцію обираємо МП РЗА MiCOM P632.

Захист від зовнішніх КЗ — максимальний захист з блокуванням по напрузі або без неї. Він також використовується як резервний захист трансформаторів. Для вводів ВН та НН обираємо максимальний захист з блокуванням по напрузі, що реалізується на пристроях МП РЗА УЗА 1-10А2.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 59 |

Захист від однофазних коротких замикань на сторонах трансформатора з глухозаземленою нейтраллю. І сторона ВН, і сторона НН - мережа з ізольованою нейтраллю, отже захисту від однофазних КЗ - непотрібно.

Газовий захист трансформатора та пристрою РПН з дією на сигнал та відключення. Вбудований, забезпечується виробником трансформатору.

Захист від перенавантаження з дією на сигнал. В ряді випадків, на ПС без обслуговуючого персоналу, захист від перенавантаження виконує дію на розгрузку або на відключення. Для даного трансформатору - з дією на сигнал. Реалізується як на MiCOM P632, так і на УЗА 1-10А2 НН шляхом використання одного зі ступенів струмового захисту.

Результат вибору типів та пристроїв РЗА наведено на рис. 2.3

Висновки

В розділі були розглянуті захисти трансформатора та принципи їх роботи

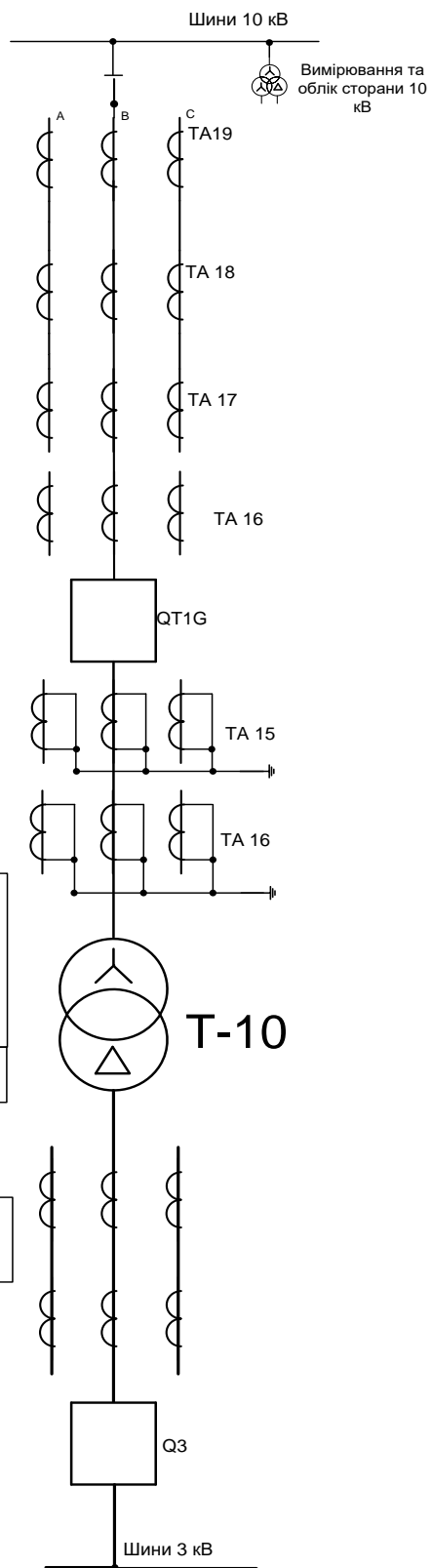
Рис. 2.3 Вибір типів та пристроїв захисту трансформатору 10/3,15 кВ

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 60 |

| | |
|--|--------------|
| Резервна МТЗ з пуском напруги, струмова відсічка, перенавантаження, вимірювання на стороні 10 кВ | УЗА-10А,2-А2 |
|--|--------------|

| | |
|---|-----------------|
| Газовий захист | |
| Диференційний захист тр-ра, захист від перенавантаження, основний МТЗ захист з пуском напруги, вимірювання на стороні 10 кВ | MICOM P632 – А1 |
| Основний МТЗ з пуском напруги, перенавантаження, вимірювання сторони 3,15 кВ | |
| Авт. РПН | УЗА-10В.4 - АВ1 |

| | |
|--|------------------|
| МТЗ з пуском напруги, струмова відсічка (ЛЗШ), перенавантаження, вимірювання та облік сторони 3 кВ | УЗА – 10АВ.1 -А3 |
|--|------------------|



| | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |

141.7109.1050.ДБ

Лист

61

3. Розрахунок релейного захисту трансформатору 10/3,15 кВ

3.1 Пристрій диференційного захисту трансформатору MICOM P632

Диференційний захист трансформатору використовує 2 комплекти трансформаторів струму, розташованих з обох сторін трансформатору. Вирівнювання вторинних струмів по величині та по фазі виконується захистом автоматично розрахунковим способом, для чого при заданні загальних характеристик задаються параметри трансформатору та трансформаторів струму. При цьому виникає можливість зібрати трансформатори струму у «зірку», що знизить навантаження на вторинні кола. Струм нульової послідовності при цьому усувається розрахунком, що робить характеристики незалежними від режиму роботи нейтралі трансформатору.

У якості обладнання для диф. захисту обрано MICOM P632 - захист трансформатору підвищеної чутливості.

Термінал диференційного захисту **MICOM P632** використовується як диференційний захист з додатковими функціями для захисту трансформаторів, генераторів та двигунів.

Функції захисту:

- Диференційний захист.
- Амплітудна та фазна корекція, урахування групи з'єднання трансформатора.
- Фільтрація токів нульової послідовності для обраних обмоток.
- Блокування при кидках струму намагнічування (по 2 гармоніці).
- Блокування від перезбудження (5 гармоніка).

| | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|--------|----------|---|-------------------------------|------|--------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | | | |
| | | | | | | | | |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | РОЗРОБКА СХЕМИ ЗМІННОГО ТА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТРАНСФОРМАТОРА | Літера | Лист | Листів |
| Розробив | | Студьонов | | 11.06.20 | | | | |
| Перевірів | | Дмитренко | | 11.06.20 | | | 62 | 71 |
| | | | | | | | | |
| Н.контр. | | Настенко | | 11.06.20 | | | | |
| Затверд. | | Толочко.О.І | | 11.06.20 | | НТУУ „КПІ” ФЕА, гр. ЗЕК-11 | | |

- Дискримінатор насичення.

Максимальний захист введів НН та ВН.

Для максимального захисту використовується другий та третій ступені захисту з незалежною характеристикою ($I > >$ та $I > > >$). Зі сторони НН забезпечується логічна селективність з захистом відходячих ліній та секційного вимикача, на ній може бути виконаний захист блокування по напрузі.

Функції управління:

- Керування та контроль двома вимикачами.
- шість конфігураційних кнопок на лицевій панелі.
- Контроль додаткових сигналів та вимірюваних значень Р.
- Оперативне блокування комірки.
- Більше 80 конфігурацій комірок.

Вимірювання:

- Диференційні та гальмівні струми.
- Фазні струми (окремо для кожної з фаз та кожного з боків захищаного об'єкту).
- Кути фазного зсуву між струмами окремих фаз.
- Кути фазного зсуву між одноіменними фазами кожної сторони захищаного об'єкту.
- Напруга.

Інші функції:

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | 62 |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | |

- Сигналізація граничних значень.
- 4 групи уставок.
- Програмована логіка роботи.
- Програмовані входи, виходи, світлодіоди.
- Модуль аналогових входів виходів.
- Три порти зв'язку.

Зовнішній вигляд МІСОМ Р632 приведено на рис. 3.1.



Рис. 3.1 Зовнішній вигляд МІСОМ Р632

3.2 Пристрій максимального струмового захисту УЗА-10А.2

Призначення.

Пристрої УЗА-10А.2 призначені для використання в схемах релейного захисту та протиаварійної автоматики для захисту електричних машин, трансформаторів і ліній електропередачі при коротких замиканнях і перевантаженнях, а також для управління і телемеханіки приєднання. Пристрій УЗА-10А.2 - живляться від джерела як постійного, так і змінного оперативного струму. Від ланцюгів змінного струму виконується комбіноване живлення від струму ($I_n = 1$ або 5 А) і напруги (100-220 В) і захист може працювати тільки

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | 63 |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | |

від струму короткого замикання.

Функції пристрою

- двохфазний (трифазний) МСЗ і струмова відсічка - 2 ступені в стандартній версії;
- Захист від перевантаження, струмова відсічка: МСЗ і СВ2 в версії УЗА-10А.2П;
- захист від замикань на землю (ЗНЗ);
- прискорення МСЗ при включенні вимикача;
- дистанційне включення і відключення вимикача;
- контроль і управління вимикачем;
- зовнішнє блокування захисту;
- зовнішнє підключення двофазного органу напрямку потужності;
- пуск ПРВВ;
- одноразове АПВ;
- вимір струмів фаз і струму ЗНЗ;
- запам'ятовування струму КЗ - 8 подій з фіксацією струму і часу КЗ;
- порт зв'язку RS 485 для підключення до локальної мережі.

Опис конструкції і роботи реле

Пристрій УЗА 1-10А2 має чотири вихідні реле:

- Вихідне реле RL-1(відключення) — використовується для відключення вимикача захистами або по мережі передача інформації (Варіант з RS-485), реле має 2 незалежних вихідних контакти (для дії на відключення та на аварійну сигналізацію).
- Вихідне реле RL 2 (включення) — використовується для включення вимикача автоматикою АПВ або по мережі передачі інформації (Варіант з RS-485).
- Вихідне реле RL 3 (вихід для блокування) фіксація пуску струмового органу МСЗ — (блокування для логічного захисту шин). Реле має два незалежних контакти.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 64 |

- Вихідне реле RL 4 (сигналізація) — вихід спрацювання ЗНЗ, сигналізація несправності пристрою та вихідних кіл.

Пристрій УЗА 1-10А2 має чотири дискретних входи.

Дискретний вхід № 1 використовується для контролю вимкненого положення вимикача. Положенням вимикача керується функція прискорення захисту при включенні: прискорення МСЗ(0 — 1 сек) вводиться на 1 сек. Після включення вимикача.

Дискретний вхід №2 використовується для контролю відключеного положення вимикача. Про наявність сигналу на цьому вході сигналізує світлодіод 6.

Дискретний вхід №3 використовується для блокування МСЗ ($I >$), ТО1 ($I >>$) та ТО2 ($>>>$) або для зовнішнього запуску ЧАПВ.

Дискретний вхід №4 використовується для відключення вимикача від зовнішнього сигналу на вході 4. наявність сигналу на вході 4 сигналізує світлодіод 7.

Для оперативного оповіщення оператора про стан пристрою мається 8 незалежних світлодіодних індикатора

Рис. 3.2 Зовнішній вигляд УЗА-10А.2

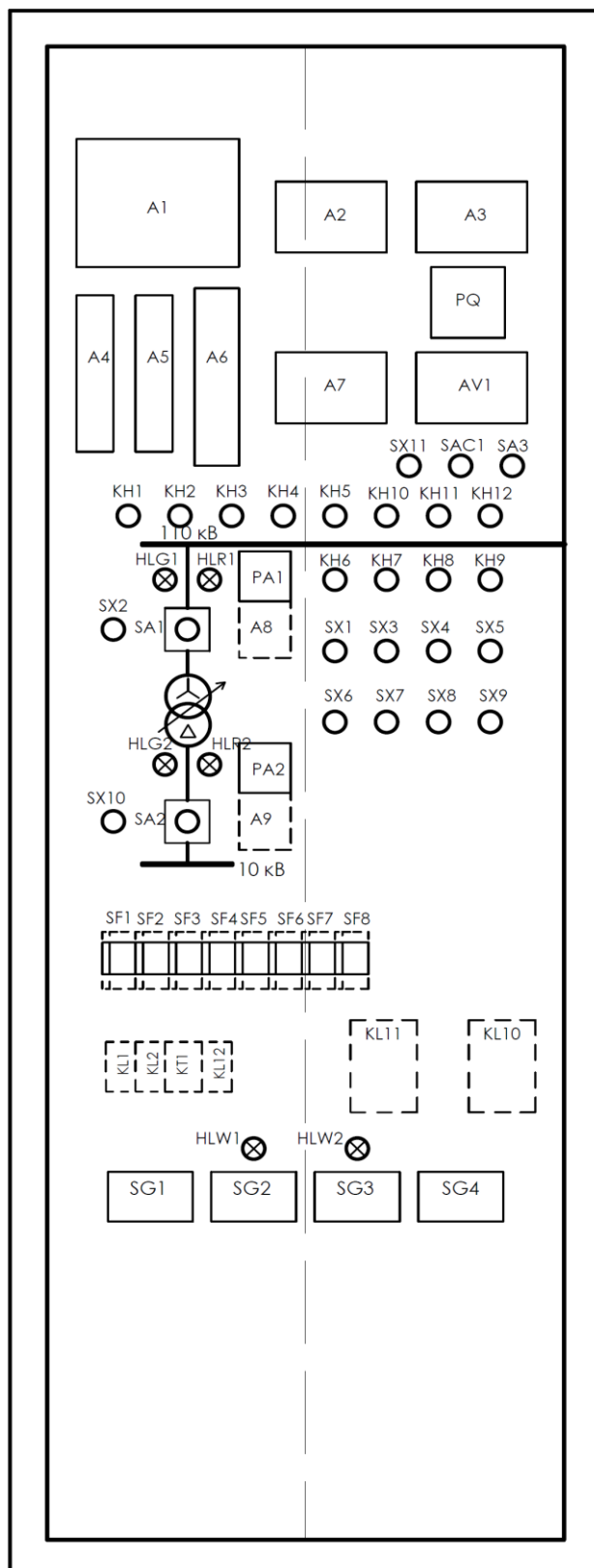


| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 65 |

Загальний вигляд панелі релейного захисту, де розміщені MICOM P632, УЗА-10А.2 ВН та УЗА-10А.2 НН наведено на рис. 3.2. Схеми змінного та постійного струмів для цієї панелі наведені на листі 2.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 66 |

Рис. 3.3 Панель РЗА



3.3. Розрахунок уставок

Диференційний захист:

Базисний струм (коефіцієнт) на кожній стороні трансформатора

$$I_{\text{БАЗ.А}} = \frac{S_{\text{БАЗ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ.А}}} = \frac{6300}{10000 \cdot \sqrt{3}} = 363,7 \text{ А}$$

$$I_{\text{БАЗ.В}} = \frac{S_{\text{БАЗ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ.В}}} = \frac{6300}{3000 \cdot \sqrt{3}} = 1212,4 \text{ А}$$

Розрахунок коефіцієнтів узгодження по амплітуді

$$k_{\text{АМ.А}} = \frac{I_{\text{НОМ.А}}}{I_{\text{БАЗ.А}}} = \frac{400}{363,7} = 1,01$$

$$k_{\text{АМ.В}} = \frac{I_{\text{НОМ.В}}}{I_{\text{БАЗ.В}}} = \frac{1500}{1212,4} = 1,23$$

1.обираємо параметри характеристики спрацювання

$$\begin{aligned} I_{\text{НБ.НОМ.НАГР}} &= K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \epsilon \cdot I_{\text{НОМ.НАГР}} + \Delta U \cdot I_{\text{НОМ.НАГР}} + \Delta f_{\text{выр}} \cdot I_{\text{НАГР}} = \\ &= (1 \cdot 1 \cdot 0,05 \cdot 0,12 \cdot 5 \cdot) \cdot 1165 = 0,34 I_{\text{баз}} \end{aligned}$$

$$I_d \geq 1,5 \cdot 0,34 = 0,51 I_{\text{баз}}$$

Приймаємо уставку $I_{d>} = 0,5$

Струм початку гальмування:

$$I_{\text{г,мл}} 1/2 \cdot I_{d>} = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25 I_{\text{баз}}$$

$$I_{\text{НБ.РАСЧ}} = K_{\text{ПЕР}} \cdot K_{\text{ОДН}} \cdot \epsilon \cdot I_{\text{ВН.КЗ}} + \Delta U \cdot I_{\text{ВН.КЗ}} + \Delta f_{\text{выр}} \cdot I_{\text{ВН.КЗ}} =$$

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 68 |

$$=(1 * 1 0,05 + 0,12 + 0,05) * 1,5 * 0,25 = 0,17 I_{баз}$$

Приймаємо уставку $m_1=0,2$

Обираємо параметри другої похилої ділянки

$$I_{НБ.РОЗ.} = K_{пер} * K_{одн} * \xi * I_{внешн.кз} + \Delta U * I_{ВНЕС.КЗ} + \Delta f_{ВИР} * I_{внешн.кз} =$$

$$=(1,5 * 1 * 0,05 + 0,12 + 0,05) * 20,4 = 5 I_{баз}$$

$$m_1 = \text{tga} = \Delta l_d / \Delta l_r \quad 0,2 = \Delta l_d / 1,3 \quad \Delta l_d = 0,26 \quad l_{dm2} = 0,66$$

Приймаємо уставку: $m_2 = 0,6$

Перевірка чутливості:

Однофазне КЗ на виводах 10 кВ

$$k_{ч} = \frac{3,9}{0,66 + 0,6 * (1,95 - 1,5)} = 4,2$$

Двофазне КЗ на виводах 3 кВ режим випробування:

$$I_{кз.мин} = 1,8 I_{баз} \quad I_r = 0,5 * 1,8 = 0,9 I_{баз}$$

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 69 |

$$k_{\text{ч}} = \frac{1,8}{0,4 + 0,2 * (0,9 - 0,2)} = 3,3$$

Чутливість забезпечується.

Диференційно відсічка

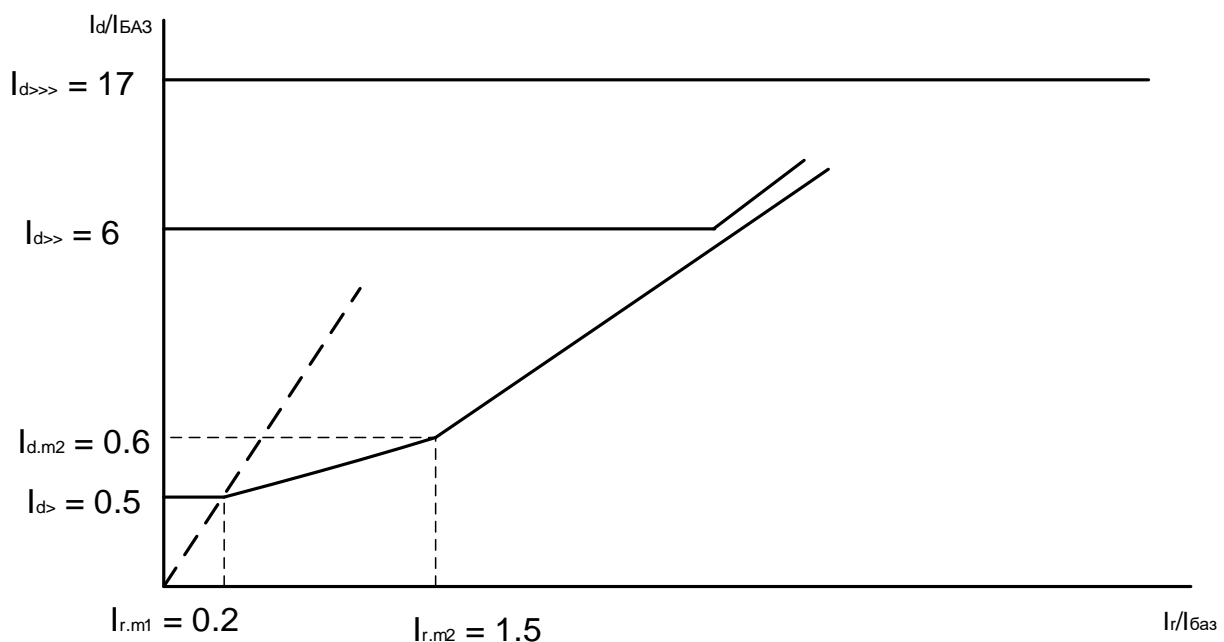
$$I_{d>>>} = (5 \dots 10) I_{\text{НОМ}}$$

Приймаємо $I_{d>>>} = 6 I_{\text{баз}}$

$$I_{d>>>} \geq K_{\text{отс}} * K_{\text{нб}} * I_{\text{СКВ}} = 1,1 * 1 * 15,2 = 16,7 I_{\text{БАЗ}}$$

Приймаємо уставку: $I_{d>>>} = 17 I_{\text{баз}}$

Рис. 3.4. Розрахована гальмівна характеристика дифзахисту



| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 70 |

Максимальний струмовий захист

$$I_{C3} = k_H * k_{C3} * I_{\text{раб,мах}} / k_B = 1,3 * 2,5 * 11,65 / 0,85 = 44,54 \text{ A}$$

Максимальний струмовий захист з пуском по напрузі

$$I_{C3} = k_{\text{отс}} I_{\text{ном}} k_{\text{в}} = 1,2 * 1165 / 0,92 = 1519,6 \text{ A}$$

Уставка спрацювання реле мінімальної напруги

$$U_{CP} \leq U_{\text{min}} / k_{\text{отс}} * k_B k_U = 2500 / 1,2 * 1,1 = 2291 \text{ B}$$

Чутливість для струмового реле:

$$k_{\text{ч}} = U_{C3} * k_B U_{\text{мах}} = 1800 * 1,1 / 3150 = 0,62$$

$$I_{\text{ср.вн}} = k_{\text{с}} * I_{\text{ср.нн}} = 1,1 * 1165 = 1280$$

Струм спрацювання захисту від перенавантаження:

$$I_{\text{с.з.п}} = k_{\text{отс}} I_{\text{ном}} / k_B = 1,05 * 1165 / 1,2 = 1019$$

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 71 |

Висновки:

приведено характеристики нового релейного захисту та його переваги в порівняння зі старими. Проведено розрахунки релейного захисту трансформатора Т-10

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | 71 |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | |

Висновки

В дипломному проекті було розглянуто трансформаторну підстанцію 110/35/10/3 кВ, проведена модернізація трансформатору Т-10 з заміною застарілого обладнання релейного захисту на нове сучасне. Встановлене обладнання відповідає всім сучасним нормам і стандартам. Встановлений новий релейний захист забезпечує надійну роботу трансформатору, зменшаться затрати на обслуговування захисту. Трансформатор керується з головного щита керування, що суттєво збільшило безпеку для обслуговуючого персоналу. У разі будь-якої аварії на стороні 10 чи 3 кВ, аварію буде локалізовано пристроями сучасного релейного захисту, у разі аварійної ситуації обслуговуючий персонал сигналом буде сповіщений про перенавантаження, перегрів.

Отже можна зробити висновки що заміна старого обладнання на нове збільшилась надійність, безпека обслуговуючого персоналу, автономність в решті зменшились витрати на обслуговування захистів.

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 72 |

Література

1. Правила улаштування електроустановок споживачів (ПУЕ-2019)
2. Короткі замикання в електроустановках, методи розрахунку в електроустановках змінного струму напругою понад 1000 В: ГОСТ 27514-87-75с
3. Кидиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем 2013р
4. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций:
5. ГКД 34.20.507-203 Правила — Технічна експлуатація електричних станцій та мереж
6. ДБН В.2.5.-23-2003 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення
7. Рекомендации по выбору защит электротехнического оборудования с использованием микропроцессорных устройств концерна ALSTOM
8. Рекомендации по выбору уставок защит электротехнического оборудования с использованием микропроцессорных устройств концерна ALSTON том2
— рекомендации завода изготовителя

| | | | | | | |
|------|------|-------------|---------|------|------------------|------|
| | | | | | 141.7109.1050.ДБ | Лист |
| | | | | | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | 73 |