

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт

**№3 “МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМОВИЙ НАПРАВЛЕНИЙ
ЗАХИСТ ЛЕП”,**

**№4 “ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ ЗАХИСТ СИЛОВОГО
ТРАНСФОРМАТОРА”**

з дисципліни «Основи релейного захисту та автоматики»
для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка» денної та заочної
форм навчання

Методичні вказівки до лабораторних робіт №3 “Максимальний струмовий направлений захист ЛЕП”, №4 «Диференційний захист силового трансформатора» з дисципліни «Основи релейного захисту та автоматики» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання / Укл. : П.В. Махлін, О.А. Шрам, О.І. Кузьменко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 18с.

Укладачі:

П.В. Махлін, доцент, к.т.н.
О.А. Шрам, в.о. зав. кафедри, к.т.н.
О.І. Кузьменко, зав. лабораторією.

Рецензент:

О.М. Климко, доцент, к.т.н.

Відповідальний
за випуск:

О.А. Шрам, в.о. зав. кафедри, к.т.н..

Затверджено
На засіданні кафедри
“Електропостачання
промислових
підприємств”

Протокол №7 від 21 .02.2019

Затверджено
на засіданні НМК
«Електротехнічного
факультету»

Протокол №6 від 24.01.2019

ЗМІСТ

1. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 «Максимальний струмовий направлений захист ЛЕП»	4
1.1. Мета роботи	4
1.2. Програма роботи	4
1.3. Короткі відомості та порядок проведення дослідів	4
1.4. Зміст звіту	7
1.5. Питання до самоперевірки	
1.6. Рекомендована література	11
2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6 «Диференційний захист силового трансформатора»	12
2.1 Мета роботи	12
2.2 Програма роботи	12
2.3 Короткі відомості та порядок проведення досліду	12
2.4 Зміст звіту	18
2.5 Питання до самоперевірки	18
2.6 Рекомендована література	18

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

“МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМОВИЙ НАПРАВЛЕНИЙ ЗАХИСТ ЛЕП”

1.1 Мета роботи

Ознайомитися з принципами побудови струмового направленої захисту й вивчити схему максимального струмового направленої захисту.

1.2 Програма роботи

1.2.1 Використовуючи [1, 2, 3] вивчити будову, принципи виконання й галузі застосування струмового направленої захисту.

1.2.2 Вивчити схему лабораторного стенда.

1.2.3 Зібрати схему максимального струмового направленої захисту та перевірити його роботу.

1.3 Короткі відомості та порядок проведення дослідів

1.3.1 Максимальний струмовий направлений захист (МСНЗ) належить до захисту, який реагує на величину струму та його напрям (знак потужності КЗ) в місці їх встановлення. Захист починає діяти при дотриманні двох умов: струм у лінії, що захищається, перевищує струм спрацьовування та знак потужності КЗ відповідає напрямку дії захисту. Основною галузю застосування МСНЗ є розподільчі мережі з двостороннім живленням, а також складні мережі з одним або декількома джерелами живлення. Це пояснюється тим, що в цих мережах досягнути селективної дії ненаправленої максимального струмового захисту неможливо. На рис. 3.1 надана схема радіальної мережі з двостороннім живленням. При короткому замиканні на першій лінії (К1), у загальному випадку прийдуть до дії струмові захисти всіх ліній. Для селективного вимикання пошкодженої ділянки

(лінія АБ) необхідне виконання наступної умови:

$$t_2 < t_3 < t_4.$$

При КЗ в точці К2 для забезпечення селективності повинна виконуватися умова:

$$t_3 < t_2 < t_1 \quad (1.1)$$

Таким чином, до захистів 2 і 3 ставляться суперечливі вимоги.

Введення в схему захисту органу направлення потужності дозволяє здійснити селективне вимикання пошкодженої ділянки. З векторних діаграм напруги й струму (рис. 1.2 – 1.5) видно, що фаза струму, а значить і потужності КЗ у місці встановлення захистів відносно напруги на шинах підстанції Б при переміщенні КЗ з точки К1 у точку К2 змінилася на 180^0 . При цьому за позитивний напрямок струму (потужності КЗ) приймається напрямок від шин до лінії.

Захист 2 спрацьовує при позитивному напрямку струму через нього (КЗ в точці К1), цей же струм для захисту 3 має негативний напрямок, отже, реле направлення потужності цього захисту не буде спрацьовувати. При КЗ в точці К2 струм КЗ має негативний напрямок для захисту 2 і позитивний для захисту 3. Внаслідок цього спрацьовує тільки захист 3.

Погодження часу дії захистів суміжних ділянок здійснюється за зустрічно-ступеневим принципом.

Струм спрацьовування МСНЗ, як і струм спрацьовування звичайного максимального струмового захисту знаходиться за виразом:

$$I_{с.з.} = \frac{1}{K_{пов}} \cdot K_n \cdot K_{сд} \cdot I_{роб.макс.} \quad (1.2)$$

де $K_n = 1,1 \div 1,2$ – коефіцієнт надійності;

$K_{сд} = 2 \div 3$ – коефіцієнт самозапуску загальмованого навантаження;

$K_{пов}$ – коефіцієнт повернення струмового реле (пускового органу захисту);

$I_{роб.макс.}$ – максимальний робочий струм в лінії, що захищається.

1.3.2 На рис. 1.6 приведена схема лабораторного стенда. Ця схема імітує МСНЗ лінії з двостороннім живленням від джерел $C1$ і $C2$ (рис. 5.7). Досліджуваний МСНЗ складається з двох ідентичних комплексів, які встановлені поблизу вимикачів $Q1$ і $Q2$. При КЗ у зоні дії захисту 1 (КЗ імітується включенням опору $R_{кз}$, за допомогою рубильника $S1$) потужність КЗ для цього захисту направлена від шин до лінії. Реле $KA1$ і $KA2$ замикають свої контакти, подається живлення на $KT1$ і через відрізок часу, який визначається установкою $KT1$, вимикається вимикач $Q2$. Дія захисту 2 (при КЗ а в точці $K2$ імітується включенням рубильника $P2$) аналогічно описаному вище.

Пусковими органами в схемі МСНЗ є струмові реле $KA1$ і $KA2$ типу РТ-40/10, які включені через трансформатори струму $TA1$ і $TA2$. В якості органу напрямку потужності $KWZ1$ і $KWZ2$ використовуються реле потужності типу РМБ-171/1, струмові обмотки яких включаються послідовно з відповідними струмовими реле, а обмотки напруги підключені до трансформатора напруги TV . Реле потужності включені по 90-градусній схемі.

При збиранні схеми необхідно звернути увагу на полярність підключення обмотки реле потужності. Реле $KWZ1$ повинно замикати свої контакти при КЗ у точці $K1$, а $KWZ2$ при КЗ у точці $K2$. У випадку неправильної дії $KWZ1$ ($KWZ2$) необхідно поміняти полярність обмотки струму або напруги відповідного реле.

Послідовність включення стенда

1 Зібрати схему і після перевірки її викладачем включити автомати $SF1$ і $SF2$.

2 Перевірити вимкнений стан рубильників $S1$ і $S2$, що імітують КЗ, включити вимикачі $Q1$ і $Q2$. Переконатися за показаннями приборів $A1$, $A2$ і V , що схема знаходиться в нормальному режимі.

3 Провести імітацію КЗ спочатку в точці $K1$ (за допомогою $S1$), потім в точці $K2$ (за допомогою $S2$). Звернути увагу на показання вольметра V підчас роботи реле $KT1$ ($KT2$).

УВАГА! Після імітації КЗ у точці К1 (К2) і спрацьовування захисту необхідно вимкнути рубильник $S1$ ($S2$), включити вимикач, а потім проводити КЗ у наступній точці.

1.4 Зміст звіту

1.4.1 Принципова схема струмових ланцюгів МСНЗ і схема оперативних ланцюгів.

1.4.2 Показання приладів у нормальному режимі та при КЗ.

1.5 Питання для самоперевірки

1.5.1 Устаткування та принцип дії реле напрямку потужності.

1.5.2 Поясніть зустрічно-ступеневий принцип вибору витримок часу для МСНЗ.

1.5.3 Що називається мертвою зоною реле напрямку потужності?

1.5.4 Поясніть роботу схеми МСНЗ.

1.5.5 Які фактори приймаються до уваги при розрахунку установок спрацьовування захисту?

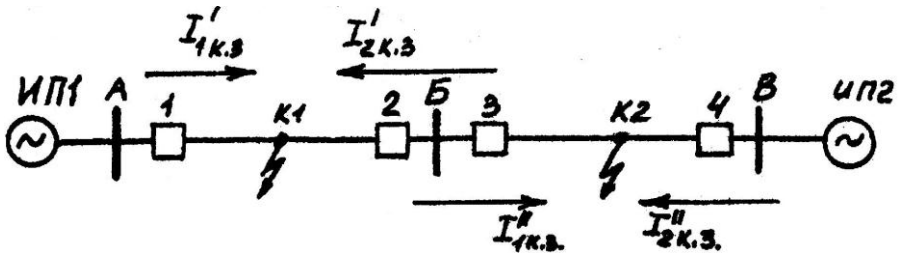


Рисунок 1.1 – Напрямок струмів КЗ в лінії з двостороннім живленням

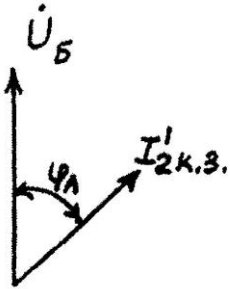


Рисунок 1.2 – Векторна діаграма для захисту 2 при КЗ у точці К1.

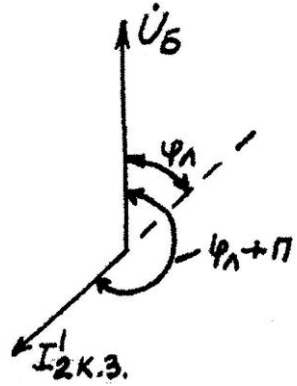


Рисунок 1.3 – Векторна діаграма для захисту 3 при КЗ у точці К1.

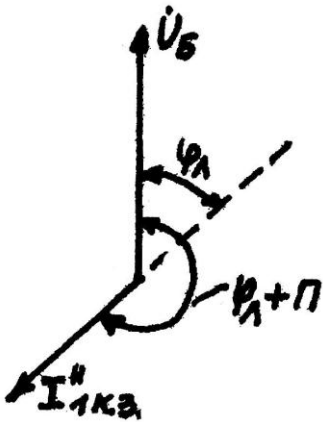


Рисунок 1.4 – Векторна діаграма для захисту 2 при КЗ у точці К2.

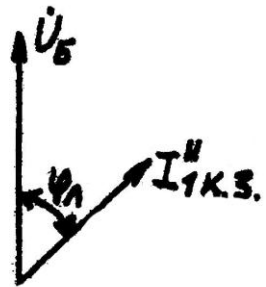


Рисунок 1.5 – Векторна діаграма для захисту 3 при КЗ у точці К2.

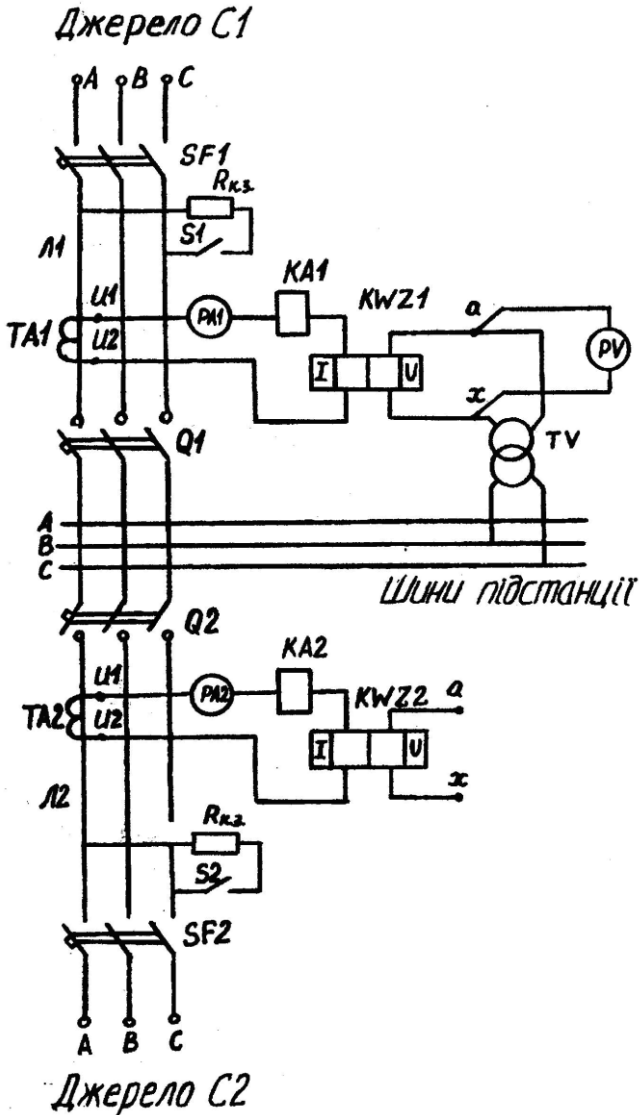


Рисунок 1.6 – Схема максимального направленного струмового захисту на лабораторному стенді

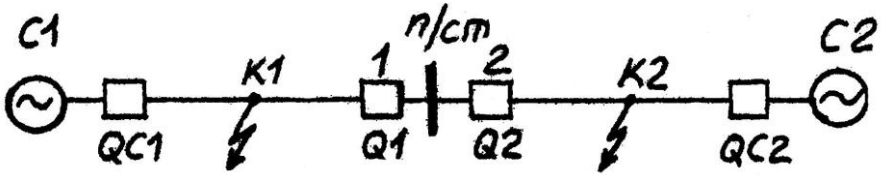


Рисунок 1.7 – Однолінійна схема лабораторного стенда

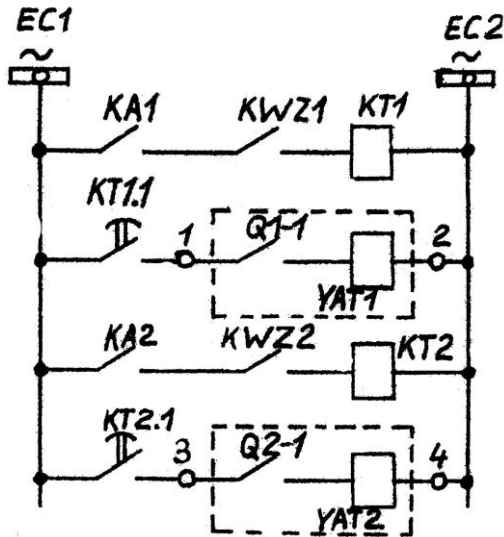


Рисунок 1.8 – Схема ланцюгів оперативного струму максимального струмового направленої захисту на лабораторному стенді

1.6 Рекомендована література

1. Правила улаштування електроустановок: Глава 3.2. Релейний захист / Мінпаливенерго України. К: НППР, 2015 – 88с.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения/ В.А. Андреев. – М.: «Высшая школа», 2007г.-520 с.
3. Беркович М.А Основы техники релейной защиты /М.А. Беркович, В.В. Молчанов, В.А. Семёнов В.А. – М.: Энергоатомиздат, 1984 г. – 373 с.
4. Фабрикант В.Л. Основы теории построения измерительных органов релейной защиты и автоматики/ В.Л. Фабрикант.– М.: «Энергоатомиздат», 1968 г. – 267 с.
5. Ніценко В.В. Дослідження похибок трансформаторів струму у системах релейного захисту в усталених та перехідних режимах енергосистеми / В.В Ніценко, Д.О. Кулагін, П.В. Махлін // Електротехніка та електроенергетика. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – С. 87-94.

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

"ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ ЗАХИСТ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА"

2.1 Мета роботи

Ознайомитися з принципами будови диференційних захистів та вивчити схему повздовжнього диференційного захисту силового трансформатора.

2.2 Програма роботи

2.2.1 Вивчити принципи виконання та галузі застосування диференційних захистів.

2.2.2 Вивчити схему лабораторного стенда.

2.2.3 Провести дослідження роботи диференційного захисту трансформатора на реле РТ-40

2.2.4 Вивчити реле принцип та конструкцію реле РНТ-565 та ДЗТ-11.

2.2.5 Провести дослідження роботу схеми диференціального захисту на основі реле РНТ-565

2.3 Короткі відомості та порядок проведення дослідіду

2.3.1 Диференційні струмові захисти базуються за принципом порівняння струмів за величиною та фазою на початку і в кінці ділянки, що захищається. Розрізняють повздовжні та поперечні струмові захисти. Якщо струми на межі ділянки, що захищається, однакові, захист не повинен спрацювати.

Повздовжній диференційний захист поширено застосовується для захисту від внутрішніх пошкоджень генераторів, двигунів, трансформаторів, ліній електропостачання.

Поперечний диференційний захист використовується для захисту паралельних ліній електропередач, паралельних гілок обмоток електричних машин і т. ін.

2.3.2 На рис. 2.1 подана схема повздовжнього диференційного захисту з циркулюючими струмами, коли вторинні обмотки двох

трансформаторів струму ТА1 та ТА2, встановлених на межі зони захисту, включені зустрічно-паралельно.

На практиці частіше застосовують схему з циркулюючими струмами, де при нормальному режимі та замиканні поза зоною захисту струми в обмотці реле рівні й протилежно спрямовані. При пошкодженні у зоні захисту можливі два випадки:

- при односторонньому живленні струм з боку джерела зростає, а з боку споживача зменшується. При цьому з'являється струм небалансу в реле, що викликає спрацьовування реле та захисту в цілому;

- при двосторонньому живленні струм з боку другого джерела змінить свій напрямок, струми реле будуть складатися, що також приведе до спрацьовування реле. Ці режими роботи диференційного захисту приведені на векторних діаграмах рис 2.1.

2.3.3 На рис. 2.2 приведена схема лабораторного стенда. Силкові трансформатори мають схему з'єднань Y/Δ - Y/Δ -11. Вектори струмів в обмотках на первинній та вторинній сторонах здвинуті за фазою на 30° . Для компенсації фазного зсуву вторинні обмотки двох комплектів трансформаторів струму включені за зворотною схемою Δ/Y .

Рівність величин вторинних струмів трансформаторів струму витримати складніше, так як коефіцієнти трансформації силових трансформаторів, та співвідношення коефіцієнтів трансформації трансформаторів струму часто не співпадають. У трансформаторі з регулюванням напруги коефіцієнти трансформації, взагалі, змінні величини. Тому застосовуються додаткові зрівняльні трансформатори (автотрансформатори) у вторинних колах захисту, або загрублюється захист з метою відбудови його від струмів небалансу. Для приведеної на рис. 2.2 схеми органи KA_A , KA_B , KA_C необхідно відстроювати також від кидка струму намагнічування, що виникає в момент включення силового трансформатора (до 3÷5 значень номінального струму).

Імітація КЗ в зоні захисту здійснюється включенням опору R на затискачі трансформатора (до точок a і b), за допомогою рубильника S (верхнє положення). Імітація КЗ поза зоною захисту здійснюється включенням опору R до точок a' і b' за допомогою рубильника S (нижнє положення). У середньому положенні пакетного вимикача силовий трансформатор працює у номінальному режимі.

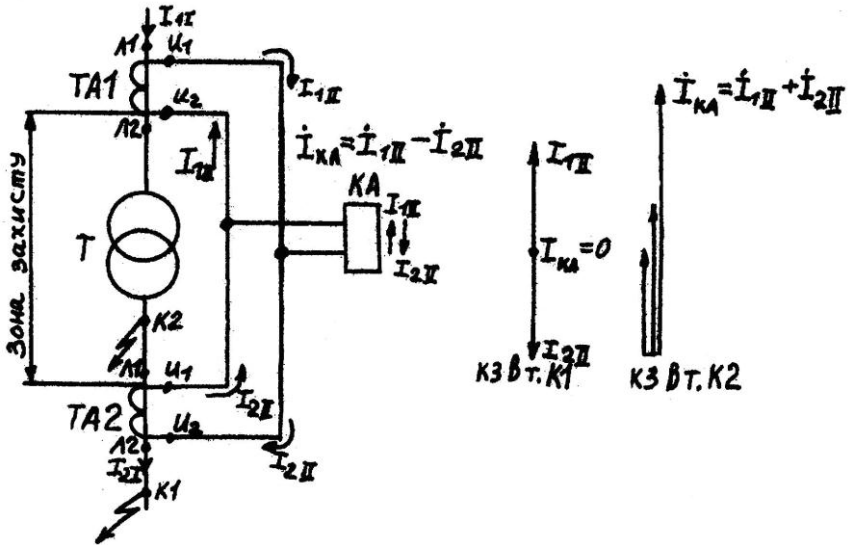


Рисунок 2.1 – Схема диференційного захисту з циркулюючими струмами

Магнітний пускач QY_A імітується високовольтний вимикач який керується або кнопками $SB1$, $SB2$, або проміжним реле $KL1$.

2.3.4 Порядок зборки схеми та вмикання стенда.

Частина з'єднань схеми зібрана й знаходиться за лабораторним стендом: коло, керування пускачем, а також первинні кола силового трансформатора та навантаження. На зовнішній панелі необхідно зібрати схему підключення вторинних кіл двох комплектів трансформаторів струму; підключити вимірювальні прилади, пускові органи KA_A , KA_B , KA_C ; підключити контакти вказаних реле до кола обмотки реле KL , та з'єднати це коло з джерелом оперативного струму: приєднати до рубильника S точки a , b та a' , b' .

Після перевірки схеми викладачем необхідно:

- увімкнути автомат $SF1$;
- впевнитись, що вимикач S , та автомат $SF2$ відключені і ввімкнути пускач QY_A кнопкою $SB1$;
- записати показання приладів $\bar{p}A1$, $\bar{p}A2$, $\bar{p}A3$, при номінальному режимі роботи силового трансформатора;

- увімкнути автомат $SF2$;
- за допомогою вимикача S провести КЗ поза зоною захисту й записати показання амперметрів;
- провести КЗ у зоні захисту та подивитися на спрацьовування захисту.

2.3.5 Диференційний захист трансформатора на основі реле РНТ-565 та ДЗТ-11.

Більш ефектнішим засобом вирівнювання струмів у плечах захисту застосування спеціальних диференційних реле РНТ-565 та ДЗТ-11 з проміжним трансформатором струму, що швидко насичується, (ШНТ). Крім основної (робочої або диференційної) обмотки, ШНТ має дві зрівняльні обмотки, відпайки яких виведені на спеціальні панелі.

Реле РНТ-565 має дві короткозамкнуті обмотки, а реле ДЗТ-11 має дві гальмові обмотки, які розташовані на крайніх стрижнях. Регульовальні гвинти дозволяють підібрати потрібну кількість витків вказаних обмоток. У схемі диференційного захисту обмотки включаються таким чином, щоб у нормальному режимі та при зовнішніх КЗ сума намагнічуючих сил дорівнювала б нулю, або була б мінімальною, а струм у вторинній обмотці, підключеної до реле, струм наближається до нуля.

Схема захисту з реле РНТ-565 приведена на рис. 2.3 (для однієї фази). У схемі використовуються два трансформатора струму $TA1$, $TA2$. Струми від вторинних обмоток $TA1$ та $TA2$ подаються на робочу та першу зрівняльну обмотки, які включені зустрічно. Вторинні обмотки трансформаторів струму в фазах В і С необхідно закортити.

Збірка й порядок вмикання не відрізняється від вище описаного. Налаштування схеми проводиться шляхом підбору кількості витків зрівняльної обмотки доки показання амперметра $\bar{p}A3$ не будуть мінімальними (мінімум величини струму небалансу). Після налаштування необхідно перевірити роботу захисту у всіх режимах й записати показання приладів.

УВАГА! Переключення кількості витків зрівняльної обмотки за допомогою регульовального гвинта проводити тільки при вимкненому стенді.

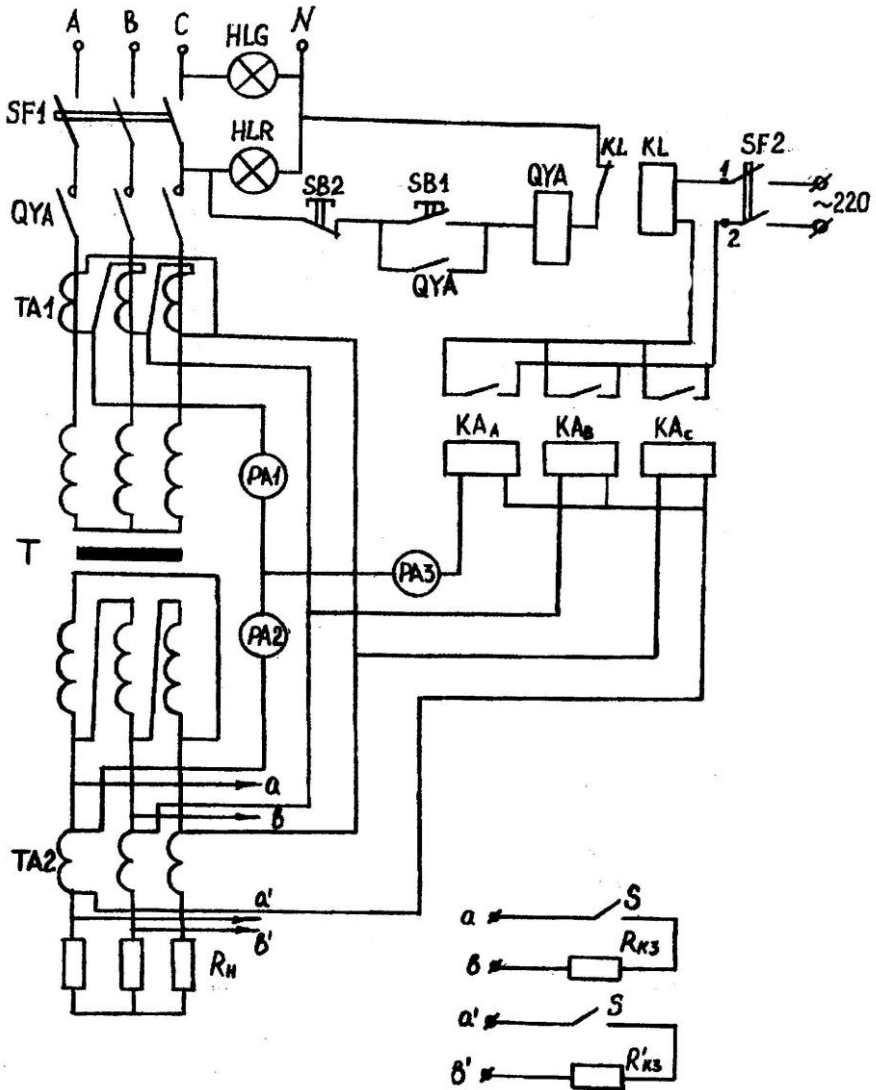


Рисунок 2.2 – Схема диференційного захисту на реле РТ-40

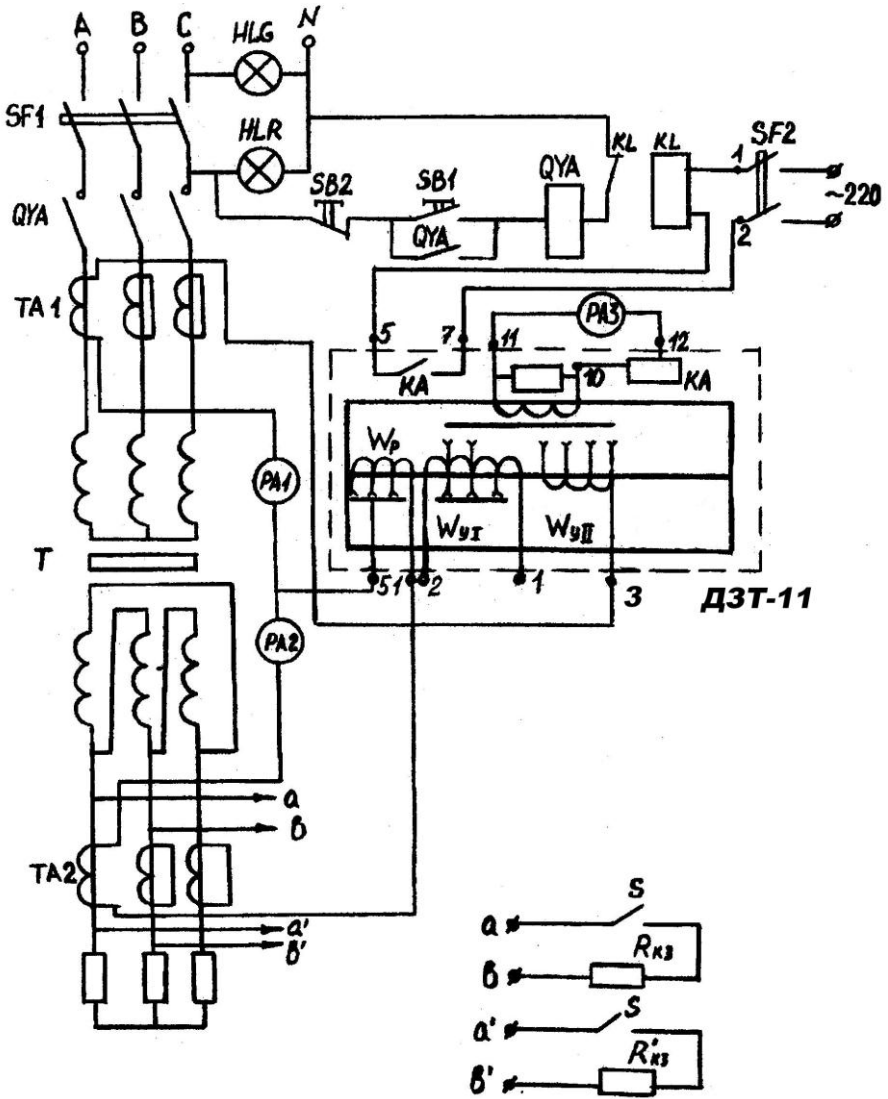


Рисунок 2.3 – Схема диференційного захисту на реле РНТ-565

2.4 Зміст звіту

2.4.1 Схеми диференційних захистів (рис. 2.2 або 2.3).

2.4.2 Таблиця з результатами досліджу.

2.5 Питання для самоперевірки

2.5.1 Принцип дії диференційного захисту.

2.5.2 У чому особливість диференційного захисту трансформатора?

2.5.3 Поясніть роботу схеми захисту на базі реле РНТ-565.

2.5.4 Будова та принцип дії реле РНТ-565 та ДЗТ-11.

2.5.5 Пояснити роботу схеми захисту на базі реле ДЗТ-11.

2.5.6 Чому захист на реле РТ-40 має меншу чутливість, ніж захист на реле РНТ-565 та ДЗТ-11.

2.6 Рекомендована література

1. Правила улаштування електроустановок: Глава 3.2. Релейний захист / Мінпаливенерго України. К: НПЦР, 2015 – 88с.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения/ В.А. Андреев. – М.: «Высшая школа», 2007г.-520 с.
3. Беркович М.А Основы техники релейной защиты /М.А. Беркович, В.В. Молчанов, В.А. Семёнов В.А. – М.: Энергоатомиздат, 1984 г. – 373 с.
4. Фабрикант В.Л. Основы теории построения измерительных органов релейной защиты и автоматики/ В.Л. Фабрикант.– М.: «Энергоатомиздат», 1968 г. – 267 с.
5. Ніценко В.В. Дослідження похибок трансформаторів струму у системах релейного захисту в ustalених та перехідних режимах енергосистеми / В.В Ніценко, Д.О. Кулагін, П.В. Махлін // Електротехніка та електроенергетика. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – С. 87-94.