

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"
Інститут електротехніки та електромеханіки
Кафедра електропостачання та енергоменеджменту**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

з дисципліни

"ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ"

Одеса – 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"
Інститут електротехніки та електромеханіки
Кафедра електропостачання та енергоменеджменту**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

з дисципліни

"ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ"

для магістрів заочної форми навчання

**спеціальності – 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

**Затверджено на засіданні
кафедри електропостачання та енергоменеджменту
Протокол № 2 від 18.09.2024 р.**

Одеса – 2024

Методичні вказівки та контрольні завдання з дисципліни "Захист та автоматизація електричних мереж" для студентів заочної форми навчання Інституту електротехніки та електромеханіки спеціальності – 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / Укл. Шабовта. М. Ю., Бесараб О. М. – Одеса: "Одеська політехніка", 2024. – 27 с.

Укладачі: М. Ю. Шабовта, к.т.н., доц., Бесараб О. М. к.т.н., проф.

ЗМІСТ

	стор.
1 ВСТУП	4
2 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ	4
3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ ТЕМ	5
3.1 Загальні відомості про релейний захист і автоматику (РЗА)	5
3.2 Реле та логічні елементи	5
3.3 Вибір трансформаторів струму (ТС) для релейного захисту за похибкою	6
3.4 Максимальний струмовий захист і струмова відсічка	6
3.5 Струмові захисти підвищеної чутливості	7
3.6 Напрямлений максимальний струмовий захист	7
3.7 Захист від однофазних замикань на землю	8
3.8 Складання принципових схем струмових захистів підвищеної складності	9
3.9 Дистанційний захист (ДстЗ)	14
3.10 Диференціальні захисти (ДЗ)	14
3.11 Захист трансформаторів	15
3.12 Захист генераторів	15
3.13 Захист електродвигунів	16
3.14 Захист збірних шин	16
3.15 Захист батареї статичних конденсаторів	17
3.16 Автоматичне повторне вмикання (АПВ)	17
3.17 Автоматичне вмикання резерву (АВР)	18
3.18 Автоматичне частотне розвантаження (АЧР)	19
4 КОНТРОЛЬНА РОБОТА	19
4.1 Загальні вказівки та вимоги до оформлення	19
4.2 Завдання до контрольної роботи	20
5 ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ	25
5.1 Індукційне реле струму серії РТ-80 (вибіркові дані)	25
5.2 Стандартизована шкала номінальних первинних струмів ТС	25
5.3 Приклад заповнення титульного аркуша контрольної роботи	25
6 ДОВІДНИК ЛІТЕРНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ	26
7 СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	27

1 ВСТУП

Мета викладання дисципліни - створити у студентів обсяг знань і умінь, достатній для свідомого та творчого розв'язання інженерних задач у галузі релейного захисту та мережевої автоматики систем електропостачання, а також для самостійного поповнення та удосконалення цих знань умінь.

Задачі вивчення дисципліни: оволодіння студентами знаннями про принципи дії релейного захисту та автоматики (РЗА), засвоєння методів їхнього розрахунку та принципів побудови принципових схем пристроїв РЗА, ознайомлення з особливостями застосування РЗА в різних галузях електропостачання. Тут і далі аббревіатурою РЗА позначаються пристрої релейного захисту та мережевої автоматики, які вивчаються у цій дисципліні згідно з викладеною нижче програмою.

Після вивчення дисципліни студенти повинні

знати:

- 1) призначення пристроїв РЗА (ПРЗА), функції, виконувані ними в системі електропостачання, та вимоги до цих пристроїв;
- 2) призначення, принцип дії, побудову та методику випробування найпоширеніших видів реле;
- 3) принципи дії різних видів РЗА;
- 4) методи розрахунку параметрів основних видів релейного захисту та мережевої автоматики;
- 5) принципи побудови схем РЗА;

уміти:

- 1) проводити випробування простих видів реле;
- 2) складати принципові схеми простих видів РЗ;
- 3) вибирати види пристроїв РЗА для конкретних умов їхнього використання;
- 4) виконувати розрахунки параметрів найпростіших видів РЗА.

2 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Ця дисципліна є логічним продовженням дисципліни "Основи захисту та автоматизації в електроінженерії", що вивчалася раніше, та базується на знаннях студентів, отриманих ними при її вивченні.

Найважливіший матеріал для повторення включено поряд із новим матеріалом до перших тем цієї дисципліни.

При вивченні окремих видів РЗА головну увагу слід звернути на такі питання:

- 1) призначення та галузь застосування різних видів РЗА;
- 2) принципи дії кожного з видів РЗА;
- 3) призначення елементів та функціональних органів пристроїв РЗА (ПРЗА), їх взаємний зв'язок і послідовність дії при спрацьовуванні пристрою;
- 4) принципи розрахунку параметрів налаштування ПРЗА.

У процесі вивчення окремих тем необхідно вести короткий конспект, що складається на основі рекомендованої літератури, по кожному пункту програми; це дозволить скоротити час на повторювання.

З дисципліни передбачені лекції, практичні роботи, поточні та передекзаменаційні консультації, залік із дисципліни, що провадяться згідно до навчального графіка.

При вивченні дисципліни слід у першу чергу використовувати основну літературу.

Тексти в книгах, надруковані дрібним шрифтом, можна при читанні пропускати за винятком обговорених випадків.

3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ ТЕМ

3.1 Загальні відомості про релейний захист і автоматику (РЗА)

Загальне призначення РЗА. Призначення та основні вимоги до РЗ: селективність, швидкість дії, чутливість, надійність. Класифікація РЗ за принципом дії, за функцією у системі захистів (основні, резервні, додаткові), за ступенем селективності (з абсолютною селективністю, відносною селективністю та неселективні захисти). Апаратні та програмні захисти. Структурно-функціональна схема ПРЗА. Призначення та види автоматики електричних систем. Структура цифрової підстанції.

Література: [1], с. 11-15, 52-57; [2], с. 8-27.

Запитання для самоперевірки

- 1) Що таке зона дії захисту?
- 2) Який захист називають основним, який - резервним, а який - додатковим?
- 3) Що таке захист із абсолютною та захист із відносною селективністю? Наведіть приклади кожного з цих захистів.
- 4) Поясніть призначення резервних захистів. Що таке дальнє та що таке ближнє резервування?
- 5) Чим характеризується чутливість захистів?
- 6) Які фактори впливають на швидкодію роботи захистів?
- 7) Дайте визначення терміну "цифрова підстанція". Скільки рівнів структури цифрової підстанції виділяють, що входить до їх складу?

3.2 Реле та логічні елементи

Реле, основні параметри та характеристики. Класифікації реле за різними ознаками. Логічні операції та логічні елементи. Електромагнітні реле, їх основні параметри та характеристики. Електромагнітні реле струму та напруги, проміжні, вказівні реле та реле часу (принцип дії, призначення, регулювання параметрів). Індукційне реле струму РТ-80(90) побудова та характеристики. Індукційне реле потужності РБМ-170(270), конструкція, принцип дії, кутова характеристика та характеристика чутливості. 90-градусна схема вмикання обмоток реле потужності. Реле з фільтрами симетричних складових. Поняття про цифрові пристрої РЗА.

Література: [1], с. 15-52.

Методичні вказівки

Поряд із електромагнітними реле, у цій темі вивчаються індукційне реле напрямку потужності РБМ, а також реле потужності на напівпровідникових приладах та інтегральних мікросхемах (ІМС), у тому числі реле напрямку потужності та реле опору, які доцільно вивчати після ознайомлення з принципом дії напрямлених струмових дистанційних захистів, для яких вони використовуються.

Запитання для самоперевірки

- 1) Що таке реле? Дайте визначення терміну "реле".
- 2) Що таке гістерезисна характеристика реле?
- 3) Що таке коефіцієнт повернення реле?
- 4) Що таке кут максимальної чутливості реле напрямку потужності? Чому він дорівнює у реле активної та реле реактивної потужності?
- 5) Покажіть характеристику чутливості реле напрямку потужності.

- 6) Перелічіть основні логічні елементи і покажіть їх умовні графічні та літерні позначення. Поясніть виконувані ними функції.
- 7) Накресліть 90-градусну схему вмикання обмоток реле потужності до вимірювальних трансформаторів, укажіть її позитивні якості.
- 8) Як регулюють уставки струму спрацьовування реле струму РТ-40 та РТ-80?

3.3 Вибір трансформаторів струму (ТС) для релейного захисту за похибкою

Типові схеми з'єднання ТС і реле (у "зірку", "неповну зірку", "неповний трикутник", "ТС - у трикутник, а реле - у зірку", а також "тритрансформаторний фільтр струму нульової послідовності"); коефіцієнт схеми, позитивні якості та недоліки окремих схем, галузь їхнього застосування.

Вимоги до точності ТС. Опір навантаження ТС. перевірка ТС на 10-відсоткову похибку за кривою граничної кратності струму ТС.

Трансформатор струму нульової послідовності. Побудова та принцип дії.

Література [1], с. 78-101.

Запитання для самоперевірки

- 1) Яке призначення первинного вимірювального перетворювача струму?
- 2) У чому складається та для чого провадиться перевірка ТС за кривими граничної кратності?
- 3) Що таке похибка ТС, які вони бувають?
- 4) Що являє собою крива граничної кратності струму ТС?
- 5) Накресліть схеми з'єднання ТС і реле: а) у зірку, б) у неповну зірку. Перелічіть їх позитивні якості та недоліки, укажіть галузь застосування.
- 6) Накресліть схеми з'єднання ТС і реле: а) у неповний трикутник, б) у тритрансформаторний фільтр струму нульової послідовності.
- 7) Що таке коефіцієнт схеми? Чому дорівнює його значення для різних схем з'єднання ТС і реле при різних видах КЗ (трифазному, двофазному, однофазному)?
- 8) Які застосовуються способи зменшення похибки ТС?
- 9) Які методи перевірки ТС на 10% похибку застосовують на практиці?

3.4 Максимальний струмовий захист і струмова відсічка

Максимальний струмовий захист (МСЗ); структурна схема; забезпечення селективності; ступінь селективності. Вибір витримки часу МСЗ із незалежною витримкою часу. Узгодження характеристик витримки часу МСЗ з обмежено залежною витримкою часу. Вибір струму спрацьовування. Коефіцієнт самозапуску навантаження. Формули для визначення струмів спрацьовування захисту та реле. Перевірка чутливості; визначення коефіцієнта чутливості. Оцінка МСЗ (позитивні якості, недоліки), галузь застосування.

Струмова відсічка (СВ) без витримки часу (селективна); забезпечення селективності; структурна схема; струм спрацьовування; коефіцієнт чутливості; мертва зона. Відстроювання СВ від струму хитань при двосторонньому живленні. Оцінка СВ і галузь її застосування. Двоступеневий струмовий захист; структурна схема та діаграма дії.

Струмова відсічка з витримкою часу. Струм спрацьовування. Треступеневий струмовий захист. Структурна схема та діаграма дії.

Поняття про неселективну струмову відсічку.

Література: [1], с. 130-147.

Методичні вказівки

Матеріал цієї теми дуже важливий для розуміння багатьох наступних тем, тому він потребує доброго засвоєння.

Запитання для самоперевірки

- 1) Для чого МСЗ виконується з витримкою часу?
- 2) Запишіть і поясніть формулу для визначення ступеня селективності МСЗ.
- 3) Яка різниця між МСЗ з залежною та незалежною витримкою часу?
- 4) Як розраховують час спрацювання МСЗ з залежною витримкою часу?
- 5) Запишіть формули для визначення струму спрацювання та коефіцієнта чутливості МСЗ і поясніть всі входні до неї величини.
- 6) Для чого і як узгоджують МСЗ суміжних ділянок мережі?
- 7) Як розраховують струм спрацювання струмової відсічки?
- 8) Що таке мертва зона СВ, у чому її причина та де вона розміщується: на початку чи у кінці лінії?
- 9) Чому струм спрацювання СВ без витримки часу відстроюється від максимального (а не мінімального) струму зовнішнього КЗ (тобто струму при КЗ у кінці лінії)? Запишіть формулу для його визначення.
- 10) Які мінімальні величини коефіцієнта чутливості рекомендують ПУЕ для СВ без витримки часу, що використовується в якості додаткового захисту, а також для МСЗ (основного та резервного)?
- 11) Для чого потрібна струмова відсічка з витримкою часу?

3.5 Струмові захисти підвищеної чутливості

Способи підвищення чутливості МСЗ. МСЗ із комбінованим пуском за струмом та напругою (МСЗН). Струмовий захист з витримкою часу, що залежить від третьої гармонічної струму. Структурні схеми, уставки спрацювання та коефіцієнти чутливості.

Література: [1], с. 141-144.

Завдання для самоперевірки

- 1) Як розраховують струм та напругу спрацювання комбінованої струмової відсічки?
- 2) Накресліть структурну схему захисту із комбінованим пуском за струмом та напругою.
- 3) Як розраховують параметри спрацювання захисту з витримкою часу, що залежить від третьої гармонічної струму?
- 4) Накресліть структурну схему захисту з витримкою часу, що залежить від третьої гармонічної струму.

3.6 Напрявлений максимальний струмовий захист

Напрявлений МСЗ (НМСЗ); структурна схема; основні функціональні органи. Зустрічно-ступінчастий принцип вибору витримки часу для забезпечення селективності. Схема приєднання обмоток реле потужності до вимірювальних трансформаторів. Поняття про мертву зону захисту. Оцінка НМСЗ (позитивні якості, недоліки), галузь застосування.

Література: [1], с. 154-165.

Запитання для самоперевірки

- 1) Для яких мереж призначений напрявлений МСЗ?
- 2) Назвіть вимірні органи спрямування потужності?

- 3) Накресліть структурну схему НМСЗ, перелічіть його функціональні органи та укажіть призначення органу напрямку потужності.
- 4) Чи у всі комплекти НМСЗ треба увести органи напрямку потужності? Укажіть, у які - не треба.
- 5) Запишіть формулу для визначення струму спрацювання НМСЗ.
- 6) З яких умов вибирають струм спрацювання спрямованої струмової відсічки?
- 7) У чому причина виникнення мертвої зони НМСЗ? Де вона розташовується: на початку чи у кінці лінії?
- 8) Які існують схеми під'єднання органу спрямування потужності?
- 9) Яку перевагу має 90-градусна схема з'єднання обмоток реле напрямку потужності з ТС та трансформаторами напруги (ТН)? Накресліть цю схему.

3.7 Захист від однофазних замикань на землю

Захист від однофазних замикань на землю в мережах з ізольованими нейтраліями. Неселективний захист - сигналізація про однофазні замикання на землю. Селективний захист від однофазних замикань на землю, що реагує на струм нульової послідовності усталеного режиму; струм спрацювання та чутливість захисту. Напрявлений струмовий захист нульової послідовності (ЗЗПІ).

Захист від однофазних замикань на землю в компенсованих мережах, тобто в мережах із нейтраліями, заземленими через дугогасячі реактори (ДГР). Режим компенсації струму однофазного замикання на землю. Векторні діаграми струмів і напруг. Струмозподіл у радіальній мережі в цьому режимі. Способи виконання захисту від однофазних замикань у компенсованих мережах.

Захисту від однофазних КЗ у мережах із глухозаземленою та ефективно заземленою нейтраллю. Струмові захисти нульової послідовності, їхні позитивні якості.

Література: [1], с. 231-245, 166-173.

Запитання для самоперевірки

- 1) У яких випадках у мережах із ізольованою нейтраллю при однофазному замиканні на землю, як правило, не потрібно негайно вимикати ушкоджену лінію, а у яких - це все-таки необхідно зробити та чому?
- 2) Мережі якої напруги працюють з ізольованою нейтраллю?
- 3) У яких випадках доцільно застосовувати напрявлений струмовий захист нульової послідовності?
- 4) Укажіть недолік неселективної сигналізації про однофазні замикання на землю та галузь її застосування.
- 5) Чому в компенсованих мережах не застосовують захист, що реагує на повний струм нульової послідовності усталеного режиму?
- 6) Запишіть формули для визначення струму спрацювання та коефіцієнта чутливості струмового захисту, що реагує на струми нульової послідовності усталеного режиму.
- 7) Перелічіть основні відмінності режиму струму і напруги (у тому числі і нульової послідовності) мережі з ізольованою нейтраллю у режимі однофазного замикання на землю порівняно з нормальним режимом.
- 8) Від яких факторів залежить струм однофазного замикання на землю у мережі з ізольованою нейтраллю? Запишіть формулу для його визначення.
- 9) Перелічіть знайомі вам способи захисту мереж із компенсованою нейтраллю від однофазних замикань на землю.
- 10) Яке призначення спрямованого струмового захисту нульової послідовності?
- 11) До яких кіл приєднують орган спрямування потужності спрямованого струмового захисту нульової послідовності?

3.8 Складання принципів схем струмових захистів підвищеної складності

Види схем. Сполучені та рознесені принципові схеми РЗ. Графічні й позиційні (літерно-цифрові) позначення елементів принципів схем. Акумуляторна батарея як джерело постійного оперативного струму, позитивні якості та недоліки, галузь застосування.

Методика складання принципів схем на постійному оперативному струмі релейних захистів підвищеної складності: напрямлених струмових захистів, струмових релейних захистів із пуском від реле напруги та напрямлених струмових захистів із пуском від реле напруги.

Складання принципів схем релейного захисту на змінному оперативному струмі. Застосування реле прямої дії. Живлення оперативних ланцюгів: а) від трансформаторів напруги (ТН) і трансформаторів власних потреб (ТВП), б) від ТС установки, що захищується, із застосуванням дешунтування електромагнітів вимкнення, в) від ТС і ТН за допомогою блоків живлення, г) від попередньо заряджених конденсаторів.

Методика складання і приклади схем РЗ підвищеної складності (із застосуванням дешунтування електромагнітів вимкнення).

Література: [1], с. 87-92, 148-150, 156, 163.

Методичні вказівки

Приклади схем захистів наведено у матеріалах попередніх тем. У якості додаткових прикладів нижче наведені структурні та принципові схеми ступеневих струмових захистів підвищеної складності на постійному та на змінному оперативному струмі ([рис. 1](#), [рис. 2](#)).

Запитання для самоперевірки

- 1) Накресліть структурну та принципову рознесену схеми двоступеневого струмового захисту з пуском від реле напруги, із застосуванням з'єднання ТС і реле в зірку, на постійному оперативному струмі.
- 2) Те ж, із застосуванням схеми з'єднання ТС і реле в неповний трикутник.
- 3) Накресліть структурну та принципову рознесену схеми напрямленого триступеневого струмового захисту з пуском від реле напруги (пуск - тільки для 3-го ступеня) із застосуванням з'єднання ТС і реле в неповну зірку, на постійному оперативному струмі.
- 4) Накресліть структурну та принципову рознесену схеми двоступеневого струмового захисту з пуском від реле напруги із застосуванням з'єднання ТС і реле в неповну зірку на змінному оперативному струмі з дешунтуванням електромагнітів вимкнення.
- 5) Те ж, із застосуванням схеми з'єднання ТС і реле в неповний трикутник.

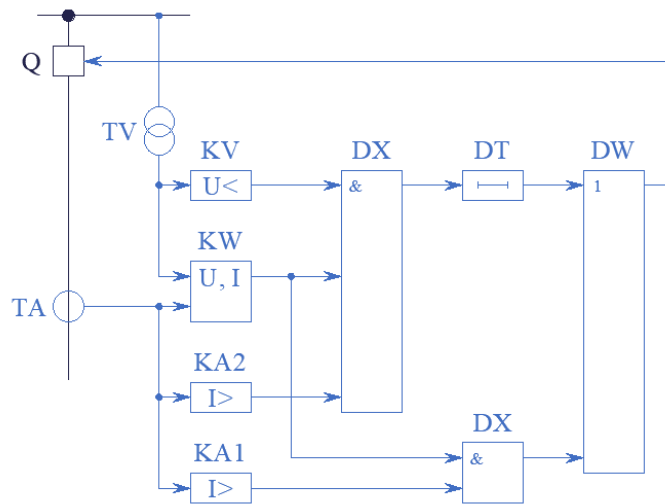


Рис. 1 - Структурна схема напрямленого двоступеневого захисту з пуском від реле напруги (НСВ+НМСЗН), із незалежними характеристиками витримки часу

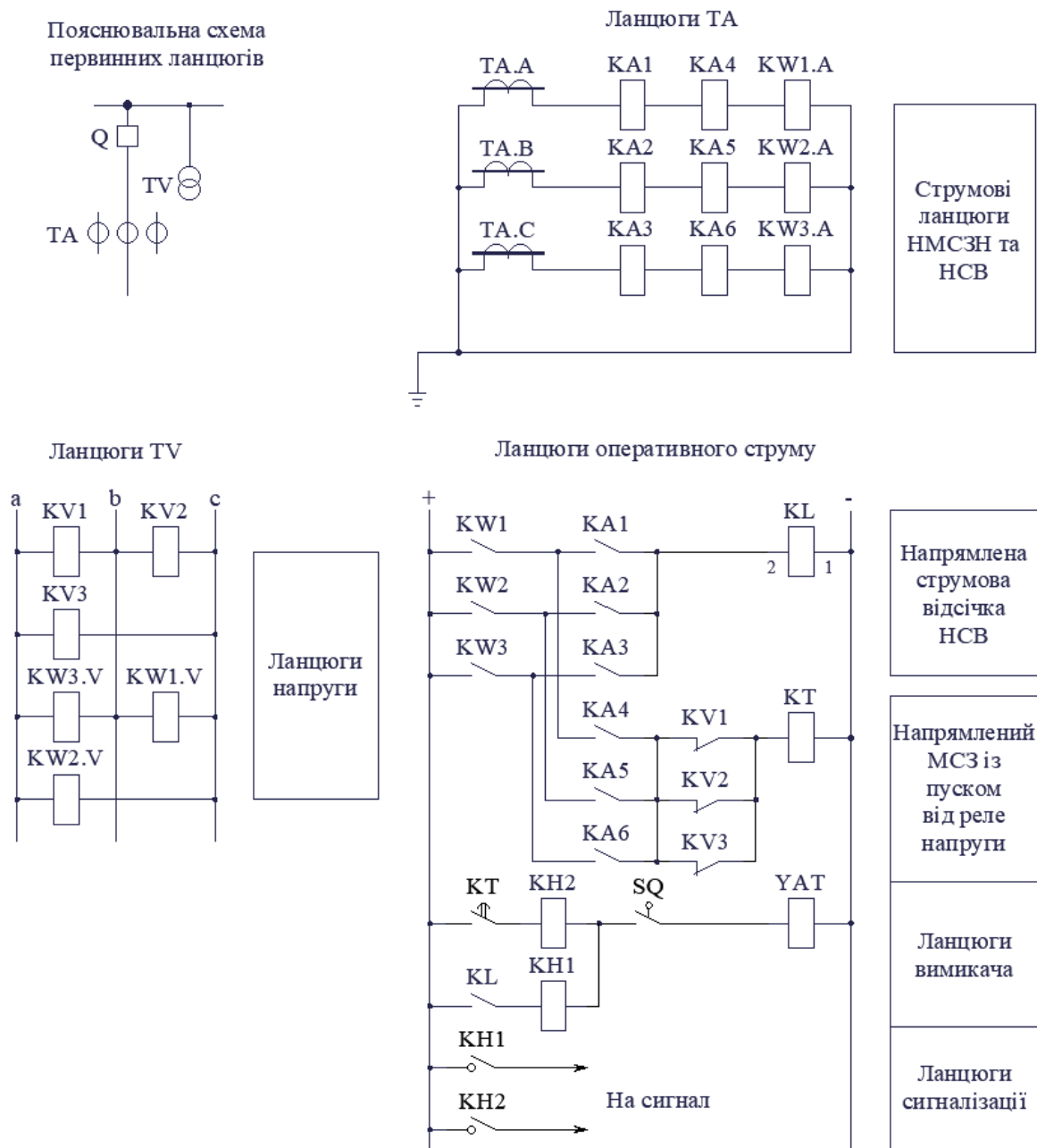


Рис. 2 - Принципова схема напрямленого двоступеневого захисту з пуском від реле напруги (НСВ+НМСЗН), із незалежними характеристиками витримки часу, на постійному оперативному струмі, із застосуванням схеми з'єднання ТС і реле за схемою "зірка"

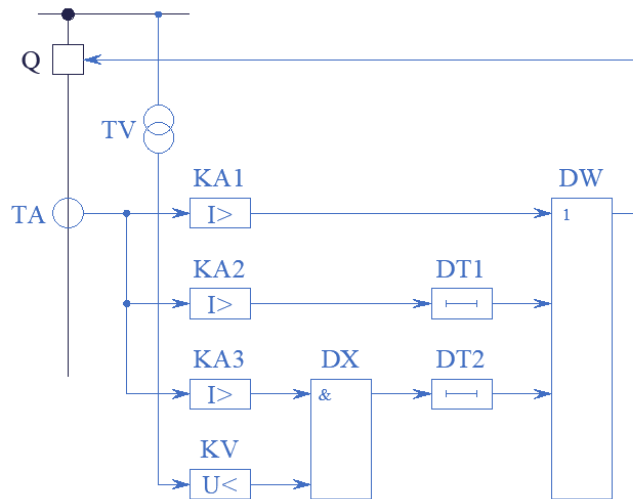


Рис. 3 - Структурна схема триступеневого захисту з пуском від реле напруги (СВ+СВВ+МСЗН), із незалежними характеристиками витримки часу

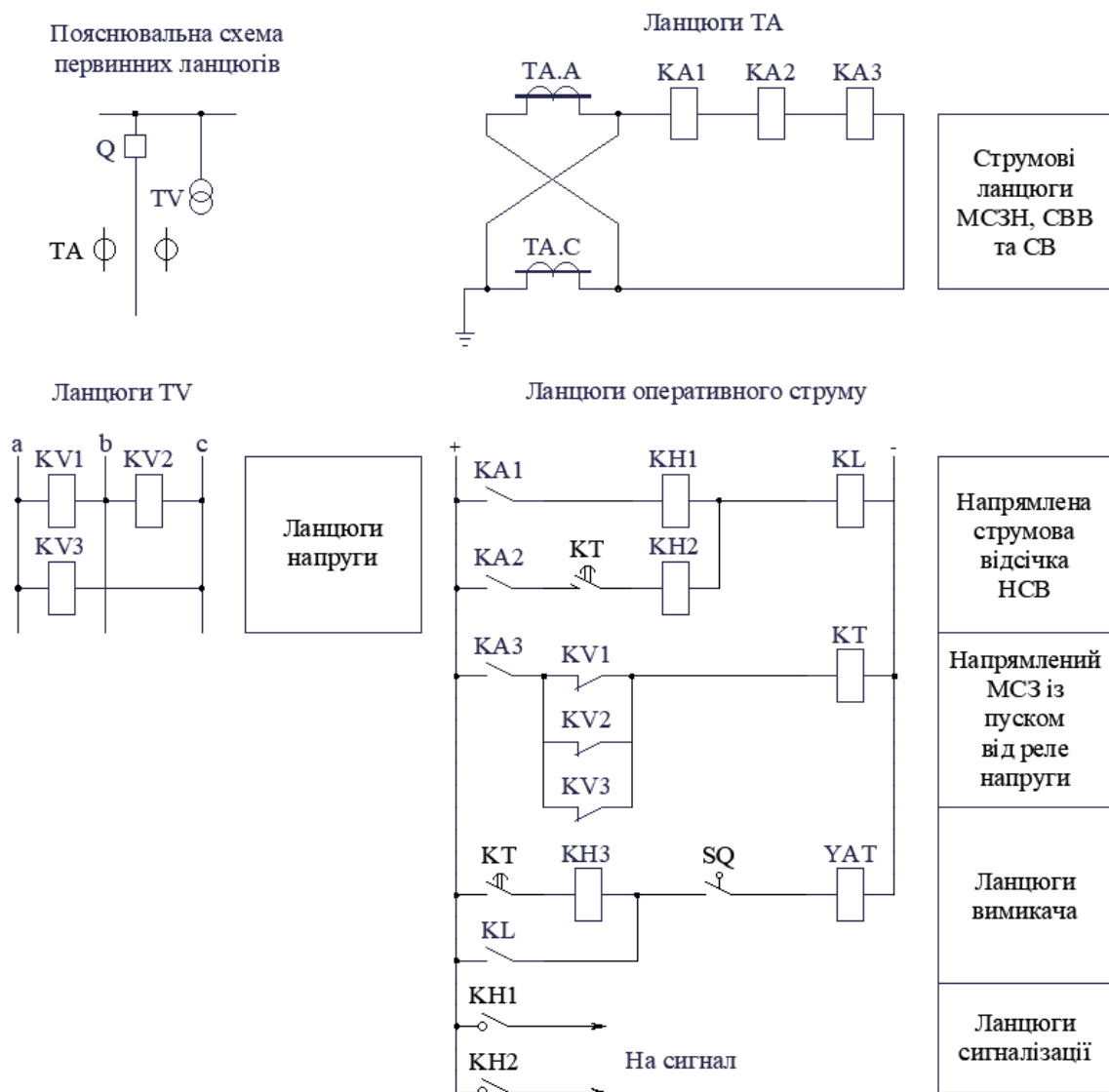


Рис. 4 - Принципова схема триступеневого захисту з пуском від реле напруги (СВ+СВВ+МСЗН), із незалежними характеристиками витримки часу, на постійному оперативному струмі, із застосуванням схеми з'єднання ТС і реле у неповний трикутник

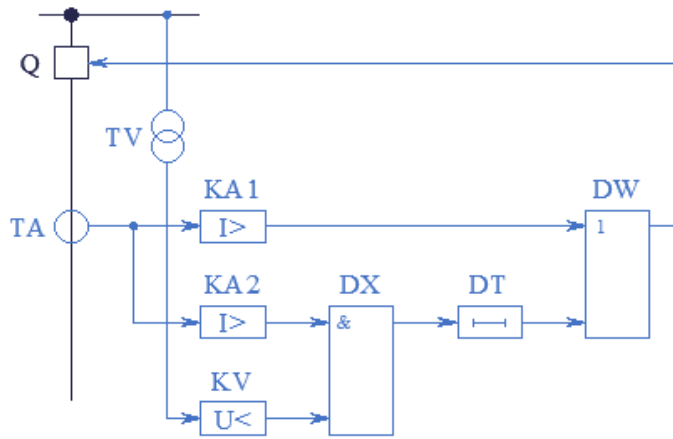


Рис. 5 - Структурна схема двоступеневого захисту з пуском від реле напруги (СВ+МСЗН), із незалежними характеристиками витримки часу

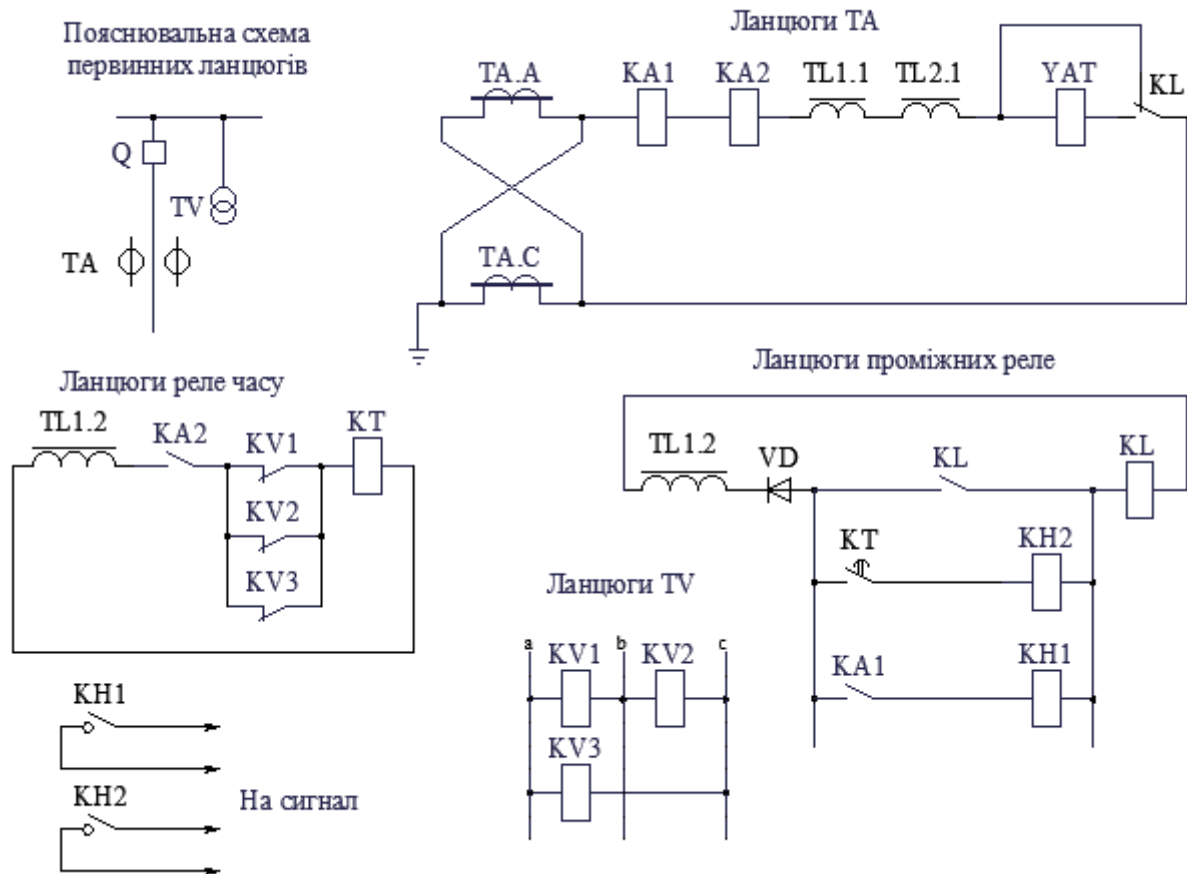


Рис. 6 - Принципова схема двоступеневого захисту з пуском від реле напруги (СВ+МСЗН), із незалежними характеристиками витримки часу, на змінному оперативному струмі, дешунтуванням електромагнітів, із застосуванням схеми з'єднання ТС і реле у неповний трикутник

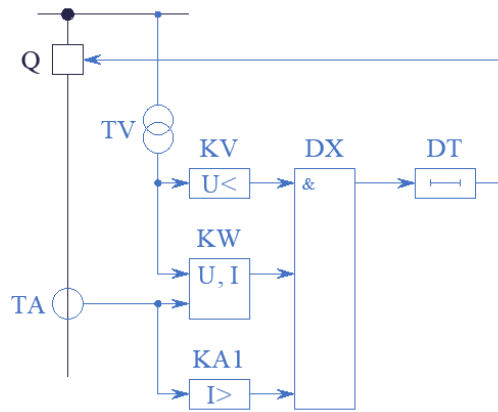


Рис. 7 - Структурна схема максимального струмового захисту (НМСЗН), із незалежною характеристиками витримки часу

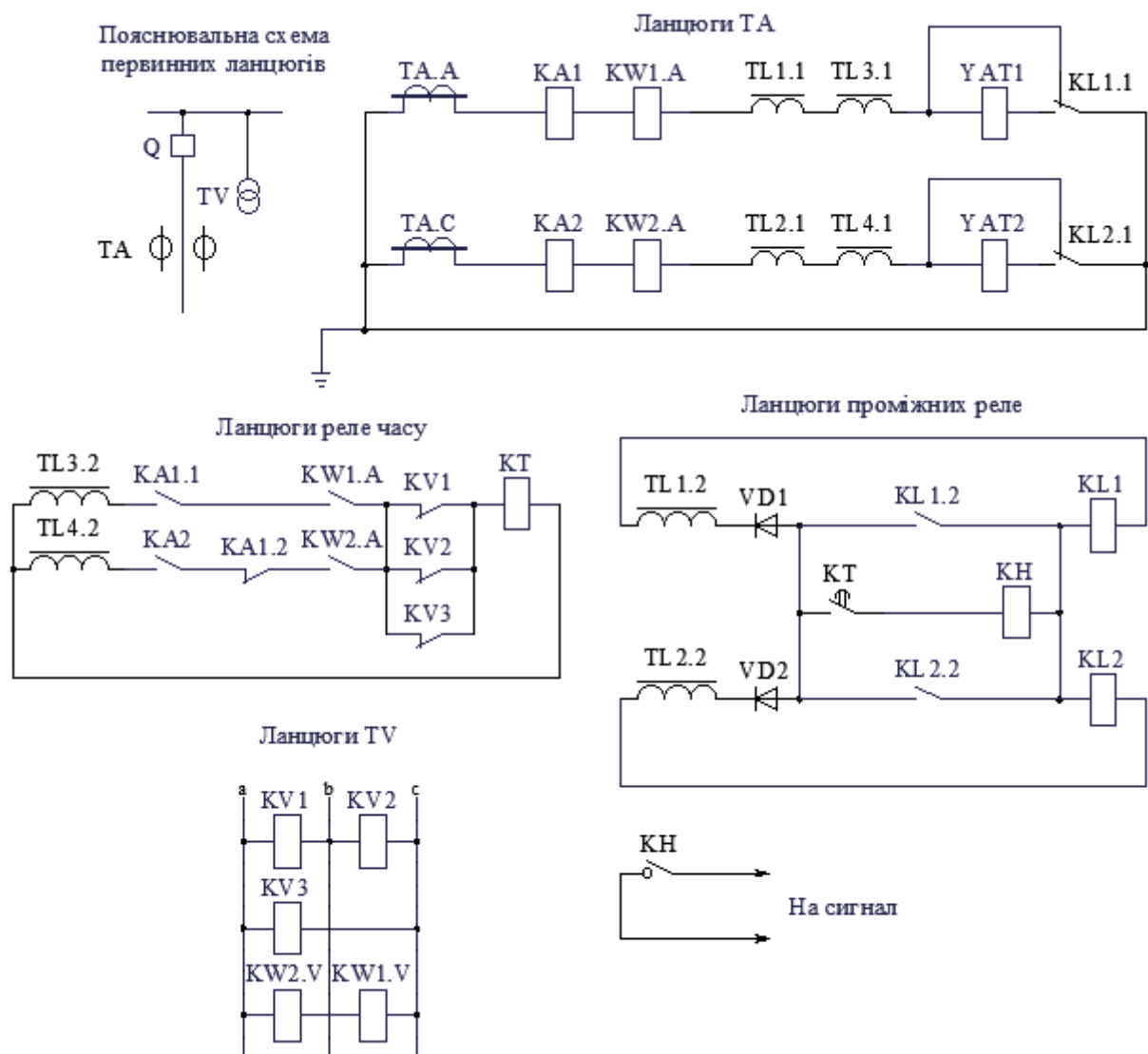


Рис. 8 - Принципова схема максимального струмового захисту (НМСЗН), із незалежною характеристикою витримки часу, з дешунтуванням електромагнітів вимкнення та схемою з'єднання ТС і реле у неповну зірку

3.9 Дистанційний захист (ДстЗ)

Призначення та принцип дії дистанційного захисту (ДстЗ). Характеристика часу спрацьовування. Триступеневий ДстЗ; уставки струму та часу спрацьовування; структурна схема та функціональні органи; діаграма часу спрацьовування; призначення органу напрямку потужності. Оцінка захисту та галузь застосування.

Література: [1], с. 186-205.

Методичні вказівки

При вивченні ДстЗ корисно звернути увагу на аналогію між триступеневим ДстЗ і триступеневим струмовим захистом. В обох випадках контролюється параметр (струм чи опір короткозамкненої ділянки лінії), величина якого залежить від розташування точки КЗ. Однак відносна довжина зони дії (що виражається в частках довжини лінії) у ДстЗ на відміну від СВ є стабільною і займає більшу частину лінії.

Запитання для самоперевірки

- 1) Перелічіть види характеристик часу спрацьовування ДстЗ.
- 2) Поясніть призначення кожного ступеня триступеневого ДстЗ.
- 3) Яку величину контролює ДстЗ? Які реле застосовуються для цього?
- 4) Для чого потрібний орган напрямку потужності?
- 5) Запишіть і поясніть формули визначення опору спрацьовування I-го ступеня ДстЗ.
- 6) Те ж, для II-го ступеня ДстЗ.
- 7) Те ж, для III -го ступеня ДстЗ.

3.10 Диференціальні захисти (ДЗ)

Подовжній диференціальний захист (ДЗ) ліній; принцип дії; схема вмикання реле струму; струм спрацьовування; струм небалансу; вплив на нього аперіодичної складової струму КЗ, способи компенсації цього впливу: загрублення захисту, застосування насичуваних проміжних трансформаторів. ДЗ із гальмуванням; диференціальне реле з гальмовою обмоткою. Особливості практичного застосування подовжнього ДЗ ліній.

Подовжній ДЗ трансформатора; способи запобігання помилковому спрацьовуванню ДЗ через неоднаковість вторинних струмів у плечах захисту; застосування диференціальних реле з вбудованими насичуваними трансформаторами, що мають порівнювальні та гальмові обмотки. Струм спрацьовування ДЗ. Диференціальна відсічка.

Поперечний струмовий ДЗ паралельних ліній; принцип дії; схема вмикання обмоток реле струму; струм небалансу; струм спрацьовування; мертва зона; галузь застосування.

Напрямлений поперечний ДЗ паралельних ліній, принцип дії; схема вмикання реле струму та реле напрямку потужності; зона каскадної дії; мертва зона по напрузі; галузь застосування.

Поняття про високочастотні захисти (ВЧЗ) і високочастотний канал зв'язку (ВЧК).

Література: [1], с. 174-185, 264-274.

Запитання для самоперевірки

- 1) Що таке струм небалансу ДЗ? У чому причини появи струму небалансу в подовжньому та поперечному ДЗ?
- 2) Запишіть формулу для визначення струму спрацьовування подовжнього ДЗ ліній. Поясніть усі позначення у формулі. Що враховує коефіцієнт однотипності?
- 3) Перелічіть позитивні якості та недоліки подовжнього ДЗ і укажіть галузь його застосування.

- 4) У чому відмінність галузі застосування диференціальних захистів паралельних ліній: поперечного та напрямленого поперечного?
- 5) У чому полягає каскадна дія захисту паралельних ліній? Якому захисту вона властива?
- 6) Що таке "мертва зона" спрямованого поперечного диференційного захисту ліній?
- 7) Що таке каскадна зона спрямованого поперечного диференційного захисту паралельних ліній?
- 8) У яких випадках встановлюють диференційний захист трансформаторів?
- 9) Опишіть особливості ДЗ трансформаторів.
- 10) Як впливає група з'єднань обмоток силового трансформатору на налаштування диференційного захисту?
- 11) За яких умов розраховують струм спрацювання диференційного захисту трансформатора?
- 12) Як перевіряють чутливість диференційного захисту трансформатору?

3.11 Захист трансформаторів

Основні види ушкоджень і ненормальних режимів. Захисти від КЗ, їхні види й галузь застосування. Захист плавкими запобіжниками. Газовий захист. Струмова відсічка. Особливості застосування диференціального захисту. Максимальні струмові захисти. Захист знижувальних трансформаторів 6-10 кВ із з'єднанням вторинних обмоток за схемою "зірка із заземленою нейтраллю" від однофазних коротких замикань на стороні НН. Захист від зовнішніх КЗ. Захист від перевантаження.

Література: [1], с. 252-273, 315-345.

Методичні вказівки

При вивченні цієї теми запам'ятовувати наведені схеми необов'язково, але потрібно вміти пояснити їхню роботу.

Запитання для самоперевірки

- 1) Як вибрати плавкі вставки запобіжників для захисту трансформаторів?
- 2) Перелічіть і поясніть особливості диференціального захисту трансформаторів.
- 3) Як диференціальна відсічка відстроюється від спрацювання при вмиканні трансформатора від кидків намагнічуючого струму.
- 4) Поясніть принцип дії диференціального струмового захисту із застосуванням проміжних насичуваних трансформаторів.
- 5) Опишіть конструкцію та роботу газового реле з чашкоподібними елементами при різних ушкодженнях трансформатора.
- 6) Як виконуються струмові захисти трансформатора від струмів зовнішніх коротких замикань та перевантажень?

3.12 Захист генераторів

Ушкодження та ненормальні режими синхронних генераторів. Захист генераторів напругою вище 1 кВ. Захист від багатофазних (міжфазних) КЗ у статорі; подовжній диференціальний захист; поперечний диференціальний захист. Захист від зовнішніх КЗ. Захист від перевантажень. Захист від однофазних замикань на корпус (землю) в обмотці статора. Захист обмотки ротора від замикань на корпус (землю). Захист генераторів напругою до 1 кВ.

Література: [1], с. 355-395.

Методичні вказівки

При вивченні теми запам'ятовування наведених схем необов'язково, але потрібно вміти пояснити їхню роботу.

Запитання для самоперевірки

- 1) Які захисти генераторів напругою вище 1 кВ повинні спрацьовувати при багатофазних (міжфазних) КЗ в обмотці статора?
- 2) Як вибрати уставки спрацьовування захистів генератора від зовнішніх КЗ?
- 3) У яких випадках вимкнення генератора здійснюється захистом від зовнішніх КЗ?
- 4) Як виконується захист генератора від перевантаження?
- 5) Як виконується релейний захист обмотки ротора (обмотки збудження) генератора від замикань на корпус (землю) у другій точці? Накресліть схему та поясніть її роботу.
- 6) Укажіть причини перевантаження ротора та способи його захисту.

3.13 Захист електродвигунів

Види ушкоджень і ненормальних режимів робіт. Захист асинхронних і синхронних електродвигунів напругою вище 1 кВ; захист від багатофазних (міжфазних) КЗ; захист від перевантаження; захист від замикань на землю; мінімальний захист напруги. Особливості захисту синхронних електродвигунів.

Захист і автоматика асинхронних і синхронних електродвигунів напругою до 1 кВ; захист від КЗ запобіжниками та розчіплювачами автоматичних повітряних вимикачів; захист від перевантажень; захист від обриву фаз, мінімальний захист напруги.

Література: [1], с. 396-428.

Методичні вказівки

При вивченні цієї теми запам'ятовувати наведені схеми необов'язково, потрібно вміти пояснити їхню роботу. Матеріал про формули (15.3), (15.4) на с.439 [1] можна пропустити.

Запитання для самоперевірки

- 1) Перелічіть захисти електродвигунів напругою вище 1 кВ від багатофазних КЗ в обмотці статора, поясніть галузь застосування кожного з них.
- 2) Від яких ушкоджень використовується струмова відсічка електродвигунів напругою вище 1 кВ? Запишіть і поясніть формули для визначення уставок спрацьовування цього захисту.
- 3) У яких випадках для захисту двигунів напругою вище 1 кВ використовується диференціальний захист? Запишіть і поясніть формулу для визначення уставок спрацьовування цього захисту.
- 4) У яких випадках на двигунах напругою вище 1 кВ установлюється захист від однофазних замикань на землю? Як він виконується?
- 5) Призначення мінімального захисту напруги електродвигунів напругою вище 1 кВ. Як визначаються його уставки? Запишіть і поясніть відповідні формули.
- 6) Як виконується захист синхронних електродвигунів від асинхронного режиму? Опишіть принцип дії та роботу цього захисту.
- 7) Перелічіть особливості захисту синхронних електродвигунів напругою вище 1 кВ.
- 8) Які захисти від КЗ застосовуються на електродвигунах напругою до 1 кВ?
- 9) Як виконується захист електродвигунів напругою до 1 кВ від обриву фази?

3.14 Захист збірних шин

Ушкодження збірних шин. Види захистів і галузь застосування.

Диференціальний захист збірних шин; неповний диференціальний захист збірних шин; використання захистів елементів, живлячих збірні шини, для захисту збірних шин. Поняття про принцип дії цих захистів, схеми ТС і реле, вибір струмів спрацьовування, галузь застосування.

Література: [1], с. 429-434.

Запитання для самоперевірки

- 1) У чому відмінність диференціального захисту шин від неповного диференціального захисту шин?
- 2) У яких випадках не потрібен спеціальний захист збірних шин? Як у цьому разі забезпечується їхній захист?
- 3) Укажіть галузь застосування неповного диференціального захисту збірних шин.
- 4) Запишіть і поясніть формули для визначення струму спрацьовування неповного диференціального захисту.

3.15 Захист батареї статичних конденсаторів

Застосування мікропроцесорів і ЕОМ у релейному захисті для реалізації пристроїв релейного захисту та мережевої автоматики та розрахунку їх уставок. Програмні захисти, їхні позитивні якості. Структура програмного захисту. Основні варіанти виконання програмних захистів.

Література: [1], с. 435-439.

Запитання для самоперевірки

- 1) Чому пошкоджену БСК необхідно негайно вимикати від мережі?
- 2) Які захисти встановлюють для БСК?
- 3) Які призначення та виконання захисту БСК від міжфазних КЗ?
- 4) Коли для БСК встановлюють захист від перевантажень?
- 5) Який вимірний орган застосовують для захисту БСК від несиметрії струмів в її фазах?
- 6) Як виконують захист БСК від підвищення напруги живлення?

3.16 Автоматичне повторне вмикання (АПВ)

Поняття про системну та мережеву автоматику. Призначення та види мережевої автоматики.

Призначення та галузь застосування АПВ його економічна ефективність. Час спрацьовування пристрою АПВ (ПАПВ). Час АПВ. Кратність АПВ. Трифазне (ТАПВ) і однофазне (пофазне) АПВ (ОАПВ).

Особливості АПВ на лініях із двостороннім живленням; час спрацьовування ПАПВ. АПВ без контролю синхронізму (звичайне АПВ, швидкодіюче АПВ, несинхронне АПВ). АПВ з контролем синхронізму (АПВ з очікуванням синхронізму, АПВ з уловлюванням синхронізму).

Сполучення АПВ із релейним захистом (прискорення захисту до АПВ, прискорення захисту після АПВ). Використання АПВ для вимкнення ліній чи трансформаторів апаратами з малою вимикаючою здатністю, наприклад відділювачами.

Вимоги до ПАПВ. Способи пуску ПАПВ (АПВ із механічним і АПВ з електричним пуском). Схема ПАПВ з електричним пуском і використанням реле повторного вмикання РПВ-358.

Література: [3], с. 5-11.

Методичні вказівки

При вивченні різновидів АПВ треба добре засвоїти принцип їхньої дії та галузь застосування. При вивченні АПВ із контролем і без контролю синхронізму, АПВ із прискоренням захисту до та після АПВ важливо засвоїти основні принципи.

При вивченні схеми ПАПВ запам'ятовувати схему необов'язково, але треба уміти пояснити призначення її елементів (за винятком реле блокування KBS, механізм дії якого можна не розглядати), а також послідовність дії елементів схеми при автоматичному повторному вмиканні.

Запитання для самоперевірки

- 1) У чому полягає призначення АПВ? Якою є ефективність АПВ на повітряних лініях (відсоток успішних вмикань)?
- 2) Чим обмежено скорочення часу спрацьовування ПАПВ? Як вибрати час спрацьовування ПАПВ?
- 3) У чому полягає "прискорення захисту до АПВ"? Що воно дає?
- 4) Укажіть позитивні якості та недоліки однофазного АПВ.
- 5) Перелічіть і охарактеризуйте види АПВ без контролю синхронізму.
- 6) Перелічіть і охарактеризуйте види АПВ із контролем синхронізму.
- 7) Чому швидкодіюче АПВ не потребує контролю синхронізму?
- 8) Які способи пуску ПАП В ви знаєте?
- 9) У яких випадках і для чого застосовується заборона АПВ при спрацьовуванні деяких захистів?

3.17 Автоматичне вмикання резерву (АВР)

Призначення АВР. Основні схеми та види резервування, явний та неявний (прихований), повний (100-відсотковий) та неповний (частковий) резерви. Вимоги до пристроїв АВР (ПАВР). Вибір напруги та часу спрацьовування ПАВР. Вибір уставок захисту резервного ланцюга. Особливості виконання схем ПАВР. Схема ПАВР при використанні вимикачів із пружинними або вантажними приводами (з дрібним шрифтом).

Література: [3], с. 12-17.

Методичні вказівки

При вивченні схеми ПАВР запам'ятовувати схему необов'язково, але потрібно вміти пояснити її роботу.

Запитання для самоперевірки

- 1) У чому полягає різниця між явним (неприхованим) і неявним (прихованим) резервом? Наведіть приклади з поясненнями.
- 2) Що таке повний (100-відсотковий) / неповний (частковий) резерв? У яких випадках застосовується кожен із них?
- 3) У яких випадках зникнення напруги у робочому ланцюзі повинен діяти ПАВР, а у яких - ні?
- 4) Чому при одночасному зникненні напруги в робочому та резервному ланцюгах АВР не повинно відбуватися?
- 5) Що таке час спрацьовування ПАВР і як його вибирають? Запишіть формули та поясніть їх.
- 6) Сформулюйте умови вибору напруги спрацьовування ПАВР, запишіть і поясніть формули для їхнього визначення.

3.18 Автоматичне частотне розвантаження (АЧР)

Вплив порушення балансу потужностей генераторів і навантаження на частоту в електричній системі (ЕС). Дефіцит активної потужності генераторів у системі. Лавина частоти та лавина напруги. Заходи для автоматичного обмеження зниження частоти при виникненні дефіциту потужності в системі.

Основні вимоги до пристроїв АЧР (ПАЧР); забезпечення самонастроюваного розвантаження. Категорії та черги АЧР. Уставки спрацьовування АЧР 1-ї та АЧР 2-ї категорій. Поняття про частотне АПВ (ЧАПВ).

Література: [3], с. 19-20.

Запитання для самоперевірки

- 1) Що може бути причиною порушення балансу потужності навантаження та генераторів ЕС? Які можуть бути при цьому наслідки?
- 7) Що таке дефіцит потужності генераторів у ЕС?
- 8) У чому є призначення АЧР 1-ї (АЧРІ) та 2-ї (АЧРІІ) категорій?
- 9) Для чого АЧР 1-ї та 2-ї категорій розбиваються на черги з різними уставками відповідно за частотою та часом спрацьовування?
- 10) Де встановлюються комплекти окремих черг ПАЧР?
- 11) Як вибирають уставки частоти та часу спрацьовування АЧР 1-ї та АЧР 2-ї категорій?

4 КОНТРОЛЬНА РОБОТА

4.1 Загальні вказівки та вимоги до оформлення

Вихідні дані до контрольної роботи наведені в таблицях і вибираються залежно від останньої чи передостанньої цифри шифру залікової книжки студента.

При оформленні контрольної роботи необхідно виконувати перераховані нижче вимоги, у противному випадку вона буде повернута на переоформлення без перевірки [4]:

- 1) контрольна робота виконується у вигляді брошури на аркушах стандартного формату А4 (чи, у крайньому випадку, у шкільному зошиті). Титульний аркуш оформлюється за зразком, наведеним у додатку;
- 2) текст і формули повинні бути написані розбірливо без скорочень (крім загальноприйнятих) із залишенням полів і виконанням правил орфографії та пунктуації, зокрема, розділові знаки при необхідності проставляються також і після формул. Окремі символи повинні бути заввишки не менше ніж 2 мм;
- 3) сторінки, рисунки та таблиці слід нумерувати; рисунки повинні мати також підписи, а таблиці - назви;
- 4) рисунки мають бути виконані відповідно до стандартів;
- 5) графіки слід виконувати з використанням координатної сітки з нанесенням на координатних осях рівномірних шкал з одиниць виміру фізичних величин;
- 6) треба застосовувати одиниці виміру міжнародної системи СІ, а їхні позначення мають відповідати діючим стандартам;
- 7) аркуші з ескізами, графіками та схемами повинні мати формат аркушів тексту та бути зброшуровані разом із ними (а не просто вкладені в брошуру);
- 8) при використанні формул, графіків і схем необхідно розшифровувати всі вхідні до них літерні та літерно-цифрові позначення величин, а якщо ці матеріали почерпнуті з літературних джерел, необхідно давати посилання на їхні номери за списком (у квадратних дужках);
- 9) при описах розрахунків треба вказувати числові значення не тільки результатів розрахунку, але також усі (!) вихідні та проміжні дані, що необхідно для перевірки;

- 10) якщо при виконанні роботи виникли питання щодо оформлення (рисунки, графіки, формули, список літератури та ін.), то знайти на них відповіді можна, уважно вивчаючи, як оформляються відповідні матеріали у сучасній літературі;
- 11) якщо за зауваженнями рецензента треба зробити виправлення чи доповнення, то їх слід розміщувати наприкінці брошури на вільних (якщо потрібно, вклеєних) аркушах з указівкою сторінок і задач, до яких вони належать; а поруч із зауваженням рецензента вказати, на якій сторінці розміщені виправлення. Якщо за вимогою рецензента робота повинна бути перероблена та переоформлена, то до переробленого варіанта обов'язково додається старий варіант із зауваженнями рецензента та рецензією.

4.2 Завдання до контрольної роботи

Задача 1. Для трансформатора струму (ТС), крива граничної кратності якого $K_{10} = f(Z_n)$, де Z_n - опір навантаження ТС, представлена а табличній формі (табл. 1), виконати перевірку на 10-відсоткову похибку за кривою граничної кратності при заданих у табл. 2 умовах застосування ТС.

Табл. 1 - Дані для побудови кривої граничної кратності ТС

$Z_n, \text{ Ом}$	0,2	0,3	0,5	0,7	1	1,5	2	3	5	7
K_{10}	30	23	17	13	9,3	6,6	4,9	3,4	1,9	1,2

Табл. 2 - Вихідні дані до задачі 1

А	$I_{T1ном}, \text{ А}$	$I_{с.з}, \text{ А}$	$I_{к.макс}, \text{ А}$	Визначаючий вид захисту	Б	$Z_n, \text{ Ом}$
1	200	7200	5400	СВ	1	0,3
2	200	300	7000	МСЗ	2	2,3
3	400	500	8000	ДЗ	3	1,4
4	300	4200	3000	СВ	4	0,28
5	300	600	6500	МСЗ	5	0,34
6	300	330	6000	ДЗ	6	2,2
7	300	4900	4500	СВ	7	0,28
8	200	305	4200	МТЗ	8	1,28
9	300	350	7000	ДЗ	9	2,0
0	400	9500	8000	СВ	0	0,32

Примітка: А - остання цифра шифру; Б- передостання цифра шифру; $I_{T1ном}$ - номінальний первинний струм ТС; $I_{с.з}$ - струм спрацьовування захисту; $I_{к.макс}$ - максимальний струм зовнішнього КЗ; Z_n - опір навантаження ТС.

Вторинний номінальний струм ТС - 5 А. Якщо за похибкою ТС непридатний, то необхідно перелічити заходи, що можуть бути прийняті для забезпечення допустимої похибки ТС.

Задача 2. На лінії 35 кВ із двостороннім живленням (рис. 9) за умовою потрібної швидкодії установлені комплекти подовжнього диференціального захисту з використанням реле з проміжними насичуваними трансформаторами (реле РНТ). ТС і реле, з'єднані за схемою "зірка". Розрахувати коефіцієнт трансформації ТС за величиною робочого максимального струму, струм спрацьовування реле та коефіцієнт чутливості цього захисту.

Вихідні дані розташовані в [табл. 3](#), де прийняті такі позначення: $I_{\text{роб.макс}}$ - робочий максимальний струм; $I_{\text{к.зов.макс}}$ - максимальний струм зовнішнього трифазного КЗ; $I_{\text{к.мін}}$ - мінімальний струм КЗ; $k_{\text{одн}}$ - коефіцієнт однотипності.

Для розв'язання задачі необхідно вивчити тему 3.10.



Рис. 9 - Розрахункова схема до задачі 2

Табл. 3 - Вихідні дані до задачі 2

Остання цифра шифру	$I_{\text{роб.макс}}$, А	$I_{\text{к.зов.макс}}$, кА	Передостання цифра шифру	$I_{\text{к.мін}}$, кА	$k_{\text{одн}}$
1	680	14,6	1	6,8	0,5
2	750	15,4	2	7,0	0,6
3	710	16,2	3	7,2	0,7
4	510	13,6	4	7,4	0,8
5	620	14,9	5	7,6	0,9
6	830	16,0	6	7,7	1,0
7	860	14,3	7	7,8	0,55
8	480	15,8	8	6,6	0,65
9	560	14,0	9	6,3	0,75
0	700	15,0	0	7,7	0,85

Задача 3. На лінії з двостороннім живленням ([рис. 10](#)) установлені комплекти релейного захисту з часом спрацювання $t_{\text{с.з.1}}$ і $t_{\text{с.з.2}}$, діючі на вимикання відповідно вимикачів Q1 і Q2, час вимикання ($t_{\text{вим.Q1}}$, $t_{\text{вим.Q2}}$) і вмикання ($t_{\text{вм.Q1}}$, $t_{\text{вм.Q2}}$) яких зазначено в [табл. 1](#).



Рис. 10 - Розрахункова схема до задачі 3

Визначити час спрацювання пристроїв АПВ, установлених на кінцях лінії. У розрахунках приймати час деіонізації дугового проміжку в місці КЗ 0,1 с, а час готовності приводу вимикача - 0,2 с.

Табл. 4 - Вихідні дані до задачі 3

А	$t_{\text{с.з.1}}$, с	$t_{\text{с.з.2}}$, с	$t_{\text{вим.Q1}}$, с	Б	$t_{\text{вим.Q2}}$, с	$t_{\text{вм.Q1}}$, с	$t_{\text{вм.Q2}}$, с
1	0,1	1,0	0,12	1	0,14	0,2	0,11
2	0,4	1,5	0,14	2	0,12	0,2	0,14
3	0,35	1,25	0,08	3	0,11	0,2	0,15
4	0,8	1,0	0,11	4	0,08	0,24	0,16
5	1,2	1,7	0,12	5	0,12	0,17	0,2
6	1,3	0,1	0,03	6	0,08	0,2	0,17

А	$t_{с.з.1}, \text{с}$	$t_{с.з.2}, \text{с}$	$t_{\text{вм.}Q1}, \text{с}$	Б	$t_{\text{вм.}Q2}, \text{с}$	$t_{\text{вм.}Q1}, \text{с}$	$t_{\text{вм.}Q2}, \text{с}$
7	1,8	0,5	0,09	7	0,09	0,16	0,24
8	2,5	1,5	0,09	8	0,16	0,15	0,2
9	1,8	2,0	0,09	9	0,09	0,14	0,2
0	1,8	0,1	0,08	0	0,10	0,11	0,2

Примітка: А - остання цифра шифру; Б - передостання цифра шифру.

Задача 4. Лінія Л1 (рис. 11) є робочою, лінія Л2 - резервною. Визначити витримку часу пристрою автоматичного вмикання резерву (*AST - Automatic Transfer System*), якщо відомо, що на вимикачах Q5...Q10 установлені МСЗ із часом дії $t_{с.з.}$ (табл. 5).

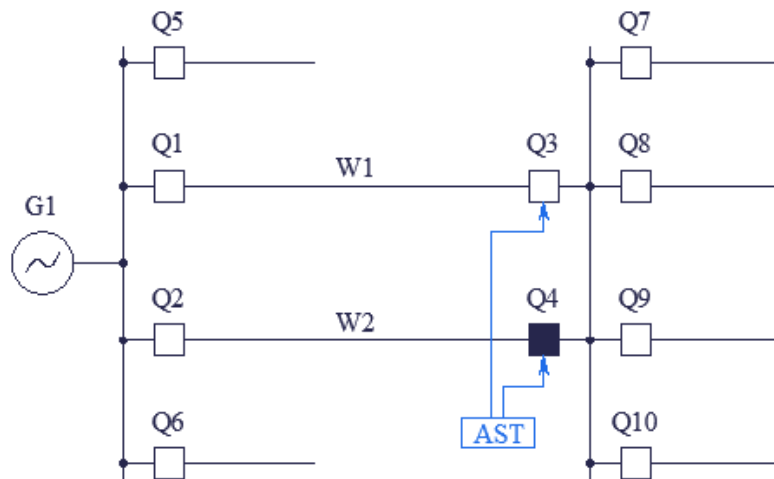


Рис. 11 - Розрахункова схема до задачі 4

Табл. 5 - Вихідні дані до задачі 4

А	$t_{с.з.МСЗ}, \text{с}$			Б	$t_{с.з.МСЗ}, \text{с}$			$\Delta t, \text{с}$
	Q1,5	Q2,6	Q7		Q8	Q9	Q10	
1	0,6	0,6	0,5	1	0,7	0,7	1,0	0,5
2	2,0	1,8	0,7	2	0,5	1,0	0,7	0,45
3	0,6	0,8	0,5	3	0,5	0,7	0,7	0,4
4	1,4	1,3	0,4	4	0,9	0,5	0,9	0,45
5	2,2	2,5	0,6	5	1,0	1,2	0,6	0,6
6	0,3	0,7	0,8	6	1,0	1,5	1,0	0,5
7	1,5	1,2	0,6	7	0,5	0,4	0,4	0,4
8	0,9	2,0	0,6	8	1,1	0,8	0,8	0,55
9	0,7	0,8	0,8	9	0,7	0,5	0,8	0,5
0	2,4	2,2	0,7	0	0,9	0,5	0,7	0,6

Примітка: А - остання цифра шифру; Б - передостання цифра шифру.

Задача 5. Для двигуна (табл. 6) розрахувати струм спрацьовування $I_{с.з.}$ і коефіцієнт чутливості $k_{ч.}$ струмової відсічки від міжфазних (багатофазних) КЗ із використанням: а) реле РТ-40 і проміжного реле, б) електромагнітного елемента реле РТ-80. У кожному разі розрахунок зробити для випадків застосування схеми з'єднання ТС і реле: а) у неповну зірку, б) у неповний трикутник. Для розрахунків використати основну літературу.

Зробити висновок про можливість застосування кожного варіанта в заданих умовах. Вихідні дані в [табл. 6](#), де наведені: номінальна напруга двигуна $U_{\text{ном}}$, номінальна потужність двигуна $P_{\text{ном}}$, коефіцієнт корисної дії η , коефіцієнт потужності $\cos\varphi$, кратність пускового струму $k_{\text{пуск}}$, мінімальний струм короткого замикання на виводах двигуна $I_{\text{к.мін}}$.

Табл. 6 - Вихідні дані до задачі 5

А	$U_{\text{ном}}$, кВ	$P_{\text{ном}}$, кВт	η , %	$\cos\varphi$	$k_{\text{пуск}}$	Б	$I_{\text{к.мін}}$, кА
1	6	400	93,0	0,89	5,1	1	4,0
2	6	500	93,5	0,88	5,7	2	6,3
3	6	630	93,8	0,90	6,5	3	3,8
4	10	800	94,5	0,90	5,4	4	2,6
5	10	1000	94,8	0,87	6,2	5	9,4
6	6	250	93,0	0,88	5,1	6	7,6
7	6	550	93,5	0,90	5,7	7	3,2
8	6	650	94,5	0,90	5,7	8	4,4
9	10	850	94,8	0,85	6,4	9	6,8
0	10	950	93,6	0,87	6,1	0	7,2

Примітка: А- остання цифра шифру; Б - передостання цифра шифру.

Задача 6. Накресліть та поясніть схему струмового захисту на постійному оперативному струмі при умовах, зазначених у [табл. 7](#).

У цій таблиці застосовані такі позначення: МСЗ - максимальний струмовий захист; МСЗН - МСЗ із пуском від реле напруги; НМСЗ - напрямлений МСЗ; НМСЗН – напрямлений МСЗН; СВ - струмова відсічка без витримки часу; НСВ - напрямлена СВ; СВВ - СВ із витримкою часу; НСВВ - напрямлена СВВ.

Вид схеми з'єднання ТС і реле позначений так: 1 - схема з'єднання ТС і реле в неповний трикутник (схема вмикання реле на різницю струмів двох фаз); 2 - те ж, у неповну зірку; 3 - те ж, у зірку. Пояснення позначень А, Б дивись під таблицею.

МСЗ. НМСЗ. МСЗН. НМСЗН мають незалежну від струму витримку часу.

Оперативний струм - постійний: струмові реле - РТ-40. Схему виконати в рознесеному виді.

Табл. 7 - Вихідні дані до задач 6 і 7

До задачі 6			До задачі 7		
А	Тип захисту	Схема з'єднання ТС і реле	Б	Тип захисту	Схема з'єднання ТС і реле
1	СВ+МСЗН	3	1	СВ+МСЗН	1
2	НСВ+НМСЗ	2	2	НМСЗ	2
3	СВ+МСЗН	1	3	СВ+СВВ+МСЗН	1
4	НСВ+НМСЗН	2	4	НМСЗН	2
5	СВ+СВВ+МСЗ	1	5	МСЗН	1
6	НСВ+НСВВ+НМСЗ	2	6	СВ+МСЗН	2
7	СВ+НСВ+МСЗН	1	7	СВ+СВВ+МСЗН	2
8	НСВ+НСВВ+НМСЗН	2	8	НМСЗН	2
9	НСВ+НМСЗ	3	9	СВ+МСЗН	1
0	СВ+МСЗН	2	0	МСЗН	2

Виконайте завдання у такій послідовності:

- 1) накресліть структурну схему захисту та поясніть літеро-цифрові позначення;
- 2) накресліть пояснювальну схему первинних ланцюгів і схеми з'єднання трансформаторів струму та реле та поясніть літеро -цифрові позначення;
- 3) накресліть схему оперативних ланцюгів та поясніть літерні позначення всіх величин;
- 4) запишіть формули для визначення параметрів спрацювання дія захисту кожного ступеню, указавши його назву;
- 5) запишіть формули для визначення коефіцієнтів чутливості кожного із цих захистів та поясніть літеро-цифрові позначення;
- 6) укажіть призначення та галузь застосування розглянутого в цій задачі і захисту в цілому.

Задача 7. Накресліть та поясніть схему струмового захисту (тип захисту та схема з'єднання ТС і реле зазначені в [табл. 7](#)) на змінному оперативному струмі з використанням принципу дешунтування електромагніту вимикання та застосуванням струмових реле РТ-40, проміжних реле РП-341, реле часу змінного струму РВМ при умовах зазначених у [табл. 7](#).

Позначення видів захистів дивися в умовах до задачі 6. Схему накресліть у рознесеному виді. Виконайте завдання у такій послідовності як указано в умовах до задачі 6.

5 ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ

5.1 Індукційне реле струму серії РТ-80 (вибіркові дані)

Уставки струму спрацьовування індукційної частини реле РТ-81/1; РТ-83/1; РТ-84/1; РТ-85/1: 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 А.

Табл. 8 - Характеристики $t = f(I_p/I_y)$ реле РТ-81(83).

$k = I_p/I_y = I/I_{c.з}$	Уставка часу спрацьовування t_y , с				
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
	Час спрацьовування реле $t_{c.p}$, с				
1	5	8	-	-	-
1,5	2,5	4	7	11	15
2	1,7	2,5	4,3	6,3	8,5
3	0,85	1,5	2,5	4,0	6
5	0,7	1,2	2,2	3,5	4,8
10	0,5	0,5	2,0	3,0	4,0

Коефіцієнт повернення не менше ніж 0,8. Інерційна похибка - 0.15 с.

Табл. 9 - Залежність похибки часу спрацьовування δt від уставки часу спрацьовування t_y

t_y , с	0,5	1	2	3
δt , с	0,1	0,15	0,2	0,2

Похибка δt у залежній частині характеристики - до 0,5 с. Кратність струму спрацьовування електромагнітного елемента від 2-х до 8 (плавно).

5.2 Стандартизована шкала номінальних первинних струмів ТС

1; 5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 80; 100; 150; 200; 250; 300; 400; 500; 600; 750; 800; 1000; 1200; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10000 А.

5.3 Приклад заповнення титульного аркуша контрольної роботи

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

Інститут електротехніки та електромеханіки
Кафедра електропостачання та енергоменеджменту

Контрольні роботи №1 і №2
з дисципліни "Релейний захист і автоматика"

Студент
Група

Іванюк І.І.
ЗЕС-211

Шифр залікової книжки 821012

Дата 22.04.2024

Одеса 2024

6 ДОВІДНИК ЛІТЕРНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ

A - пристрій (загальне позначення)
AK - комплект захисту
AKB - пристрій блокування
AST – пристрій автоматичного вмикання резерву
C - конденсатор
D - логічний елемент схеми інтегральної зборки
DH - логічний елемент сигналізації
DT - логічний елемент часу (затримка)
DU - логічний елемент "НІ"
DX - логічний елемент "І" ("ТА")
DW - логічний елемент "АБО"
DWU - логічний елемент "АБО-НІ"
F - запобіжник, пристрої захисні
FA - плавкий запобіжник у ланцюгах релейного захисту, автоматики, керування
FH – плавкий запобіжник у ланцюгах сигналізації
FQ - плавкий запобіжник у ланцюгах керування вимикачем
G - генератори, джерела живлення
GE - генератор постійного струму
H - пристрої індикації та сигналізації
HL- лампа сигнальна
K - реле, контактори, пускачі
KA - реле струму, орган струму
W – лінія електропередачі
Y - пристрої механічні з електромагнітним приводом
YA - електромагніт
YAC - електромагніт вмикання
YAT - електромагніт вимикання
Z - фільтри, обмежувачі
ZAO - фільтр струму нульової послідовності
ZA2 - фільтр струму зворотної послідовності
ZVO - фільтр напруги нульової послідовності
ZV2 - фільтр напруги зворотної послідовності
ZAF - фільтр вищих гармонік струму
ZVF - фільтр вищих гармонік напруги

7 СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Кідиба В. П., Релейний захист електроденергетичних систем, Л.: Видавництво НУ "Львівська політехніка", 2013.
- [2] Панченко С. В., Бліднюк В. С. та ін., Релейний захист і автоматика: Навч. посібник, т. 1, Х.: УкрДУЗТ, 2020.
- [3] М. Е. К. І. Козярьський Д.П., Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем: Навчальний посібник. Ч. 2, Чернівці: Чернівецький, 2019.
- [4] Коновалов П. І., Програма, методичні вказівки та контрольні завдання з дисципліни "Релейний захист і автоматика" (частина 2) для студентів заочної форми навчання за фахом 7.090603 - електротехнічні системи електроспоживання/Укл. П. І. Коновалов, Одеса: Наука і техніка, 2007.