

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни “Релейний захист та автоматики в системах електроспоживання” та контрольні завдання для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика , електротехніка та електромеханіка» заочної форми навчання

2021

Програма, методичні вказівки з вивчення дисципліни “Релейний захист та автоматики в системах електропостачання” та контрольні завдання для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика , електротехніка та електромеханіка» заочної форми навчання /Укл.: Махлін П.В. — НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 17 с.

Укладач: П.В. Махлін, доцент, канд. техн. наук

Рецензент: Шрам О.А., зав. кафедри, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск: Шрам О.А., зав. кафедри, канд. техн. наук

Затверджено
на засіданні НМК
«Електротехнічного
факультету»
Протокол № 5 від 18.02.21

Затверджено
на засіданні кафедри
“Електропостачання
промислових
підприємств”
Протокол № 5 від 17.02.21

ЗМІСТ

1. Загальні методичні вказівки	4
2. Робоча програма та методичні вказівки щодо вивчення тем дисципліни	5
3. Перелік лабораторних робіт	11
4. Питання, що виносяться на іспит	11
5. Контрольна робота	14
6. Рекомендована література	16

1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Релейний захист та автоматика (РЗА) є одним із найважливіших елементів системи електроспоживання промислових підприємств, так звані вторинні системи електроенергетики. РЗА при порівняно невеликих затратах забезпечують стійкість, надійність та ефективність роботи елементів електропостачання. Без засвоєння дисципліни “Релейний захист та автоматика систем електропостачання” неможлива повноцінна підготовка спеціаліста з електротехніки за фахом “Електропостачання промислових підприємств”.

Метою викладання дисципліни “Релейний захист та автоматика систем електропостачання” є засвоєння студентами основних положень релейного захисту та автоматики елементів систем електропостачання, а також електроприймачів, основними з яких є силові та спеціальні трансформатори, синхронні генератори, синхронні та асинхронні двигуни, шини розподільчих пристроїв, конденсаторні установки, руднотермічні та дугові печі та інші; навчити студентів розбиратися в роботі складних схем релейного захисту та автоматики, будувати принципові схеми релейного захисту та автоматики.

Студенти повинні знати: основні вимоги до релейного захисту, принципи дії, та основні характеристики первинних та вторинних вимірювальних перетворювачів струму та напруги, принципи дії та конструкції реле електромагнітних, індукційних, на основі інтегральних мікросхем та мікропроцесорній базі, принципи і види захисту та автоматики ліній електропередач високої напруги, трансформаторів, автотрансформаторів, синхронних генераторів, синхронних і асинхронних електродвигунів, спеціальних електроустановок.

Студенти повинні вміти: проводити розрахунки пристроїв релейного захисту, вибирати параметри спрацьовування пускових органів, практично їх виставляти та перевіряти; вибирати види релейного захисту та автоматики для різних елементів електроенергетичних систем, побудувати принципові схеми.

Під час установчої сесії студенти прослуховують лекції, виконують та захищають лабораторні роботи, отримують варіанти

завдань для виконання курсової роботи, а потім на екзаменаційній сесії складають іспит.

Кожний студент повинен виконати чотири лабораторні роботи [9].

При самостійному вивченні курсу до екзаменаційної сесії студента заочної форми навчання рекомендується:

- ознайомитись із програмою та методичними вказівками;
- вивчити курс за підручниками та посібниками, а також за конспектом лекцій на установчій сесії в об'ємі програми, звертаючи увагу на контрольні запитання, що наведені в кінці кожної теми;
- скласти короткий конспект з основними положеннями тем, рисунками, математичними формулами, умовами вибору та розрахунку РЗА;
- виконати та заздалегідь вислати, або привезти в університет курсові роботи на перевірку, а потім їх захистити.

Студенти, котрі не представили до екзаменаційної сесії та не захистили курсові роботи, до іспиту не допускаються.

Теми лекцій, які виносяться на установчу сесію.

1. Реле на інтегральних мікросхемах та мікропроцесорній основі.
2. Пристрої системної автоматики.
3. Захист та автоматика синхронних генераторів.
4. Захист та автоматика електродвигунів.
5. Захист та автоматика спеціального електроустаткування.
6. Високочастотний захист.

2. РОБОЧА ПРОГРАМА ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ, ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Реле на базі інтегральних мікросхем та мікропроцесорній основі.

Реле струму та реле часу на базі інтегральних мікросхем. Релейний захист на мікропроцесорній базі. Технічне та програмне забезпечення релейного захисту на мікропроцесорній базі.

Лекції – 4 години
Самостійна робота – 8 годин
Література – [1,8]

Контрольні запитання

1. Принцип дії реле струму на основі інтегральних мікросхем.
2. Який сигнал подається на вхід реле струму на інтегральних мікросхемах?
3. Як встановлюються уставки спрацювання реле? систем?
4. Які функції селективного фільтра?
5. Які функції та як працює перший двопороговий компаратор?
6. Які функції та як працює другий двопороговий компаратор?
7. Який сигнал на виході реле при спрацьованому та неспрацьованому стані?
8. Як здійснюється перетворення первинних сигналів енергосистем цифрову форму?
9. Технічне забезпечення мікропроцесорних вторинних систем.
10. Програмне забезпечення мікропроцесорних вторинних систем.

2.2 Пристрої системної автоматики

2.2.1 Автоматичне виключення резерву (АВР). Основні вимоги. Вибір параметрів спрацювання. Пристрій АВР на змінному оперативному струмі. Пристрій АВР на постійному оперативному струмі.

2.2.2 Автоматичне повторне включення (АПВ). Основні вимоги. Вибір параметрів спрацювання. Пристрій АПВ на змінному оперативному струмі. Пристрій АПВ на постійному оперативному струмі.

2.2.3 Автоматичне частотне розвантаження (АЧР). Основні вимоги. Види пристроїв АЧР. Вибір параметрів спрацювання. Реле частоти. Узгодження дії пристроїв релейного захисту, АЧР, АВР, АПВ. Частотне автоматичне повторне включення.

Лекції – 4 години

Самостійна робота – 8 годин
Література – [1,3,4]

Контрольні запитання

1. Які основні вимоги пред'являються до пристроїв АВР?
2. Як вибираються параметри спрацьовування пристроїв АВР?
3. Принцип дії пристрою АВР на змінному оперативному струмі.
4. Принцип дії пристрою АВР на постійному оперативному струмі.
5. Чим забезпечується однократність дії пристрою АВР на змінному оперативному струмі?
6. Чим забезпечується однократність дії пристрою АВР на постійному оперативному струмі?
7. Які основні вимоги пред'являються до пристроїв АПВ?
8. Як вибираються параметри спрацьовування пристрою АПВ?
9. Принцип дії пристрою АПВ на змінному оперативному струмі.
10. Принцип дії пристрою АПВ на постійному оперативному струмі.
11. Які основні вимоги пред'являються до пристроїв АЧР?
12. Які основні категорії АЧР використовуються в енергосистемах?
13. Як вибираються параметри спрацьовування для відключення груп електроспоживачів пристроями АЧРІ та АЧРІІ?
14. Принцип дії реле частоти.
15. Як працює схема однієї черги АЧРІ або АЧРІІ з частотним АПВ на перемінному оперативному струмі?
16. Як працює схема однієї черги АЧР з частотним АПВ на випрямленому оперативному струмі?
17. Як узгоджуються дії пристроїв релейного захисту, АЧР, АВР, АПВ?

2.3 Захист та автоматика синхронних генераторів (СГ).

2.3.1 Пошкодження та ненормальні режими роботи СГ. Захист від міжфазних пошкоджень в обмотці статора СГ потужністю до

1МВт та вище. Захист від замикань між витками однієї фази. Захист від замикань на землю СГ потужністю до 1 МВт, СГ потужністю 1 МВт та вище. Захист від зовнішніх к.з. СГ потужністю до 1 МВт, до 30 МВт та вище. Струмований захист від перевантажень. Захист від підвищення напруги. Захист від замикань в одній та в другій точці кола збудження СГ. Автоматичне регулювання збудження (АРЗ) СГ. Компаундування повним струмом. Компаундування повним струмом з корекцією напруги. Фазове компаундування з корекцією напруги. Релейна форсировка.

Лекції – 4 години
 Самостійна робота – 6 годин
 Література – [1,3,5]

Контрольні запитання

1. Які види пошкоджень та ненормальних режимів роботи бувають у СГ?
2. Який захист використовується для СГ потужністю до 1 МВт від міжфазних пошкоджень в обмотці статора?
3. Який захист використовується для СГ потужністю більше 1МВт від міжфазних пошкоджень в обмотці статора?
4. Принцип дії захисту СГ від замикань між витками однієї фази?
5. Принцип дії захисту СГ потужністю до 1 МВт від замикань на землю?
6. Захист СГ потужністю більше 1 МВт від замикань на землю.
7. Як працює схема захисту СГ від зовнішніх к.з. оберненої послідовності?
8. Як вибирається захист СГ потужністю до 1 МВт від зовнішніх к.з. та перевантажень?
9. Як вибирається захист від підвищення напруги?
10. Принцип дії схеми захисту від замикань на землю в одній точці в колі збудження СГ.
11. Принцип дії схеми захисту від замикань на землю в другій точці в колі збудження СГ.
12. Як працює схема АРЗ СГ – компаундування повним струмом?

13. Як працює схема АРЗ СГ – компаундування повним струмом з корекцією напруги?

14. Як працює схема АРЗ СГ – фазове компаундування з корекцією напруги?

15. Як працює схема АРЗ СГ – релейна форсировка?

2.4 Захист та автоматика електродвигунів.

2.4.1 Пошкодження та ненормальні режими роботи. Захист від багатофазних к.з.. Захист від перевантаження. Захист мінімальної напруги. Захист від замикань на землю. Захист від асинхронного ходу синхронних електродвигунів. Пристрої автоматика електродвигунів. Пристрій автоматичного включення резервного електродвигуна. Пристрій автоматичного повторного включення електродвигуна.

Лекції – 2 години

Самостійна робота – 6 годин

Література – [1,3,6]

Контрольні запитання

1. Які види пошкоджень та ненормальних режимів роботи бувають у електродвигунів?

2. На яких принципах будується захист від багатофазних к.з. та перевантажень у електродвигунів?

3. Принцип дії захисту мінімальної напруги електродвигунів.

4. Принцип дії захисту електродвигунів від замикань на землю.

5. Принцип дії захисту синхронних електродвигунів від асинхронного ходу.

6. Як працює схема пристрою автоматичного включення резервного електродвигуна?

7. Як працює схема пристрою АПВ електродвигуна?

2.5 Захист та автоматика спеціального електроустаткування.

2.5.1 Захист та автоматика конденсаторних установок. Захист та автоматика трансформаторів електропічних установок. Захист та

автоматика напівпровідникових перетворювальних агрегатів. Захист та автоматика шин.

Лекції – 2 години
 Самостійна робота – 4 годин
 Література – [1,3]

Контрольні запитання

1. Які види пошкоджень та ненормальних режимів роботи бувають у конденсаторних установках?
2. Які види захисту застосовують від багатофазних к.з., від перевантажень конденсаторних установок?
3. Який виконується захист конденсаторних установок від підвищення напруги?
4. Принцип дії пристрою автоматичного управління конденсаторною установкою при регулюванні напруги в функції напруги та в функції часу.
5. Як виконуються захисти трансформаторів електропічних установок від багатофазних к.з. та перевантажень?
6. Як виконується захист трансформаторів електропічних установок від внутрішніх пошкоджень?
7. Принцип дії захисту від замикань на землю електропіч них трансформаторів.
8. Які види захисту використовуються для трансформаторів перетворювальних агрегатів?
9. Які види захисту застосовуються для напівпровідникових перетворювачів?
10. Які види автоматики застосовуються для перетворюючих агрегатів?
11. Принцип дії захисту шин.

2.6 Високочастотний захист.

2.6.1 Принцип дії. Пускові органи. Орган маніпуляції високочастотним передавачем. Орган порівняння фаз. Дія захисту при різних видах пошкоджень та ненормальних режимів роботи ЛЕП. Канали високочастотного зв'язку.

Лекції – 4 години
 Самостійна робота – 4 годин
 Література – [1,7]

Контрольні запитання

1. Принцип дії високочастотного захисту.
2. Що являється пусковими органами високочастотного захисту?
3. Як діє орган маніпуляції високочастотного захисту?
4. Як діє орган порівняння фаз?
5. Які канали високочастотного зв'язку застосовуються для високочастотного захисту ЛЕП?
6. Робота схеми при симетричних к.з. поза зоною дії високочастотного захисту.
7. Робота схеми при електричних к.з. в зоні дії високочастотного захисту.
8. Робота схеми при несиметричних к.з. поза зоною дії високочастотного захисту.
9. Робота схеми при несиметричних к.з. в зоні дії високочастотного захисту.

3. ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1. Автоматичне включення резерву (2 години)
2. Автоматичне повторне включення (2 години)
3. Автоматичне частотне розвантаження (2 години)
4. Мікропроцесорні пристрої релейного захисту та автоматики (2 години)

4. ПИТАННЯ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ІСПИТ

1. Призначення пристроїв автоматичного повторного включення, вимоги до них і розрахунок їх параметрів.
2. Схеми пристроїв автоматичного повторного включення.

3. Особливості пристроїв автоматичного повторного включення ліній із двостороннім живленням.

4. Пристрій автоматичного повторного включення без контролю синхронізму ліній з двостороннім живленням.

5. Пристрій автоматичного повторного включення з контролем синхронізму ліній з двостороннім живленням.

6. Вимоги до пристрою АВР, принципи їх виконання та розрахунок параметрів.

7. Схеми пристроїв автоматичного включення резерву.

8. Вимоги, принципи виконання і вибір параметрів пристроїв автоматичного частотного розвантаження.

9. Схеми пристроїв автоматичного частотного розвантаження та частотного автоматичного повторного включення.

10. Пристрій автоматики розділу (АР).

11. Узгодження дії пристроїв АВР, АПВ, АЧР і АР.

12. Пристрій системної протиаварійної автоматики.

13. Пошкодження і ненормальні режими роботи синхронних генераторів.

14. Захист від багатозазних коротких замикань в обмотці статора генератора напругою вище 1 кВ.

15. Захист від однофазних ушкоджень в обмотці статора синхронного генератора напругою вище 1 кВ.

16. Пристрої захисту синхронних генераторів напругою вище 1кВ від ненормальних режимів роботи.

17. Захист синхронного генератора напругою вище 1 кВ від замикань на землю в ланцюзі збудження.

18. Синхронізація генераторів.

19. Системи порушення синхронних генераторів та призначення пристроїв автоматичного регулювання збудження.

20. Пристрій АРВ пропорційної дії синхронних генераторів з електромашинним збудником постійного струму.

21. Пристрій АРВ сильної дії АРВ-СДПІ синхронних генераторів з тиристорною системою збудження.

22. Регулювання напруги і реактивної потужності в системах електропостачання пристроями автоматичного регулювання збудження.

23. Види ушкоджень і ненормальних режимів роботи трансформаторів.

24. Газовий захист трансформатору.
25. Захисти трансформатора потужністю до 6,3 МВА від пошкоджень в обмотці та на виводах.
26. Диференціальні струмові захисти трансформаторів і особливості їх виконання.
27. Схеми, вибір параметрів і область використання диференціальних захистів трансформаторів.
28. Захист трансформатора від надструмів зовнішніх коротких замикань і перевантажень.
29. Пристрої протиаварійної автоматики трансформаторів.
30. Автоматичні пристрої керування режимами роботи трансформаторів.
31. Особливості релейного захисту й автоматики ліній з відгалуженнями.
32. Види ушкоджень і ненормальних режимів роботи електродвигунів і вимоги до їх захистів.
33. Захист і автоматика асинхронних електродвигунів, напругою вище 1 кВ.
34. Захист і автоматика синхронних електродвигунів напругою вище 1 кВ.
35. Особливості захисту та автоматики синхронних компенсаторів.
36. Захист і автоматика конденсаторних установок.
37. Особливості захисту та автоматики трансформаторів електропічних установок.
38. Особливості захисту та автоматики напівпровідникових перетворювальних агрегатів.
39. Захист і автоматика шин.
40. Високочастотний захист, принцип дії.
41. Пускові органи високочастотного захисту.
42. Орган порівняння фаз у високочастотному захисті.
43. Дія високочастотного захисту при симетричних к.з. в зоні захисту.
44. Дія високочастотного захисту при симетричних к.з. поза зоною захисту.
45. Дія високочастотного захисту при несиметричних к.з. в зоні захисту.

46. Дія високочастотного захисту при несиметричних к.з. поза зоною захисту.

47. Канали зв'язку високочастотного захисту.

5. КОНТРОЛЬНА РОБОТА

Завершальним етапом вивчення дисципліни «Релейний захист та автоматика в системах електропостачання» є виконання кожним студентом у 9-му семестрі контрольної роботи (КР). Учбовим планом також передбачено 2 години практичних занять на видачу завдання на КР, тобто схеми системи електропостачання, для елементів якої вибирається релейний захист та вихідні дані, а також пояснення окремих пунктів контрольної.

Мета КР – закріпити знання, що одержані при вивченні курсу «Релейний захист та автоматика в системах електропостачання», а й цілої низки суміжних дисциплін електротехнічного профілю, оскільки завданням передбачено вибір електричних вимірювальних апаратів, розрахунок струмів к.з. та струмів замикання на землю та інше.

Темою КР є вибір та розрахунок релейного захисту для елементів схем системи електропостачання, та розробка принципових електричних схем. КР складається з пояснювальної записки, яка включає в себе схеми релейного захисту та автоматики.

Завданням (бланк завдання), яке отримує кожний студент передбачено:

1. Провести розрахунок струмів к.з. в обсязі, необхідному для розрахунку параметрів спрацьовування та перевірки на чутливість релейного захисту заданих елементів системи електропостачання.
2. Вибір принципів релейного захисту для заданих елементів системи електропостачання.
3. Розрахунок параметрів спрацьовування релейного захисту заданих елементів системи електропостачання.
4. Для заданих елементів системи електропостачання розробити рознесені схеми релейного захисту.

Для елементів заданої схеми електропостачання по довідковій літературі вибираються дані, що необхідні для розрахунку параметрів елементів схеми заміщення. Визначаються максимально можливі

струми в робочому режимі. Проводиться розрахунок струмів трифазного та двофазного к.з., а також струмів замикання на землю для мереж з ізольованою, глухо або ефективно заземленою нейтраллю.

Проводиться аналіз можливих аварійних та ненормальних режимів заданих елементів системи електропостачання, а потім згідно з ПУЕ (розділи 3, 5) вибираються принципи релейного захисту.

Проводиться розрахунок параметрів спрацьовування релейного захисту елементів системи електропостачання та перевірка по чутливості. Якщо умови чутливості вибраного релейного захисту не задовольняються, то згідно з ПУЕ вибирається інший більш складний захист. Так, якщо не задовольняються умови чутливості максимального струмового захисту ЛЕП або трансформатору, то застосовується максимальний струмовий захист з пуском по напрузі. Якщо не задовольняються умови чутливості струмової відсічки для трансформаторів потужністю до 6,3 МВА, то вибирається та розраховується диференційна струмова відсічка, а якщо диференційна струмова відсічка не задовольняє умови чутливості, то вибирається та розраховується диференційний струмовий захист. Якщо для асинхронних двигунів потужністю до 2 МВт не задовольняються умови чутливості струмова відсічка у двофазному одно релейному виконанні, то застосовується струмова відсічка в двофазному дворелейному виконанні. Якщо і при цьому не задовольняються умови чутливості, то вибирається та розраховується диференційний струмовий захист.

На підставі вибраних та розрахованих комплектів релейного захисту елементів системи електропостачання проводиться розробка рознесених схем релейного захисту. При цьому повинно бути показано:

- пояснююча схема – схема елемента, що розглядається, з комутаційними апаратами та вимірювальними трансформаторами;
- схема струмових кіл – схема кіл вторинних обмоток трансформаторів струму;
- схема кіл напруги – схема кіл вторинних обмоток трансформаторів напруги;

- схема оперативних кіл;
- схема кіл сигналізації.

На основі проведеного виробу та розрахунків уставок спрацьовування релейного захисту елементів схеми, складається карта уставок та робиться висновок по вибору захисту елементів схеми електропостачання.

Структура та порядок виконання пояснювальної записки встановлені стандартом підприємства СТП15-96 на основі ДСТУ 3008 «Документація, звіти у сфері науки і техніки».

Витяги з цих документів, а також зразки умовних позначень для креслень (зі стандартів ЕСКД) наведені на стенді кафедри ЕПП.

6. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна 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, 2006.-520с.

3. Беркович М.А., Молчанов В. В., Семенов В.А. Основы техники релейной защиты. - М.: Энергоатомиздат, 1984 г. - 376 с.

4. Махлін П.В. Інтелектуальні пристрої релейного захисту та автоматики.

Навчальний посібник/ П.В. Махлін, С.Ю. Костенко, О.П. Кузьменко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020, - 256с.

5. Махлін П.В. Конструкції та принципи дії реле на різних елементних базах. Навчальний посібник/ П.В. Махлін, О.А. Шрам, Є.П. Іваненко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020, - 112с.

Додаткова література

6. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем: Релейная защита сетей. Учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1984 г. - 520 с.

7. Шабад М.А. Защита генераторов малой и средней мощности. М.: 1973 г. – 95 с.

8 Корогодский В.И., Кутепов С.Л., Паперно Л.В. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ. М.: 1987 г. -248 с.

9. Будаев М.И. Высокочастотные защиты линий 110-220 кВ. М.: Энергоатомиздат, 1988 г. - 112 с.

10. Методичні вказівки до лабораторних робіт №5 «Автоматичне включення резерву», №6 «Автоматичне повторне включення», №7 «Автоматичне частотне розвантаження» з дисципліни «Релейний захист та автоматика в системах електропостачання» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання/ Укл.: П.В. Махлін, О.А. Шрам, О.І., Кузьменко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021 – 27 с.

11. Методичні вказівки до лабораторної роботи «Мікропроцесорні пристрої релейного захисту та автоматики» з дисципліни “Релейний захист та автоматика в системах електропостачання” для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання/ Укл.: П.В. Махлін, Є.П. Іваненко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 42 с.