

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи студентів з дисципліни

**«Релейний захист та автоматика в системах
електропостачання»**

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» по освітній програмі «Електротехнічні системи електроспоживання»

2022

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни «Релейний захист та автоматики в системах електропостачання» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» по освітній програмі «Електротехнічні системи електроспоживання». /Укл.: Махлін П.В. - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 13 с.

Укладачі:

П.В. Махлін, доцент, к.т.н.

Рецензент:

О.А. Шрам, зав. кафедри, к.т.н.

Відповідальний
за випуск:

О.А. Шрам, зав. кафедри, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри ЕПП
Протокол № 8 від 12.04.2022

Рекомендовано
на засіданні НМК
електротехнічного факультету
Протокол № 6 від 02.06.2022

ЗМІСТ

1. Загальні методичні вказівки	4
2. Загальні відомості про склад самостійної роботи	5
3. Робота над лекційним матеріалом	6
4. Підготовка до лабораторних робіт	6
5. Робота над розділами програми курсу, що не викладаються на лекціях	7
6. Методичне забезпечення	10
7. Рекомендована література	11
8. Інформаційний ресурс	13

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Релейний захист та автоматика (РЗА) є одним із найважливіших елементів системи електропостачання промислових підприємств, так невеликих затратах забезпечують стійкість, надійність та ефективність роботи елементів електропостачання. Засвоєння дисципліни «Релейний захист та автоматика в системах електропостачання» не можливе вивчення таких дисциплін як «Електричні машини», «Електричні станції та підстанції», «Електричні мережі та системи», «Електропостачання промислових підприємств».

Метою викладання дисципліни Викласти студентам основні положення релейного захисту та автоматики елементів системи електропостачання, а також електроприймачів, основними з яких є силові та спеціальні трансформатори, синхронні та асинхронні двигуни, шини розподільчих пристроїв, конденсаторні установки; навчити студентів в роботі складних схем релейного захисту, розробляти схеми релейного захисту та автоматики.

Завдання вивчення дисципліни визначається освітньо-професійною програмою магістра з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки і включають придбання наступних компетентностей:

інтегральна компетентність:

здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики та інженерних наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов;

загальні компетентності:

здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;

здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

здатність приймати обґрунтовані рішення;

здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями

фахові компетентності:

- здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності та ефективності роботи системи електропостачання;
- використовувати базові знання з фізики та математики для вирішення практичних задач в галузі електроенергетики;
- використовувати знання з основ релейного захисту для вирішення задач захисту та автоматики, керування та оптимізації у системах електропостачання;
- використовувати знання з теорії електричних машин, апаратів та електроприводу для вирішення практичних задач їх захисту та надійності роботи;
- використовувати сучасні методи розрахунку, проектування та аналізу роботи електроенергетичних систем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- основи вимоги до релейного захисту, принципи дії первинних та вторинних перетворювачів струму та напруги, принципи дії реле електромагнітних, індукційних, на мікроелектронній мікропроцесорній базі, принципи і види релейного захисту та автоматики ліній електропередач, трансформаторів та автотрансформаторів, синхронних генераторів, синхронних та асинхронних двигунів, спеціальних електроустановок.

вміти:

проводити розрахунки пристроїв релейного захисту та автоматики, розраховувати параметри спрацьовування пускових органів, практично їх виставляти перевіряти;
 вибирати види релейного захисту та автоматики для різних елементів системи електропостачання;
 розробляти схеми релейного та автоматики.

2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СКЛАД САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Самостійна робота здійснюється індивідуально кожним студентом запланованого матеріалу по даній дисципліні з використанням

навчальної та спеціальної літератури під керівництвом ведучого викладача.

Самостійна робота містить такі розділи:

1. Проробка лекційного матеріалу.
2. Підготовка до лабораторних робіт.
3. Вивчення окремих розділів програми, які не викладалися на лекціях.

3. РОБОТА НАД ЛЕКЦІЙНИМ МАТЕРІАЛОМ

На протязі навчального семестру студент повинен вести конспект лекцій та систематично проробляти теоретичні матеріали, які викладаються на лекційних заняттях. Крім того студенти користуються навчальною літературою та навчальними посібниками, перелік яких рекомендується повідним викладачем. Контроль вивчення лекційного матеріалу здійснюється шляхом проведення усного опитування або тестових завдань.

4. ПІДГОТОВКА ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Кожен студент повинен підготуватись та виконати наступні лабораторні роботи:

1. Автоматичне включення резерву.
2. Автоматичне повторне включення.
3. Автоматичне частотне розвантаження
4. Мікропроцесорні пристрої релейного захисту та автоматики.
5. Диференційно-фазний високочастотний захист ліній електропередач 110-220 кВ.
6. Мікропроцесорний пристрій релейного захисту та протиаварійної автоматики у терміналі L-60.

Перед проведенням лабораторних робіт проводиться ввідне заняття – інструктаж з охорони праці та електробезпеки при проведенні лабораторних робіт у лабораторії релейного захисту та автоматики.

Після кожної лабораторної роботи оформлюється звіт та проводиться її захист.

5. РОБОТА НАД РОЗДІЛАМИ ПРОГРАМИ КУРСУ, ЩО НЕ ВИКЛАДАЮТЬСЯ НА ЛЕКЦІЯХ

В процесі самостійної роботи кожен студент повинен самостійно вивчити розділи курсу, які приводяться нижче.

Тема 1. Автоматичне включення резерву (АВР)

підрозділ «Пристрій АВР на постійному оперативному струмі».

Для вивчення підрозділу цієї теми треба користуватися рекомендованою навчальною літературою [2, 3, 4, 6]. Крім того матеріал по цій темі проробляється при проведенні лабораторної роботи (методичні вказівки до лабораторних робіт №5).

Контрольні запитання

1. Які основні вимоги пред'являються до пристроїв АВР?
2. Як вибираються параметри спрацювання 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?

Тема 2. Автоматичне повторне включення (АПВ)

підрозділ: «Пристрій АПВ на постійному оперативному струмі».

Для вивчення підрозділу цієї теми треба користуватися рекомендованою навчальною літературою [2, 3, 4, 6]. Крім того матеріал по цій темі проробляється при проведенні лабораторної роботи (методичні вказівки до лабораторних робіт №6).

Контрольні запитання

1. Які основні вимоги пред'являються до пристроїв АПВ?
2. Як вибираються параметри спрацювання пристрою АПВ?
3. Принцип дії пристрою АПВ на змінному оперативному струмі.

4. Принцип дії пристрою АПВ на постійному оперативному струмі.

Тема 3. Автоматичне частотне розвантаження (АЧР)

підрозділ «Пристрій АЧР з ЧАПВ на постійному оперативному струмі».

Для вивчення підрозділу цієї теми треба користуватися рекомендованою навчальною літературою [2, 3, 4, 6]. Крім того матеріал по цій темі проробляється при проведенні лабораторної роботи (методичні вказівки до лабораторних робіт №7).

Контрольні запитання

1. Які основні вимоги пред'являються до пристроїв АЧР?
2. Які основні категорії АЧР використовуються в енергосистемах?
3. Як вибираються параметри спрацьовування для відключення груп електроспоживачів пристроями АЧРІ та АЧРІІ?
4. Принцип дії реле частоти.
5. Як працює схема однієї черги АЧРІ або АЧРІІ з частотним АПВ на перемінному оперативному струмі?
6. Як працює схема однієї черги АЧР з частотним АПВ на випрямленому оперативному струмі?
7. Як узгоджуються дії пристроїв релейного захисту, АЧР, АВР, АПВ?

Тема 11. Струмовий захист нульової послідовності для ЛЕП

Принцип дії струмового захисту на базі інтегральних мікросхем.

Реле струму на базі інтегральних мікросхем.

Ступеневий струмовий захист нульової послідовності.

Вибір параметрів спрацьовування ступеневого струмового захисту нульової послідовності.

Для вивчення цієї теми треба користуватися рекомендованою навчальною літературою [13], а також навчальним посібником, що розроблений на кафедрі ЕПП [9]. Крім того матеріал по цій темі проробляється при проведенні лабораторних робіт (методичні вказівки до лабораторних робіт [4]).

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?
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?

Тема 12. Дистанційний захист на базі інтегральних мікросхем

Принцип дії дистанційного захисту на базі інтегральних мікросхем.

Реле опору на базі інтегральних мікросхем.

Ступеневий дистанційний захист.

Вибір параметрів спрацювання ступеневого дистанційного захисту. Література: [13].

Для вивчення цієї теми треба користуватися рекомендованою навчальною літературою [3, 4, 5], а також навчальним посібником, що розроблений на кафедрі ЕПП [9]. Крім того матеріал по цій темі проробляється при проведенні лабораторних робіт (методичні вказівки до лабораторних робіт [4]).

Контрольні запитання

1. Принцип дії реле опору на основі інтегральних мікросхем.
2. Який сигнал подається на вхід реле опору на інтегральних мікросхемах?
3. Як встановлюються уставки спрацювання реле?
4. Який сигнал на виході реле при спрацьованому та неспрацьованому стані?

6. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт №5 «Автоматичне включення резерву», №6 «Автоматичне повторне включення», №7 «Автоматичне частотне розвантаження», з для студентів 5 курсу усіх форм навчання 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. – 27с.

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

3. 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. — Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 17с.

4. Методичні вказівки до лабораторних робіт «Релейний захист на базі інтегральних мікросхем» 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.І. Кузьменко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 34 с.

5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Релейний захист та автоматика в системах електропостачання» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання на філії кафедри «Електропостачання промислових підприємств» в Дніпровській енергосистемі НЕК «Укренерго/ Укл.: П.В. Махлін, С.Ю. Костенко, О.М. Попов– Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 58с.

7. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

БАЗОВА

1. Правила улаштування електроустановок: Глава 3.2. Релейний захист / Мінпаливенерго України. К: НПЦР, 2017 – С. 384- 427.
2. Правила улаштування електроустановок: Глава 3.3. Автоматика та телемеханіка / Мінпаливенерго України. К: НПЦР, 2017 – С. 428-452.
3. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения/ В.А. Андреев. - М. : Высшая школа, 2006.-520с.
4. Беркович М.А. Основы автоматизации энергосистем/ М.А. Беркович, А.Н. Комаров, В.А. Семенов. - М.: Энергоатомиздат, 1981.-433 с.
5. Беркович М.А. Основы техники релейной защиты/ М.А. Беркович, В.В. Молчанов, В.А. Семенов. - М.: Энергоатомиздат, 1984.-433 с.
- 6.Чернобровов Н.В. Релейная защита/ Н.В. Чернобровов. - М.: Энергия, 2012.-680с.
7. Яндульський О.С. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем.[Електронне видання]: навч. посіб. / О.С. Яндульський, О.О. Дмитренко; під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндульського. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 102 с
8. 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.
9. 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.

Допоміжна

10. Федосеев А.М. Релейная защита электрических сетей. Учебное пособие для вузов/ А.М. Федосеев. – М.: «Высшая школа», 1984-520с.
11. Шабад М.А. Защита генераторов малой и средней мощности/ М.А. Шабад - М. : Энергоатомиздат, 1973. - 95с.
12. Будаев М.И. Высокочастотные защиты линий 110- 220 кВ/ М.И. Будаев - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 112 с.

13. Бриг А.Н. Устройства дистанционной и токовой защит типов ШДЭ 2801 ШДЭ 2802/ А.Н. Бирг, Р.С. Нудельман, Э.К. Федоров. - М. : Энергоатомиздат, 1988.-96с
14. Стогний Б.С. Микропроцессорные системы в энергетике/ Б.С. Стогний, В.В. Рогоза, А.В. Кириленко. - Киев „Наукова думка”, 1998г.-230с.
15. Ванин В.К., Павлов Г.М. Релейная защита на элементах вычислительной техники/ В.К. Ванин, Г.М. Павлов. - Л. : Энергоатомиздат, 1991.-336 с.
16. Корогодский В.И., Кутепов С.Л., Паперно Л.В. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1000 В/ В.И. Корогодский, С.Л. Кутепов, Л.В. Паперно. - М. : Энергия, 1987.-248.
17. Технічне обслуговування мікропроцесорних пристроїв релейного захисту, протиаварійної автоматики, електроавтоматики, дистанційного керування та сигналізації електростанцій та підстанцій від 0.4 кВ до 750 кВ: СОУ-Н-ЕЕ 35-514-2007. – [Чинний від 2007-10-30]. – К. : ОЕП «ГРІФРЕ», 2008. – 79с. – (Національні стандарти України)
18. 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.
19. Облік та оцінювання пристроїв релейного захисту, протиаварійної автоматики, електроавтоматики: СОУ-Н-ЕЕ 35-504-2006. – [Чинний від 2006-12-21]. – К. : ОЕП «ГРІФРЕ», 2007. – 44с. – (Національні стандарти України)
20. Ніценко В.В. Розробка заходів підвищення селективності дії диференційно-фазного захисту збірних шин при насиченні трансформаторів струму / В.В Ніценко, Д.О. Кулагін, П.В. Махлін // Енергетика: економіка, технології, екологія. – К.: НТУУ КПІ, 2016. – Вип.4/2016. - С. 43-52.
21. Трансформатори вимірювальні. Частина 1. Трансформатори струму (ІЕС 60044 – 2003, ІДТ): ДСТУ ІЕС60044- І- 2008. - [Чинний від 2010-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2010. – 38с. – (Національні стандарти України).

8. ІНФОРМАЦІЙНИЙ РЕСУРС

1. <http://www.zntu.edu.ua/naukova-biblioteka>
2. [Енергетична стратегія України на період до 2030 року \[Електронний ресурс\] : стратегія \[схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013р. № 1071-р\]. – Режим доступу : http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13.](#)
3. Про електроенергетику [Електронний ресурс] : закон України [прийнято Верхов. Радою 16 жовтня 1997 р. № 575/97-ВР]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/575/97-вр/page>.
4. http://www.electrika.net.ua/?page_id=915
5. [Про засади функціонування ринку електричної енергії України \[Електронний ресурс\] : закон України \[прийнято Верхов. Радою 24 жовтня 2013 р. № 663-VII\]. – Режим доступу : http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/663-18.](#)