

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ**

ЗАХИСТ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

методичні рекомендації
для виконання самостійної роботи та відпрацювань
здобувачами за першим(бакалаврським) рівнем вищої освіти ОПП
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв
2025

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією Інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 08.12.2025, протокол № 4.

Укладачі:

Олексій Садовий — канд. тех. наук, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Олександр Циганов — канд. тех. наук, ст. викл. кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Андрій Ставинський — д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний
аграрний університет, 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Самостійна робота здобувачів вищої освіти.....	6
Організація самостійної роботи.....	7
Контроль знань за результатом роботи виконання самостійного завдання.....	8
Перелік тем для самостійної роботи.....	9
Список використаних джерел.....	14

ВСТУП

Сучасний етап розвитку електроенергетики характеризується зростанням складності електричних систем і мереж, підвищенням вимог до їх надійності, безперервності електропостачання та безпеки експлуатації. У цих умовах особливого значення набувають системи захисту електричних систем та мереж, які забезпечують своєчасне виявлення аварійних режимів, локалізацію пошкоджень і мінімізацію негативних наслідків для обладнання та споживачів електричної енергії.

Дисципліна «Захист електричних систем та мереж» є однією з фундаментальних у підготовці здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та спрямована на формування теоретичних знань і практичних навичок у галузі релейного захисту, протиаварійної автоматики та засобів контролю аварійних режимів. Вивчення дисципліни забезпечує розуміння фізичних процесів, що супроводжують аварійні режими, принципів побудови та налаштування захистів, а також критеріїв їх селективності, чутливості, швидкодії та надійності.

Методичні рекомендації призначені для організації та виконання самостійної роботи і відпрацювань здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання. У рекомендаціях визначено мету, зміст і порядок виконання самостійної роботи, наведено перелік тем для самостійного опрацювання, а також описано форми контролю та оцінювання результатів навчальної діяльності.

Самостійна робота здобувачів вищої освіти розглядається як важливий засіб поглиблення та систематизації теоретичних знань, розвитку аналітичного мислення, формування навичок самостійного опрацювання науково-технічної інформації й застосування отриманих знань для аналізу та розв'язання інженерних задач у сфері захисту електричних систем та мереж. Запропоновані теми самостійної роботи орієнтовані на поєднання

фундаментальних теоретичних положень із сучасними тенденціями розвитку електроенергетики та практичними аспектами проектування і експлуатації систем захисту.

САМОСТІЙНА РОБОТА ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Самостійна робота здобувачів вищої освіти є обов'язковою складовою освітнього процесу закладу вищої освіти та спрямована на формування професійних компетентностей, розвиток пізнавальної активності, критичного мислення, здатності до самоосвіти й відповідального ставлення до навчання. Вона забезпечує поглиблення, систематизацію та закріплення знань, отриманих під час аудиторних занять, а також формує вміння застосовувати теоретичні положення для розв'язання практичних і навчально-дослідних завдань.

Самостійна робота організовується відповідно до освітньо-професійної програми та робочої програми навчальної дисципліни й охоплює індивідуальну та групову діяльність здобувачів вищої освіти, що здійснюється у позааудиторний час під методичним керівництвом викладача. До основних форм самостійної роботи належать опрацювання навчальної та науково-технічної літератури, виконання розрахунково-графічних, аналітичних і творчих завдань, підготовка до лабораторних і практичних занять, самоконтроль рівня засвоєння навчального матеріалу, а також підготовка рефератів, доповідей і презентацій.

У процесі виконання самостійної роботи здобувачі вищої освіти навчаються планувати власну навчальну діяльність, аналізувати та узагальнювати інформацію з різних джерел, обґрунтовувати прийняті рішення й робити аргументовані висновки. Викладач здійснює консультаційно-методичний супровід самостійної роботи, визначає обсяг і зміст завдань, критерії оцінювання та контролює рівень їх виконання.

Ефективна організація самостійної роботи сприяє підвищенню якості підготовки фахівців, формуванню навичок безперервного професійного розвитку та готовності до самостійної інженерної, наукової або управлінської діяльності в умовах сучасного виробництва та інформаційного суспільства.

ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Результати самостійної роботи студентів оцінюються викладачем відповідного курсу.

Форми контролю самостійної роботи обираються викладачем з таких варіантів:

- індивідуальний або колективний проект, передбачений навчальною програмою з дисципліни або окремих модулів, що потребують формування практичних навичок і умінь студентів;

- поточний контроль на основі виконання практичних або лабораторних робіт;

- поточний контроль засвоєння знань на основі оцінки усної відповіді на питання, повідомлення, доповіді тощо (на практичних заняттях);

- вирішення ситуаційних завдань;

- конспект, виконаний з теми, що вивчалася самостійно;

- тестування, виконання письмової контрольної роботи;

- стаття, тези виступу та інші публікації в науковому, науково-популярному, навчальному виданні тощо за підсумками самостійної навчальної й науково-дослідної роботи:

- 1) Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Перспективна техніка і технології»;

- 2) Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції «Технічні науки в Україні: сучасні тенденції розвитку».

- доповідь за підсумками самостійного аналізу та дослідження представлених тем (підготувати доповідь та презентацію за результатами дослідження).

Під час виконання самостійної роботи з дисципліни здобувачі вищої освіти повинні дотримуватися таких вимог:

1. Ознайомлення з темою самостійної роботи. Здобувач вищої освіти повинен попередньо ознайомитися з темою самостійної роботи відповідно до

робочої програми навчальної дисципліни та переліку тем, рекомендованих для самостійного опрацювання. На цьому етапі необхідно з'ясувати мету вивчення теми, її місце в структурі дисципліни, основні поняття, терміни та проблемні питання, що підлягають дослідженню.

2. Аналіз навчальних і науково-технічних джерел. Здобувач повинен здійснити ґрунтовний аналіз наукових статей, нормативно-технічної документації та інших інформаційних джерел з обраної теми. Особливу увагу слід приділити сучасним підходам до побудови та функціонування систем захисту електричних систем і мереж, а також актуальним інженерним рішенням, що застосовуються на практиці.

3. Аналітичне опрацювання матеріалу. У процесі самостійної роботи здобувач вищої освіти повинен проаналізувати теоретичні положення, закономірності та фізичні процеси, що розглядаються в межах теми, встановити причинно-наслідкові зв'язки, узагальнити отриману інформацію та сформулювати власні висновки. За можливості доцільно використовувати схеми, графіки, таблиці та інші ілюстративні матеріали.

КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТОМ РОБОТИ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОГО ЗАВДАННЯ

Контрольні заходи включають поточний контроль знань здобувачів. Поточний контроль є органічною частиною навчального процесу і проводиться під час практичних занять.

Форми поточного контролю має вид: на початку практичного заняття проводиться демонстрація презентації та доповіді за підсумками самостійного аналізу та дослідження представленої теми. Після чого, усна співбесіда за матеріалами розглянутої теми з оцінкою відповідей студентів (5-10 хв.).

При кредитно-модульній системі навчання теми самостійної роботи входять у модуль, який контролюються після закінчення логічно завершеної

частини лекцій та інших видів занять з дисципліни та їх результати враховуються при виставленні підсумкової оцінки.

ПЕРЕЛІК ТЕМ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Теоретичні засади захисту електричних систем від аварійних режимів.
2. Класифікація аварійних процесів в електричних мережах з позицій релейного захисту.
3. Електромагнітні та термічні наслідки коротких замикань у мережах різних класів напруги.
4. Системні вимоги до релейного захисту як елемента керування електроенергетичною системою.
5. Селективність захисту як оптимізаційна задача в електричних мережах.
6. Чутливість релейного захисту та методи її кількісної оцінки.
7. Швидкодія захисту та її вплив на динамічну стійкість енергосистем.
8. Надійність релейного захисту: показники, критерії та методи аналізу.
9. Теорія вибору уставок релейного захисту в електричних мережах.
10. Функціональна взаємодія релейного захисту та протиаварійної автоматики.
11. Теоретичні основи застосування трансформаторів струму в релейному захисті.
12. Аналіз похибок трансформаторів струму в перехідних та усталених режимах.
13. Вплив насичення магнітопроводів трансформаторів струму на коректність роботи захисту.
14. Синтез схем вторинних кіл трансформаторів струму для задач захисту.

15. Аналіз режимів роботи трансформаторів струму при коротких замиканнях.
16. Дослідження струмів нульової послідовності в мережах різних режимів нейтралі.
17. Вплив схем з'єднання трансформаторів струму на чутливість захисту.
18. Фізичні основи дії електромагнітних реле струму.
19. Математичне моделювання магнітного кола електромагнітного реле.
20. Аналітичний аналіз струмів спрацювання та повернення електромагнітних реле.
21. Дослідження коефіцієнта повернення та його впливу на стабільність захисту.
22. Методи регулювання уставок електромагнітних реле струму.
23. Аналіз електромеханічних коливань рухомих систем реле.
24. Оцінювання точності та відтворюваності параметрів електромагнітних реле.
25. Теоретичні основи дії індукційних реле струму.
26. Формування електромагнітного моменту в індукційних реле.
27. Аналіз фазових зсувів магнітних потоків в індукційних реле струму.
28. Математичний опис руху диска індукційного реле.
29. Гальмівні процеси та роль постійного магніту в індукційних реле.
30. Дослідження часово-струмових характеристик індукційних реле.
31. Порівняльний аналіз залежних та обмежено-залежних характеристик витримки часу.
32. Методи налаштування витримки часу індукційних реле.
33. Фізика комутаційних процесів у контактних системах реле.
34. Електричні та теплові процеси в контактах реле при аварійних режимах.
35. Аналіз зносостійкості та довговічності контактних систем.

36. Вплив параметрів контактів на надійність спрацювання релейного захисту.
37. Дослідження причин залипання контактів та методів їх усунення.
38. Теорія максимального струмового захисту електричних мереж.
39. Синтез схем максимального струмового захисту.
40. Методика вибору струмових уставок максимального захисту.
41. Аналіз селективності максимального струмового захисту.
42. Часова координація струмових захистів у радіальних мережах.
43. Вплив параметрів мережі на чутливість струмового захисту.
44. Порівняльний аналіз захисту від коротких замикань та перевантажень.
45. Захист електричних мереж з ізольованою нейтраллю: теоретичні аспекти.
46. Захист електричних мереж з глухозаземленою нейтраллю.
47. Аналіз однофазних замикань на землю та методи їх виявлення.
48. Вплив режиму нейтралі на вибір і налаштування релейного захисту.
49. Аналіз перехідних процесів у релейному захисті.
50. Вплив аперіодичної складової струму КЗ на роботу захистів.
51. Оцінювання стійкості релейного захисту до перехідних режимів.
52. Математичне моделювання аварійних режимів електричних мереж.
53. Методологія експериментальних досліджень релейного захисту на лабораторних стендах.
54. Обробка та аналіз експериментальних даних у дослідженнях релейного захисту.
55. Порівняльна оцінка електромеханічних та мікропроцесорних захистів.
56. Принципи цифрової обробки сигналів у сучасних релейних захистах.
57. Перспективи розвитку систем захисту електричних систем та мереж.

58. Теоретичні засади побудови систем релейного захисту та автоматики в електричних системах.

59. Класифікація та функціональне призначення захистів електричних мереж різних рівнів напруги.

60. Аналіз режимів роботи електричних систем та їх вплив на вибір параметрів захисту.

61. Принципи дії та області застосування максимального струмового захисту.

62. Диференціальні методи захисту елементів електричних систем: принципи, чутливість і селективність.

63. Захист електричних мереж від однофазних замикань на землю.

64. Особливості побудови захисту повітряних та кабельних ліній електропередачі.

65. Захист силових трансформаторів від внутрішніх і зовнішніх пошкоджень.

66. Захист асинхронних і синхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи.

67. Захист генераторів від коротких замикань і порушень режимів збудження.

68. Струмові та напругові вимірювальні перетворювачі в системах релейного захисту.

69. Селективність, швидкодія та надійність як основні критерії ефективності релейного захисту.

70. Узгодження параметрів релейного захисту в розподільчих і магістральних електричних мережах.

71. Мікропроцесорні пристрої релейного захисту: архітектура, функції та алгоритми роботи.

72. Самодіагностика та функціональна надійність сучасних систем захисту електричних мереж.

73. Вплив перехідних процесів і гармонік на роботу релейного захисту.

74. Захист електричних систем в умовах інтеграції відновлюваних джерел енергії.

75. Інформаційні та комунікаційні технології в системах захисту та автоматики електричних мереж.

76. Нормативно-технічні вимоги до проектування та експлуатації систем захисту електричних систем і мереж.

77. Перспективні напрями розвитку систем захисту електричних мереж у контексті концепції Smart Grid.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електрична частина станцій та підстанцій: лабораторний практикум / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. П. Матеєнко, П. Л. Денисюк, Г. М. Гаєвська, Р. В. Вожаков. Київ : КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. 179 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/fe0e77db-5bcf-480d-8eba-8a6ac7fc1c4c/content>.
2. Електричні апарати : конспект лекцій / уклад. : І. В. Гладь, Я. В. Бацала, О. І. Кіянюк. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2019. 126 с. URL: <https://files.library.nung.edu.ua/chytalnya/6844/index.html>.
3. Електричні апарати: конспект лекцій : у 3 ч. Ч. 2. Електричні апарати низької напруги / уклад. : І. Л. Лебединський, І. І. Борзенков. Суми : Сумський державний університет, 2020. 66 с. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/79770/3/Lebedynskyi_aparaty_nyzkoi_napruhy.pdf.
4. Малогулко Ю. В., Кацадзе Т. Л., Нетребський В. В. Електричні системи і мережі. Частина 4: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2025. 159 с.
5. Жорняк Л. Б., Антонова М. В., Василевський В. В. Електричні апарати автоматики та керування. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2022. 414 с.
6. Монтаж і експлуатація електрообладнання : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форми навчання / уклад. Ю.В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2020. 48 с.
7. Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв : навч. посіб. / В. В. Грабков та ін. Вінниця : ВНТУ, 2020. 173 с.

8. Яценко І. В., Самойлик О. В. Методичні рекомендації до практичних робіт та самостійної роботи з дисципліни «Перехідні процеси в системах електропостачання». Черкаси : ЧДТУ, 2021. URL: <https://elib.chdtu.edu.ua/vocabulary4/6304>

Навчальне видання

ЗАХИСТ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

Методичні рекомендації

Укладачі: **Садовий** Олексій Степанович

Формат 60х84 1/16. Ум. друк. арк. 1.

Тираж 20 прим. Зам. №_____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.