



**Міністерство освіти і науки України**  
**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет енергетики, робототехніки та**  
**комп'ютерних технологій**  
**Кафедра електропостачання та**  
**енергетичного менеджменту**

## **ЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ І СИСТЕМИ** **ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

**Методичні вказівки**  
**для самостійного вивчення дисципліни**  
**для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти**  
**денної форми навчання**  
**зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та**  
**електромеханіка»**

**Харків**  
**2023**

Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет енергетики, робототехніки та  
комп'ютерних технологій  
Кафедра електропостачання та  
енергетичного менеджменту

## ЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ І СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки  
для самостійного вивчення дисципліни  
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
денної форми навчання  
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

Затверджено рішенням  
науково-методичної ради  
факультету енергетики,  
робототехніки та комп'ютерних  
технологій  
Протокол № 3  
від 22 лютого 2023 року

Харків  
2023

УДК 621.31

С 31

Схвалено на засіданні кафедри  
електропостачання та енергетичного  
менеджменту Протокол №7 від 8.02.2023 р.

**Рецензенти:**

**С. О. Тимчук**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ;

**Ю. М. Хандола**, канд. техн. наук, зав. кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ.

С 31 Електричні установки і системи електропостачання: метод. вказівки для самостійного вивчення дисципліни для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної форми навч. зі спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Держ. біотехнол. ун-т; авт.-уклад.: О. А. Савченко – Харків: [б. в.], 2023. – 13 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до програми навчальної дисципліни. Видання включає перелік тем та питань для вивчення, контрольні запитання та перелік рекомендованої літератури.

Видання призначена для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

**УДК 621.31**

**Відповідальний за випуск: О. О. Мірошник**, д-р техн. наук

© Савченко О. А., 2023.

© ДБТУ, 2023

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
Мета та завдання вивчення дисципліни .....	6
Змістовий модуль 1. Заземлення та захисні заходи електробезпеки (ЗМ1) .....	6
Тема 1. Заземлення і заземлюючі пристрої в системах електропостачання .....	6
Тема 2. Вимоги та види заземлення і заземлюючих пристроїв .....	6
Тема 3. Конструктивне виконання та особливості розрахунку загальних заземлюючих пристроїв .....	7
Тема 4. Особливості заземлення у чотирипровідній мережі напругою 380/220 В. Захист від появи на неструмопровідних частинах електричного потенціалу .....	8
Змістовий модуль 2. Релейний захист в системах електропостачання. (ЗМ2) .....	8
Тема 5. Максимальний струмовий захист та автоматика в мережах 110-35/10 кВ. Струмова відсічка. ....	8
Тема 6. Максимальний направлений захист замкнених ліній 10 кВ, ліній взаємного резервування .....	9
Тема 7. Захист трансформаторів .....	10
Тема 8. Захист ліній напругою 0,38-0,22 кВ від коротких замикань та перевантаження.....	11
Перелік літератури для самостійного вивчення дисципліни	12

## ВСТУП

Рівень розвитку енергетики і електрифікації в найбільш опосередкованому вигляді відображає досягнутий техніко-економічний потенціал будь-якої країни. Енергетика забезпечує електроенергією і теплом промислові підприємства, сільське господарство, транспорт, а також комунально-побутові потреби населення.

Електрифікація чинить визначальний вплив на розвиток всіх галузей господарства країни. Прагнучи своєї економічної незалежності і безпеки, країна зобов'язана турбуватися, щоб темпи розвитку електроенергетики, зокрема її найважливішої ланки - генерувальних потужностей, були випереджувальними.

Основою електроенергетики України є об'єднана енергетична система (ОЕС), яка є одним з найпотужніших енергооб'єднань Європи. Загальна електрогенерувальна потужність становить 52,9 млн. кВт, з яких потужність ТЕС (thermoelectric power plant) складає 58 %, АЕС (atomic power plant) - 26 %, ГЕС (hydraulic power plant) та ГАЕС - 9 %, блок-станцій та інших джерел - 7%. Відповідно до розробленої Стратегії розвитку паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) - у 2030 р. величина генерувальних потужностей становитиме понад 70 млн. кВт.

Стратегічною метою розвитку електроенергетичного комплексу є його докорінна перебудова на засадах новітніх технологій із забезпеченням маневреності, енергетичної та економічної ефективності, екологічної прийнятності, зовнішньої конкурентоспроможності та ринкових умов функціонування, що забезпечить стале, надійне, безпечне, якісне постачання енергії галузям економіки і соціальної сфери країни.

Забезпечення стабільного функціонування ОЕС України в умовах недостатності маневрових генерувальних потужностей і високої долі базової потужності є одним з найбільш проблемних питань. Тому для вирішення проблеми істотного поліпшення

структури генерувальних потужностей необхідне введення нових мобільних потужностей, які забезпечать оптимальну роботу ОЕС (цю функцію виконують ГЕС та ГАЕС, потужність яких на даний час становить тільки 9 % при необхідних 15-20 %).

В умовах рівнинних річок можливості будівництва великих ГЕС в Україні практично вичерпані, тому подальший розвиток гідроенергетики пов'язаний саме з модернізацією існуючих ГЕС та спорудженням ГАЕС.

Значна частина основного обладнання електричних станцій та підстанцій України відпрацювала встановлений стандартами термін їх роботи. 96 % обладнання ТЕС відпрацювало свій проектний ресурс, 73 % - перевищило граничний. Майже всі АЕС України повністю відпрацюють свій розрахунковий ресурс до 2026 року.

Тільки на основі сучасного енергообладнання електроенергетику України можна вивести на світовий рівень, який би забезпечив високу ефективність, надійність (reliability) та безпеку функціонування при екологічній сприйнятості всього ПЕК України, а також інтеграцію ОЕС України з енергосистемами країн сходу і заходу.

Дані методичні вказівки призначені для самостійного вивчення дисципліни «Електричні установки і системи електропостачання».

## **МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

**Метою вивчення дисципліни** «Електричні установки і системи електропостачання» є засвоєння необхідного обсягу теоретичних знань та придбання творчих інженерних навиків рішення задач вибору та розрахунку заземлювальних пристроїв, розрахунку пристроїв релейного захисту.

**Завдання дисципліни** – вивчення сучасних вимог та технічних рішень щодо розрахунку заземлювальних пристроїв, пристроїв релейного захисту.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ЗАЗЕМЛЕННЯ ТА ЗАХИСНІ ЗАХОДИ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ (ЗМ1)**

### **ТЕМА 1. ЗАЗЕМЛЕННЯ І ЗАЗЕМЛЮЮЧІ ПРИСТРОЇ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

Робоче заземлення. Принцип дії захисного заземлення.

Типи заземлюючих пристроїв.

Література: [1–5]

Питання для самоперевірки

1. Робоче заземлення.
2. Принцип дії захисного заземлення.
3. Типи заземлюючих пристроїв.

### **ТЕМА 2. ВИМОГИ ТА ВИДИ ЗАЗЕМЛЕННЯ І ЗАЗЕМЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ**

Види заземлення. Принцип дії та область застосування захисного заземлення. Вимоги до заземлюючих пристроїв. Тип заземлення системи

Література: [1–5]

Питання для самоперевірки

1. Види заземлення.
2. Призначення захисного заземлення та область застосування захисного заземлення.

### **ТЕМА 3. КОНСТРУКТИВНЕ ВИКОНАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ЗАГАЛЬНИХ ЗАЗЕМЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ**

Види і типи заземлювачів. Улаштування заземлювачів. Вихідні умови розрахунку заземлюючих пристроїв. Розрахунок заземлюючих пристроїв.

Література: [1 – 5]

Питання для самоперевірки

1. Глибина забивання заземлювачів.
2. Формула визначення опору вертикальних заземлювачів.
3. Криві для визначення коефіцієнта використання заземлювачів.
4. Визначення кількості вертикальних заземлювачів.
5. Визначення розрахункового значення питомого опору ґрунту  $\rho$  для вертикального і горизонтального заземлювачів розташованих нижче рівня землі.



## **ТЕМА 4. ОСОБЛИВОСТІ ЗАЗЕМЛЕННЯ У ЧОТИРИПРОВІДНІЙ МЕРЕЖІ НАПРУГОЮ 380/220 В. ЗАХИСТ ВІД ПОЯВИ НА НЕСТРУМОПРОВІДНИХ ЧАСТИНАХ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ**

Умови створення заземлення в мережах низької напруги. Цілі створення повторного заземлення нульового провода. Загальний опір всіх повторних заземлень. Улаштування повторних заземлень. Призначення занулення. Захисна дія заземлення і занулення. Систем заземлення і занулення в електроустановках напругою до 1000 В.

Література: [1 – 5]

### **Питання для самоперевірки**

1. Призначення занулення та нульового провідника.
2. Заходи для зменшення потенціалу та підвищення надійності захисного заземлення.
3. Розрахунок заземлюючих пристроїв в установках до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю
4. Заземлення електроприладів і апаратів.
5. Заземлення корпусу переносних електроприладів.
6. Відмінність захисної дії занулення і заземлення.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ (ЗМ2)**

### **ТЕМА 5. МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМОВИЙ ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИКА В МЕРЕЖАХ 110-35/10 КВ. СТРУМОВА ВІДСІЧКА.**

Визначення максимального струмового захисту (МСЗ) і структурна схема. Приклад вибору витримки часу. Приклад

виконання МСЗ. Робота схеми МСЗ. Розрахунок параметрів максимального струмового захисту.

Література: [1 – 5]

Питання для самоперевірки

1. На чому заснований принцип дії максимального струмового захисту?
2. Структурна схема максимального струмового захисту.
3. Вибір витримки часу.
4. Ступінь селективності та вимоги до селективності.
5. Схема максимального струмового захисту.
6. Представлення роботи максимального струмового захисту з використанням елементів логіки.
7. Розрахунок параметрів максимального струмового захисту.
8. Принцип дії струмового відсічки.

## **ТЕМА 6. МАКСИМАЛЬНИЙ НАПРАВЛЕНИЙ ЗАХИСТ ЗАМКНУТИХ ЛІНІЙ 10 КВ, ЛІНІЙ ВЗАЄМНОГО РЕЗЕРВУВАННЯ.**

Принцип дії захисту. Схеми максимальних направлених захистів. Вибір струму спрацювання. Вибір витримок часу. Оцінка чутливості. Схеми максимальних направлених захистів.

Література: [1 – 5]

Питання для самоперевірки

1. Принцип дії максимального струмового направленої захисту?
2. Що означає термін «максимальний струмовий направлений захист»?
3. Структурні схеми максимального струмового захисту.

4. Алгоритм роботи максимальних струмових направлених захистів.

5. Що таке ступінь селективності та вимоги до селективності.

6. Схеми максимального струмового направленого захисту.

7. Основні складові частини МСНЗ

8. Розрахунок параметрів максимального струмового направленого захисту.

9. Від якого параметру відбудовується струмовий направлений захист?

## **ТЕМА 7. ЗАХИСТ ТРАНСФОРМАТОРІВ**

Режими для виконання захистів трансформаторів. Функції захисту трансформаторів та автотрансформаторів. Вибір типу захисту. Захист від внутрішніх пошкоджень. Струмова відсічка. Диференціальний захист. Причини появи похибок при диференціальному захисті. Диференціальне реле струму типу РСТ 15, ДЗТ 21. Захист трансформаторів на реле типу RET 316. Газовий захист.

Література: [1 – 5]

### **Питання для самоперевірки**

1. Режими, які враховуються при виконанні захистів трансформаторів і автотрансформаторів.

2. Типи релейного захисту для захисту трансформаторів від пошкоджень і ненормальних режимів.

3. Захист від внутрішніх пошкоджень.

4. Струмова відсічка та диференціальний захист.

5. Цифровий захист трансформаторів на реле типу RET 316 та газовий захист

## **ТЕМА 8. ЗАХИСТ ЛІНІЙ НАПРУГОЮ 0,38-0,22 КВ ВІД КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ТА ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ**

Захисти за принципом дії. Захисти, засновані на застосуванні плавких запобіжників. Захисти, засновані на застосуванні автоматичних вимикачів. Захисти, що реагують на струм, що протікає по нульовому про-воді ПЛ. Захисти, що реагують на різні види диференційних струмів ПЛ. Захист, що реагує на тривалість кидків струмів нульової послідовності. Частотно-імпульсний захист. Струмовий фазопорівнюючий захист від однофазних замикань на землю і обриву проводів електричних мереж 380 В, виконаних ПЛ.

Література: [1 – 5]

### **Питання для самоперевірки**

1. Захисти повітряних ліній напругою 380 В від однофазних к. з. за принципом дії.
2. Захисти, засновані на застосуванні плавких запобіжників.
3. Захисти, засновані на застосуванні автоматичних вимикачів.
4. Коефіцієнт чутливості теплового розчіплювача.
5. Захисти, що реагують на струм, що протікає по нульовому проводі ПЛ
6. Захисти, що реагують на різні види диференційних струмів повітряної лінії
7. Функціональна блок-схема захисту типу ЗТИ-0,4.
8. Захисти, що реагують на перехідні і усталені процеси, що протікають в електричній мережі при виникненні однофазних коротких замикань.

## **ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

1. Козлов В. Д. Електрична частина станцій та підстанцій аеропортів : підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова.– К. : НАУ, 2018. – 312 с.

2. Рожова Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.Д. Рожкова, Л. К. Карнеев, Т. В. Чирков. - 10-е изд . стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 448 с.

3. Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов / В. А. Андреев. – 4-е изд. Перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 2006. – 639 с.: ил.

4. Кадомская К. П. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них : учебник / К. П. Кадомская, Ю. А. Лавров, А. А. Рей-хердт. — Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006. — 368 с. : ил. — (Учебники НГТУ).

5. Козирський В. В. Електропостачання агропромислового комплексу / В. В. Козирський, В. В. Каплун, С. М. Волошин – К.: Аграрна освіта, 2011- 448 с.

Навчальне видання

# ЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ І СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки  
для самостійного вивчення дисципліни

Автори-укладачі:  
**САВЧЕНКО** Олександр Анатолійович

Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman Папір для цифрового  
друку. Друк ризографічний. Ум. друк. арк. 0,6. Наклад 100 пр.  
Державний біотехнологічний університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44







