



українська інженерно-педагогічна академія

**факультет енергетики, енергозберігаючих технологій і автоматизації
енергетичних процесів**

кафедра фізики, електротехніки та електроенергетики

Системи заземлення та блисківкозахисту

(силабус курсу)

Харків 2020

Кафедра	Кафедра фізики електротехніки та електроенергетики Department of <u>Physics, electrical engineering and power engineering</u> http://peeuepa.mozello.com/
Назва навчальної дисципліни	Системи заземлення та блискавозахисту Grounding system and lightning protection Навчальна дисципліна ведеться українською мовою
Рівень вищої освіти	Бакалавр
Викладач (-і)	1. к.п.н., доц. Павло Васюченко (лекційні, практичні та лабораторні заняття) http://peeuepa.mozello.com/sklad-kafedri/vasyuchenko-pv/ контактний телефон: +38-057-733-79-34, +38-050-879-42-32; електронна пошта: pvasyuchenko@gmail.com 2. ст. викладач Ігор Кирисов (практичні та лабораторні заняття) http://peeuepa.mozello.com/sklad-kafedri/kirisov-g/ контактний телефон: +38-057-733-79-34, +38-050-543-04-75; електронна пошта: kirisovuipa1980@gmail.com
Сторінка дисципліни в системі дистанційної освіти УІПА	http://do.uipa.edu.ua/ в стані розробки та наповнення
Консультації	Зазначається формат, розклад і місце проведення консультацій Очні консультації: Павло Васюченко, вівторок, четверг 13 ⁰⁰ -15 ⁰⁰ , ауд. 110/1 Он лайн- консультації: Усі запитання можна надсилати на електронну пошту Павла Васюченка та Ігоря Кирисова вказану в цьому силабусі.

1. Коротка анотація до курсу

Особливості побудови електричних мереж залежить від багатьох техніко-економічних факторів. Досить суттєвим є фактор системи заземлення нейтралі, з урахуванням вимог по надійності, економічності та безпечності роботи. В навчальному курсі «Системи заземлення та блискавкозахисту» розглядаються особливості побудови та роботи різних варіантів систем заземлення. Курс торкається питань впливу внутрішніх та зовнішніх перенапруг на ізоляцію електричних мереж. Відповідно до програми курсу викладено теорію та практичні рекомендації з побудови систем заземлення електричних мереж та формування ефективних систем блискавкозахисту від зовнішніх перенапруг. Навчальний курс «Системи заземлення та блискавкозахисту» є одним із базових курсів в системі підготовки фахівців в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Оволодіння матеріалом курсу дозволить:

- мати здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з надійною та ефективною роботою електричних мереж
- знати принципи роботи систем заземлення, ізоляційних конструкцій електрообладнання та уміти використовувати отримані знання для вирішення практичних проблем у професійній діяльності при проектуванні, побудові та експлуатації електричних мереж
- мати здатність здійснювати аналіз електромеханічних процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, формуванні електромагнітних полів у відповідних комплексах і системах, особливостях роботи мереж при різних системах заземлення нейтралі
- мати здатність обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем та процесів із заданими показниками
- уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем
- мати здатність формувати ефективні програми захисту електрообладнання електричних мереж від зовнішніх перенапруг.

2. Мета та завдання курсу

Мета – формування знань в галузі систем заземлення нейтралі електричних мереж, характеристики перенапруг в електричних мережах та захисту від них.

Завдання курсу:

- сформувати у здобувача вищої освіти знання з режимів заземлення нейтралі в електричних мережах;
- сформувати у здобувача вищої освіти знання з характеристики режимів заземлення нейтралі в електричних мережах;
- сформувати у здобувача вищої освіти знання з особливостей мереж з глухим заземленням нейтралі;
- сформувати у здобувача вищої освіти знання з особливостей мереж з ізольованною нейтраллю;
- сформувати у здобувача вищої освіти знання з характеристики перенапруг в електричних мережах;
- сформувати у здобувача вищої освіти знання зі шляхів захисту електричних мереж від перенапруг;
- сформувати у здобувача вищої освіти вміння обґрунтовувати доцільність застосування режиму заземлення нейтралі;
- сформувати у здобувача вищої освіти вміння давати характеристику режимів заземлення нейтралі в електричних мережах;
- сформувати у здобувача вищої освіти вміння аналізувати особливості мереж з глухим заземленням нейтралі;
- сформувати у здобувача вищої освіти вміння аналізувати особливості мереж з ізольованною нейтраллю;
- сформувати у здобувача вищої освіти вміння давати характеристику перенапруг в електричних мережах;
- сформувати у здобувача вищої освіти вміння застосовувати та розраховувати шляхи захисту електричних мереж від перенапруг.

3. Формат навчальної дисципліни

Змішаний (blended) (очний з підтримкою навчального процесу ресурсами дистанційної освіти).

4. Результати навчання

Очікувані результати навчання (ПР)	Складові результатів навчання
Знати і розуміти принципи побудови електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.	- знати особливості конструкції та принципи роботи систем заземлення та блискавкозахисту; - розуміти фізичні процеси, які відбуваються при роботі систем заземлення та блискавкозахисту; - уміти використовувати знання з принципу дії систем заземлення та блискавкозахисту у професійній діяльності; - уміти здійснювати вибір, та подальшу експлуатацію систем заземлення та блискавкозахисту у професійній діяльності в умовах виробництва; уміти моделювати процеси в електричних мережах, в тому числі з використанням систем автоматизованого проектування та розрахунків (САПР).
Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах заземлення та блискавкозахисту	- уміти аналізувати системи заземлення та блискавкозахисту електричних мереж; - уміти аналізувати позаштатні режими роботи систем заземлення та блискавкозахисту електричних мереж ; - уміти, на підставі аналізу робочих та позаштатних режимів роботи систем заземлення та блискавкозахисту електричних мереж , приймати обґрунтовані рішення та здійснювати відповідні дії професійного характеру; - знати характерні діагностичні ознаки нормальних та позаштатних режимів роботи систем заземлення та блискавкозахисту електричних мереж, вміти проводити відповідні аналітичні дослідження; - уміти моделювати процеси в системах заземлення та блискавкозахисту електричних мереж в тому числі з використанням систем автоматизованого проектування та розрахунків (САПР).

Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування систем заземлення та блискавкозахисту електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.	- знати показники енергетичної ефективності роботи систем заземлення та блискавкозахисту; - уміти проектувати та налагоджувати відповідні енергоефективні режими систем заземлення та блискавкозахисту; - уміти проводити поточну оцінку енергоефективності роботи систем заземлення та блискавкозахисту в нормальних та позаштатних режимах роботи.
---	--

5. Обсяг курсу

Види навчальних занять	Кількість годин (кредитів)	Форми поточного та підсумкового контролю
Лекції	28	Опитування, тематичні тестові контрольні роботи
Практичні заняття	12	Результати виконання практичних розрахункових завдань
Лабораторні заняття	20	Захист результатів лабораторних досліджень
Самостійна робота	120	Розрахунково-графічна робота
Всього	180 (6 кредитів)	Підсумковий контроль: Екзамен.

6. Ознаки навчальної дисципліни:

Навчальний рік	Курс (рік навчання)	Семестр	Спеціальність (спеціалізація), освітня програма (за необхідністю)	Нормативна/вибіркова
2020/2021	4	8 (весна)	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	(В)

7. Пререквізити–засвоєння навчального матеріалу таких дисциплін:

- Вища математика
- Фізика

- Електротехніка, вимірювання та метрологічне забезпечення
- Перетворювальна техніка енергетичних систем
- Системи перетворення електроенергії
- Техніка високих напруг
- Електричні системи і мережі та оперативна діяльність

8. Постреквізити – результати навчання в подальшому використовуються у засвоєнні таких дисциплін як:

- Електрична частина станцій і підстанцій
- Монтаж, ремонт і діагностика електрообладнання
- Автоматизація енергосистем та автоматизований електропривод
- Електропостачання
- Експлуатація та подовження ресурсу електрообладнання
- Релейний захист та автоматизація енергосистем
- Перехідні процеси в енергосистемах
- Розрахунок параметрів перехідних процесів енергосистем

9. Технічне й програмне забезпечення та/або обладнання – лабораторне обладнання лабораторії техніки та електрофізики високих напруг 11/1, лабораторні стенди «Вимірювання високої напруги» «Дослідження пробівних напруг повітряного проміжка» «Дослідження діелектричної міцності високовольтної ізоляції, «Генератор імпульсних напруг», прикладне програмне забезпечення з розрахунку та проектуванню електромагнітних полів, захисту електричних мереж від перенапруг, побудови електричних мереж.

10. Політики курсу

Політика курсу будується на засадах академічної доброчесності

<https://mon.gov.ua/storage/app/media/npa/5a1fe9d9b7112.pdf>

<https://drive.google.com/file/d/1fyh2uMJczxJ8shq9LYB9Rhs2TFsbT9bF/view>

та у відповідності зі основними напрямками стратегії розвитку академії

<http://www.uipa.edu.ua/ua/general-information/strategiia-rozvytku-uipa>

Курс «Системи заземлення та блискавкозахисту» викладається на засадах методу наукового пізнання, що обумовлює отримання даних за допомогою спостережень і експериментів. Для пояснення спостережуваних фактів

висуваються гіпотези і будуються теорії, на підставі яких в свою чергу будується модель досліджуваного об'єкта. Важливою стороною наукового методу, є вимога об'єктивності, який виключає суб'єктивне тлумачення результатів.

Тому в процесі вивчення курсу обов'язково засвоєння всього обсягу навчального матеріалу, розуміння причинно-наслідкових зав'язків та відпрацювання лабораторного практикуму.

11. Календарно-тематичний план (схема) навчальної дисципліни

№ тижня	Вид і номер занять	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	К-ть годин
Змістовий модуль № 1.			
1	Лекція 1	Режими заземлення нейтралі в електричних мережах	2
	Лекція 2	Мережі з глухим заземленням нейтралі.	2
	Практичне заняття 1	Розрахунок та проектування системи заземлення	2
	Практичне заняття 2	Розрахунок та проектування системи заземлення	2
	Самостійна робота 1	Доповнити конспект лекцій. Виконання завдання РГР	15
2	Лекція 3	Мережі з ізольованною нейтраллю	2
	Практичне заняття 3	Розрахунок та проектування системи заземлення	
	Практичне заняття 4	Розрахунок та проектування системи заземлення	2
	Лекція 4	Віди заземлення та їх характеристики. Грозозахисне заземлення. Стационарний та імпульсний опір заземлення. Іскровий ефект. Коефіцієнт використання заземлювача. Заземлюючі контури підстанцій та пром підприємств.	2
	Практичне заняття 5	Розрахунок та проектування системи заземлення	2
	Лабораторна робота 1	Дослідження режимів роботи нейтралей електричних мереж	4

	Самостійна робота 2	Доповнити конспект лекцій. Виконання завдання РГР	15
Всього за змістовий модуль 1 – 52 год. (лекцій – 8 год., ПЗ – 10 год., ЛР – 4 год., СР – 30 год.)			
Змістовий модуль № 2.			
3	Лекція 5	Характеристика перенапруг в електричних мережах	2
	Практичне заняття 6	Розрахунок впливу внутрішніх та зовнішніх перенапруг на роботу електричної мережі	2
	Лабораторна робота 2	Дослідження роботи системи блискавкозахисту одиночним стиржньовим блискавковідводом	4
	Лекція 6	Захист електричних мереж від перенапруг	2
	Практичне заняття 7	Обґрунтування обмежуючих заходів, щодо зниження негативного впливу перенапруг на роботу електричної мережі	2
	Практичне заняття 8	Розрахунок блискавкозахисту	2
	Самостійна робота 3	Доповнити конспект лекцій. Виконання завдання РГР	15
4	Лекція 7	Ефективність захисту електрообладнання блискавковідводами.	2
	Практичне заняття 9	Розрахунок блискавкозахисту	
	Лекція 8	Грозозахист повітряних ліній електропередач і підстанція	2
	Практичне заняття 10	Розрахунок блискавкозахисту	2
	Лабораторна робота 3	Дослідження роботи системи блискавкозахисту декількома стиржньовими блискавковідводами	4
	Самостійна робота 4	Доповнити конспект лекцій. Виконання завдання РГР	15
Всього за змістовий модуль 2 – 56 год. (лекцій – 8 год., ПЗ – 10 год., ЛР – 8 год., СР – 30 год.)			
Змістовий модуль № 3.			
5	Лекція 9	Захист електричних від негативного впливу атмосферних перенапруг	2

	Лекція 10	Стрижневі, тросові та активні блискавковідводи. Методи розрахунку зони захисту.	2
	Лабораторна робота 4	Дослідження роботи системи блискавкозахисту тросовим блискавковідводом	4
	Самостійна робота 5	Доповнити конспект лекцій. Виконання завдання РГР	15
6	Лекція 11	Грозоупорність об'єктів. Негативні фактори грозового розряду. Характеристики грозової діяльності	2
	Самостійна робота 6	Доповнити конспект лекцій. Виконання завдання РГР	15
Всього за змістовий модуль 3 – 50 год. (лекцій – 6 год., ЛР – 4 год., СР – 30 год.)			
Змістовий модуль № 4.			
7	Лекція 12	Захист від прямих ударів блискавки	2
	Лекція 13	Зона захисту стрижневого блискавковідводу Зона захисту тросового блискавковідводу	2
	Самостійна робота 7	Доповнити конспект лекцій. Виконання завдання РГР	15
8	Лекція 14	Хвильові процеси в лініях	
	Самостійна робота 8	Доповнити конспект лекцій. Виконання завдання РГР	15
Всього за змістовий модуль 4 – 46 год. (лекцій – 6 год., СР – 30 год.)			
Всього з навчальної дисципліни 1 – 180 год. (лекцій – 28 год., ПЗ – 20 год., ЛР – 12 год., СР – 120 год.)			

12. Система оцінювання та вимоги

Загальна система оцінювання: Навчальна дисципліна оцінюється за 100-бальною шкалою. Робота здобувача впродовж семестру/екзамен (іспит) - 73/27

Шкала оцінювання з навчальної дисципліни

№	Види робіт здобувача	Оцінка
1.	Робота на лекціях (конспект лекцій)	0-15
2.	Робота на ПЗ	0-15
3.	Захист лабораторних робіт	0-15
4.	Виконання РГР	0-15
5.	Самостійна робота. Доповнення конспекту лекцій	0-13
6.	Екзамен	0-27
	Всього за навчальну дисципліну	0-100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Підсумкова оцінка	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою (екзамен)	Оцінка за національною шкалою (залік)
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82–89	B	добре	
74–81	C		
64–73	D	задовільно	
60–63	E		
35–59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	незараховано
0–34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	

Умови допуску до підсумкового контролю:

- 1) Відпрацювання усіх лабораторних робіт;
- 2) Оцінка за розрахунково-графічну роботу не менше, ніж 10 балів з 15 можливих.
- 3) Робота здобувача впродовж семестру оцінено не менше, ніж на 33 балів.

13. Питання та завдання до екзамену

1. Дайте визначення та поясніть принцип роботи електричної мережі з глухозаземленою нейтраллю. Особливості побудови, роботи.
2. Дайте визначення та поясніть принцип роботи електричної мережі з ізольованою нейтраллю. Особливості побудови, роботи.
3. Поясніть як враховується неоднорідність ґрунту й опору елементів заземлюючого пристрою?
4. Наведіть схему виконання систем заземлення електроустановок TN-S, перелічте особливості побудови, переваги та недоліки.
5. Наведіть схему виконання систем заземлення електроустановок TN-C, перелічте особливості побудови, переваги та недоліки.
6. Наведіть схему виконання систем заземлення електроустановок TN-C-S, перелічте особливості побудови, переваги та недоліки.
7. Наведіть схему виконання систем заземлення електроустановок TT, перелічте особливості побудови, переваги та недоліки.
8. Наведіть схему виконання систем заземлення електроустановок IT, перелічте особливості побудови, переваги та недоліки.
9. Що називається захисним заземленням?
10. Які вимоги пред'являються до захисного заземлення?
11. В яких електричних мережах застосовується захисне заземлення?
12. Які види заземлень використовуються в електроустановках?
13. Що називається заземлюючим пристроєм?
14. Які методи вимірювання опору заземлюючого пристрою?
15. Якими приладами можна виміряти опір заземлюючого пристрою?

16. Які частини обладнання підлягають захисному заземленню?
17. Яка класифікація систем електропостачання щодо заходів електробезпеки?
18. Які нормативні опору заземлюючих пристроїв в електроустановках до 1 кВ?
19. Які нормативні опору заземлюючих пристроїв в електроустановках вище 1 кВ?
20. Дайте класифікацію перенапруг і їх кратності.
21. У чому принципова відмінність зовнішніх перенапруг від внутрішніх?
22. Чому грозові перенапруги найбільш небезпечні для мереж середніх класів напруг, а комутаційні – для мереж вищих класів напруг?
23. Поясніть принцип грозозахисту ЛЕП і підстанцій.
24. Дайте графічне представлення зони захисту двох стрижневих блискавковідводів.
25. Наведіть графічне представлення зони захисту одного стрижневого блискавковідвода.
26. Наведіть графічне представлення зони захисту трьох стрижневих блискавковідводів.
27. Наведіть графічне представлення зони захисту тросового блискавковідвода.
28. Поясніть принцип захисту підстанцій від набігаючих хвиль з ЛЕП.
29. Поясніть у чому полягає принцип захисту ЛЕП тросовим блискавковідводом.

Основна (базова) література

1. Оллендорф Ф. Токи в земле. Теория заземлений/ Ф. Оллендорф. – М.–Л. Гостехиздат, 1932.-215 с.
2. Правила улаштування електроустановок. Глава 1.7 Заземлення і захисні заходи електробезпеки.-К.: ОЕП «ГРІФЕ».-71 с.
3. Бургсдорф В.В. Заземляющие устройства электроустановок/ В.В. Бургсдорф, А.И. Яковс.– М.: Энергоатомиздат, 1987.
4. Техника высоких напряжений: Учебное пособие для вузов. И.М.Богатенков, Г.М.Иманов, В.Е.Кизеветтер и др.; Под ред. Г.С.Кучинского. – СПб: изд. ПЭИПК, 1998. – 700 с.
5. Егоров В.В. Техника высоких напряжений. Перенапряжения в устройствах электрической тяги. Профилактические испытания изоляции: Учебное пособие для вузов ж-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2004. – 188 с.
6. Степанчук К.Ф.,Тиняков Н.А. Техника высоких напряжений. Минск: Высш.школа, 1982. – 367 с.
7. Разевиг Д.В. Техника высоких напряжений. М.: Энергия, 1976. – 488 с.

8. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 2003.
9. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 2002.
10. Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения: Пер. с нем. /Бейер М., Бек В., Меллер К., Цаенгль В. М: Энергоатомиздат, 1989. – 554 с.
11. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М: изд-во МЭИ, 2004. – 29 с.

Додаткова (допоміжна) література

1. Коструба С.И. Измерение электрических параметров земли и заземляющих устройств/ С.И. Коструба.– М.: Энергия, 1972.
2. Бургсдорф В.В. Заземляющие устройства электроустановок/ В.В. Бургсдорф, А.И. Якобс.– М.: Энергоатомиздат, 1987.
3. Ослон А.Б. Некоторые вопросы теории заземлений/ А.Б. Ослон.– М.: КМК, 2003.- 74 с.
4. Правила устройства электроустановок: ПУЭ-85.-6-е изд. перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 1986.- 648 с.
5. Правила устройства электроустановок – ПУЭ. Разделы 6, 7.-7-е изд.- М.: Изд-во НЦ ЕНАС, 1999.-80 с.
6. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.- К.: Укрархбудінформ, 2001.- 117 с.
7. Правила улаштування електроустановок. Розділ 6. Електричне освітлення.-К.: ОЕП «ГРІФЕ».-41 с.
8. Правила улаштування електроустановок. Глава 2.4 Повітряні лінії електропередавання напругою до 1 кВ// Розділ 2 Передавання електроенергії.-К.: ОЕП «ГРІФЕ». С. 1-25.
9. ДБН В.2.5-23-2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.- К.: Держбуд України, 2004.-131 с.
10. ДБН В.2.5-27-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.-К.: Мінбуд України, 2006.- 153 с.
11. Долин П.А. Справочник по технике безопасности/ П.А. Долин.- 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 824 с.
12. Никольский О.К. Защитное отключение в электроустановках зданий.- Нормы с комментариями/ О.К. Никольский, А.А. Сошников, Н.В. Цугленок.- Барнаул, 2001.- 71 с.
13. ДБН В.2.5-27-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.- к.: Мінбуд України, 2006.- 153 с.

14. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.- К.: Укрархбудінформ, 2001.- 117 с.
15. Правила улаштування електроустановок. Глава 1.7 Заземлення і захисні заходи електробезпеки.-К.: ОЕП «ГРІФЕ».-71 с.
16. ДБН В.2.5-23-2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.- К.: Держбуд України, 2004.-131 с.

Інформаційні ресурси

<http://do.uipa.edu.ua>

Зміст силабусу відповідає робочій програмі навчальної дисципліни.

Завідувач кафедри _____ Артем Чернюк