

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

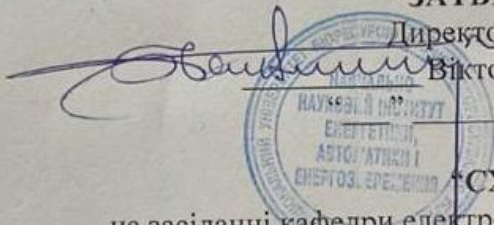
Кафедра електропостачання ім. проф. В. М. Синькова.

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ ЕАіЕ

Віктор КАПЛУН

2023р.



“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри електропостачання  
ім. проф. В. М. Синькова

Протокол № 12 від “14” червня 2023р.

Завідувач кафедри

Олександр ГАЙ

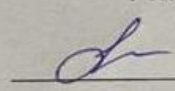


”РОЗГЛЯНУТО”

Гарант ОП кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри електричних машин  
і експлуатації електрообладнання

Гарант ОП

Олександр СИНЯВСЬКИЙ



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ТЕХНІКА ВИСОКИХ НАПРУГ

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
освітня програма Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: к.т.н., доц. Гай Олександр Валентинович

Київ – 2023 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Кафедра електропостачання ім. проф. В. М. Синькова.**

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Директор ННІ ЕАіЕ

Віктор КАПЛУН

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023р.

**“СХВАЛЕНО”**

на засіданні кафедри електропостачання

ім. проф. В. М. Синькова

Протокол № 12 від “14” червня 2023р.

Завідувач кафедри

Олександр ГАЙ

**”РОЗГЛЯНУТО ”**

Гарант ОП кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри електричних машин

і експлуатації електрообладнання

Гарант ОП

Олександр СИНЯВСЬКИЙ

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ТЕХНІКА ВИСОКИХ НАПРУГ**

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка \_

освітня програма Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка \_\_\_\_\_

**ННІ** \_\_\_\_\_ енергетики, автоматики і енергозбереження \_\_\_\_\_.

**Розробник:** к.т.н., доц. Гай Олександр Валентинович \_\_\_\_\_.

Київ – 2023 р.

## Опис навчальної дисципліни

### “ТЕХНІКА ВИСОКИХ НАПРУГ” для студентів (назва)

<b>Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень</b>		
Галузь знань	14 - Електрична інженерія (шифр і назва)	
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)	
Ступінь вищої освіти	<u>Бакалавр</u> (бакалавр, спеціаліст, магістр)	
<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>		
Вид	Нормативна (вибіркова)	
Загальна кількість годин	<u>120</u>	
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>	
Кількість змістових модулів	<u>2</u>	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)	<u>21</u> <b><u>ТЕХНІКА ВИСОКИХ НАПРУГ</u></b> (назва)	
Форма контролю	Екзамен	
<b>Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання</b>		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	<u>2023-2024</u>	<u>          </u>
Семестр	<u>7</u>	<u>          </u>
Лекційні заняття	<u>30</u> год.	<u>          </u> год.
Практичні, семінарські заняття	<u>          </u> год.	<u>          </u> год.
Лабораторні заняття	<u>30</u> год.	<u>          </u> год.
Самостійна робота	<u>60</u> год.	<u>          </u> год.
Індивідуальні завдання	<u>          </u> год.	<u>          </u> год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		
аудиторних	<u>4</u> год.	
самостійної роботи студента –	<u>4</u> год.	

## **2. Мета, завдання та компетенції навчальної дисципліни**

**2.1. Мета** - Дисципліна «Техніка високих напруг» є важливою профільюючою дисципліною освітньо-професійної програми "Бакалавр" за напрямом підготовки – «Електротехніка та електротехнології».

Мета полягає в формуванні системи знань з основ теорії електрофізичних процесів, що відбуваються в ізоляційних конструкціях при дії на них сильних електричних полів, засад побудови ізоляційних конструкцій що придатні ефективно протидіяти негативному впливу грозових і комутаційних перенапруг, з координації і методів профілактичного контролю ізоляції різних типів енергетичного обладнання.

**Основні завдання дисципліни:** засвоїти взаємозв'язок між електричними властивостями основних видів ізоляції, рівнями перенапруг, що впливають на неї, і характеристиками захисної апаратури; вивчити електрофізичні процеси в ізоляційних конструкціях при експлуатації та методи контролю стану ізоляції; навчитися оцінювати електричну міцність ізоляційних конструкцій; ознайомитися з сучасними засобами блискавкозахисту та боротьби з перенапругами у високовольтних електромережах.

**2.2. Задачі вивчення дисципліни передбачають засвоєння студентами матеріалу про:**

- основні типи електричних розрядів у вакуумі, газоподібних, рідких та твердих діелектриках;

- вплив величини і характеру високих напруг на зовнішню і внутрішню ізоляцію;

- основні види перенапруг, які впливають на електрообладнання, а також методи захисту від них;

- основні типи високовольтних випробувальних установок, методи випробувань та вимірювань;

- основні положення техніки безпеки при роботах, пов'язаних з високими напругами

**2.3. Вимоги до знань та вмінь, набутих в процесі вивчення дисципліни**

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні вміти:

розраховувати електричну міцність ізоляційних конструкцій при різних видах діючих напруг у стаціонарному та імпульсному режимах;

- аналізувати причини і ймовірні наслідки перенапруг;

- розробляти заходи захисту для високовольтної ізоляції та забезпечувати координацію ізоляції;

- проводити високовольтні випробування та вимірювання.

про схеми і габарити сучасних ліній електропостачання, електрообладнання, ізоляційних конструкцій високої напруги;

- про основні питання експлуатації і профілактики високовольтного електроустаткування;

- про основні проблеми і тенденції розвитку теорії і практики в галузі техніки високих напруг.

**Набуття 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 електротехніки й електромеханіки і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.

**загальні компетентності (ЗК):**

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу. ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

**фахові (спеціальні) компетентності (СК):**

СК1. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР). СК2. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки. СК3. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг. СК4. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики. СК5. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

**програмні результати навчання (ПРН):**

ПРН01. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та вміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності. ПРН02. Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.

### **3.Програма та структура навчальної дисципліни**

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Електричні розряди в газах, твердих та рідких діелектриках**

Тема лекційного заняття 1.

Предмет курсу техніки високих напруг, його будова і місце в загальній системі електротехнічної підготовки інженера. Рух часток у вакуумі та газах. Елементарні процеси у вакуумі та газах.

Тема лекційного заняття 2.

Електронна лавина. Умова самостійного розряду у однорідному електричному полі. Вплив тиску газу на характер розвитку розряду. Закон подібності електричних розрядів. Умова самостійного розряду у неоднорідному електричному полі.

Тема лекційного заняття 3.

Виникнення і розвиток стримерів. Канал іскрового розряду у коротких проміжках. Лідерна форма розряду. Розряди при імпульсних напругах. Блискавка як особливий тип розряду

Тема лекційного заняття 4.

Розряд по поверхні твердого діелектрика у газі. Розряд по забрудненій та зволоженій поверхні діелектрика. Коронний розряд. Імпульсна корона.

Тема лекційного заняття 5.

Електричні розряди у рідких діелектриках. Іонна та катафоретична провідності. Провідність рідких діелектриків у сильних полях.

Тема лекційного заняття 6.

Поляризація діелектриків. Механізми пробою рідких діелектриків. Основні експериментальні закономірності пробою рідких діелектриків.

Тема лекційного заняття 7.

Іонна та електронна провідності твердих діелектриків. Механізми пробою твердих діелектриків. Основні експериментальні закономірності пробою твердих діелектриків. Ковзний розряд та розряд вздовж поверхні твердої ізоляції у рідкому діелектрику.

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.** Перенапруги в електричних мережах. Високовольтні ізоляційні конструкції. Випробування та вимірювання

Тема лекційного заняття 8.

Перенапруги в електричних мережах. Загальна характеристика грозових та внутрішніх перенапруг. Відключення ліній при ударах блискавки у фазні проводи, при ударах блискавки поблизу лінії, при зворотніх перекриттях з тросу на провід та з опори на провід.

Тема лекційного заняття 9.

Розрахунок потужності та вибір дизельної електростанції для електроживлення споживачів

Тема лекційного заняття 10.

Захист підстанцій від прямих ударів блискавки. Захист підстанцій від хвиль, які набігають на підстанцію з ліній електропередач.

Тема лекційного заняття 11.

Перенапруги внаслідок ємнісного ефекту ліній електропередач. Ферорезонансні перенапруги. Перенапруги при планових включеннях ліній та при відключенні ненавантажених ліній.

Тема лекційного заняття 12.

Високовольтні ізоляційні конструкції. Напруги, які діють на електроустаткування у процесі експлуатації. Координація ізоляції. Розрядні напруги повітряних проміжків, які характерні для ліній електропередач.

Тема лекційного заняття 13.

Високовольтні ізоляційні конструкції. . Ізолятори та ізоляційні конструкції відкритого розподільного пристрою (ВРП). Повітряні проміжки, які характерні для підстанцій з ВРП.

Тема лекційного заняття 14.

Високовольтні ізоляційні конструкції. Вибір зовнішньої ізоляції розподільного пристрою підстанції.

Тема лекційного заняття 15.

Структура ізоляції силових трансформаторів. Короткочасна та довгочасна електрична міцність маслобар'єрної ізоляції та ізоляції електричних машин, кабелів.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Електричні розряди в газах, твердих та рідких діелектриках												
Тема 1. Електричний розряд у вакуумі і газах	28	3		6		10						
Тема 2. Електричні розряди у твердих тілах та рідких діелектриках	28	3		6		10						
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>56</b>	<b>6</b>		<b>12</b>		<b>20</b>						
Змістовий модуль 2. Вибір та обґрунтування параметрів автономної електростанції (ВСЕУ, ДЕС).												
Тема 1 Перенапруги в електричних мережах	28	3		6		13						
Тема 2. Високовольтні ізоляційні конструкції	26	3		4		12						
Тема 3. Високовольтні випробувальні установки, випробування та вимірювання	30	2		6		12						
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>84</b>	<b>8</b>		<b>16</b>		<b>37</b>						
Усього годин	<b>120+21</b>	<b>30</b>		<b>30</b>		<b>60</b>						

#### 4. Теми семінарських занять

#### 5. Теми практичних занять



## 6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступне заняття. Техніка безпеки при проведенні лабораторних робіт по курсу “Техніка високих напруг”.	4
2	Дослідження пробивних напруг повітряних проміжків	6
3	Дослідження пробивних напруг по поверхні твердих діелектриків.	6
4	Дослідження пробивних напруг рідких діелектриків	8
5	Дослідження розподілу напруги по гірлянді ізоляторів	6
	Разом	30

## 7. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Приведіть класифікацію електричних полів у техніку високих напруг.	2
2.	Види іонізаційних процесів у газах.	2
3.	Види емісії.	2
4.	Дайте визначення лавини електронів.	2
5.	За яким законом відбувається ріст числа електронів у лавині.	2
6.	Запишіть умову самостійності розряду в газах.	2
7.	У результаті якого процесу відбувається утворення негативних іонів.	2
8.	Який електрон називається ефективним.	2
9.	Стріммер. Критерій лавинно-стрімерного переходу.	2
10.	Іскровий розряд. Чим визначається опір каналу іскрового розряду.	2
11.	Закон Пашена.	2
12.	Особливості розряду в неоднорідних полях.	2
13.	Лідерний розряд. Умова стрімерно-лідерного переходу.	2
14.	Блискавка як форма газового розряду. Стадії й основні параметри блискавки.	2
15.	Дуговий розряд. Особливості емісії в дугових розрядах.	2
16.	Умова виникнення коронного розряду. Види корони.	2
17.	Розрахунок втрат на корону.	2
18.	Розряд по поверхні діелектрика. Види поверхневого розряду.	2
19.	Фактори, що впливають на напругу запалювання поверхневого розряду.	2

20.	Дайте визначення пробою.	2
21.	Тимчасова структура розвитку розряду.	2
22.	Що являє собою вольт-секундна характеристика.	2
23.	У чому полягає ефект полярності.	2
24.	Особливості й переваги рідких діелектриків.	2
25.	Фактори, що впливають на розвиток іонізаційних процесів у рідких діелектриках.	2
26.	Механізми пробою рідких діелектриків.	2
27.	Вплив умов експлуатації на електричну міцність твердих діелектриків.	2
28.	Механізм електричного пробою твердих діелектриків.	2
29.	Механізм теплового пробою твердих діелектриків.	2
30.	Як відбувається процес електричного старіння твердих діелектриків.	2

### **8. Зразки контрольних питань, тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами**

1. У чому полягають особливості електричного розряду в неоднорідних полях і чим вони обумовлені?
2. Що означають поняття початкової напруги та напруги повного розряду?
3. У чому полягає фізична сутність умови самостійності розряду?
4. Чому електрична міцність електропозитивних і електронегативних газів різна? У якому випадку вона вище?
5. Чим пояснити різницю електричної міцності повітряних ізоляційних проміжків, утворених електродами різної форми?
6. Які існують механізми утворення вторинних електронів?
7. Пояснити результати (залежності), отримані в табл.1.2 на підставі розрахунків за формулами.
8. Пояснити результати (залежності), отримані в табл.1.3 на підставі розрахунків за формулами.
9. Як проявляється ефект полярності при змінній напрузі?
10. Які умови виникнення коронного розряду?
11. Поясніть механізм електричного розряду в умовах різко неоднорідного поля при впливі постійної напруги у разі, коли вістря має негативний потенціал. Намалюйте графік розподілу напруженості поля у цьому випадку.
12. Поясніть механізм електричного розряду в умовах різко неоднорідного поля при впливі постійної напруги у разі, коли вістря має позитивний потенціал. Намалюйте графік розподілу напруженості поля у цьому випадку.
13. Дайте обґрунтування рівня електричної міцності повітряного проміжку у разі впливу змінної напруги та різко неоднорідного поля.

14. Дайте пояснення впливу об'ємних зарядів на міцність повітряних проміжків у різко неоднорідному полі.
15. Намалуйте схему випробувальної установки та дайте пояснення щодо призначення кожного її елемента та їх взаємодії у процесі роботи.
16. За рахунок чого в схемі Латура подвоюється напруга?
17. Чи буде проявлятися ефект полярності між електродами площина–площина при прикладеній постійній напрузі?

### 9. Методи навчання

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – лабораторна робота.

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

### 10. Форми контролю

Оцінювання якості знань студентів, в умовах організації навчального процесу за кредитно-модульною системою здійснюється шляхом поточного, модульного, підсумкового (семестрового) контролю за 100-бальною шкалою оцінювання, за шкалою ECTS та національною шкалою оцінювання.

### 11. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль		Рейтинг з навчальної роботи $R_{НР}$	Рейтинг з додаткової роботи $R_{ДР}$	Рейтинг штрафний $R_{ШТР}$	Підсумков а атестація (екзамен чи залік)	Загальна кількість балів
Змістовий модуль 1-2	Змістовий модуль 3-4					
0-100	0-100	0-70	0-20	0-5	0-30	0-100

Розподіл балів, які отримують студенти. Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 27.12.2019 р. № 1371)

### ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ СТУДЕНТІВ

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна за результати складання екзаменів заліків	
	екзаменів	заліків
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни КдиС(до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи RHP(до 70 балів):  $R_{\text{дис}} = R_{\text{HP}} + R_{\text{AT}}$

## **12. Методичне забезпечення**

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Техніка високих напруг» для студентів напряму підготовки 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології ». К.: Видавничий центр НУБіП України, 2019. – 64 с.

## **13. Рекомендовані джерела інформації**

### **- Основна:**

1. Техніка і електрофізика високих напруг: Навч. посібник / за ред. В.О Бржезицького та В.М. Михайлова. – Харків: НТУ "ХПІ" – Торнадо, 2005 – 930 с.

2. Техніка високих напруг : [Навчальний посібник] / О.В. Гай, Б.І.Кулик. - К.: Видавничий центр НУБіП України, 2021. – 712 с.