

до наказу від _____ 2022 р. № _____

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

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

**"ЗАТВЕРДЖУЮ"**
Директор ННІ ЕАіЕ
Каплун В. В.
2022р.

"СХВАЛЕНО"
на засіданні кафедри електропостачання
ім. проф. В. М. Синькова
Протокол № 14 від "2" травня 2022р.
Завідувач кафедри
Козирський В.В.

"РОЗГЛЯНУТО"
Гарант ОП кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електричних машин
і експлуатації електрообладнання
Гарант ОП
Синявський О.Ю.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕХНІКА ВИСОКИХ НАПРУГ**

Галузь знань 14 - Електрична інженерія
Спеціальність 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка
(назва спеціалізації)
ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження
Розробник: к.т.н., доц. Гай Олександр Валентинович

Київ – 2022 р.

1. Опис навчальної дисципліни

“ТЕХНІКА ВИСОКИХ НАПРУГ” для студентів (назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Галузь знань	14 - Електрична інженерія (шифр і назва)	
Спеціальність	141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (шифр і назва)	
Ступінь вищої освіти	Бакалавр (бакалавр, спеціаліст, магістр)	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Нормативна (вибіркова)	
Загальна кількість годин	117	
Кількість кредитів ECTS	5	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)	18 <u>ТЕХНІКА ВИСОКИХ НАПРУГ</u> (назва)	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	2022-2023	_____
Семестр	8	_____
Лекційні заняття	14 год.	_____ год.
Практичні, семінарські заняття	_____ год.	_____ год.
Лабораторні заняття	28 год.	_____ год.
Самостійна робота	60 год.	_____ год.
Індивідуальні завдання	_____ год.	_____ год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних самостійної роботи студента –	4 год. 6 год.	

2. Мета, завдання та компетенції навчальної дисципліни

2.1. Мета - Дисципліна «Техніка високих напруг» є важливою профілюючою 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:

загальні компетентності (ЗК):

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу. K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. K03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. K05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. K06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. K07. Здатність працювати в команді. K08. Здатність працювати автономно. K09. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні. K10. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

фахові (спеціальні) компетентності (ФК):

K11. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР). K12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки. K13. 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. K14. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного

захисту та автоматики. K15. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу. K16. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії. K17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання. K18. Здатність виконувати професійні обов'язки із дотриманням вимог правил техніки безпеки, охорони праці, виробничої санітарії та охорони навколишнього середовища. K19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування. K20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. K21. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

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 провод та з опори на провод.

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						
Разом за змістовим модулем 1	56	6		12		20						
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						
Разом за змістовим модулем 2	84	8	16	37						
Усього годин	99+18	14	28	57						

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”.	2
2	Дослідження про-бивних напруг по-вітряних 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	28

7. Контрольні питання, комплекти 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. Намалюйте 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?

8. 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.

9. 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.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль		Рейтинг з навчальної роботи R_{HP}	Рейтинг з додаткової роботи R_{DP}	Рейтинг штрафний $R_{ШТР}$	Підсумкова 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): $R_{\text{дис}} = R_{\text{HP}} + R_{\text{AT}}$

11. Методичне забезпечення

1. Техніка та електрофізика високих напруг. Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності 6.090600 “Електричні системи і мережі”./ Укл.: Кулик Б.І., Гай О.В. – Чернігів: ЧДТУ, 2007 – 58 с.
2. Петренко А.В. Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з дисципліни "Малі електричні станції в АПК" спеціальності "Енергетика сільськогосподарського виробництва" / А.В. Петренко. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2014. – 52 с.

12. Рекомендована література

- Основна:

- 1 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. ПЗИПК 1998.-700 с.

2 Электрофизические основы техники высоких напряжений: Учебное пособие для вузов / И.М. Бортник, И.П.Верещагин, Ю.Н. Вершинин, В.П.Ларионов и др.; Под ред. И.П. Верещагина, В.П.Ларионова. - М.:Энергоатомиздат, 1993.- 543 с.

3 Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах: Учебник для вузов / В.В.Базуткин, В.П.Ларионов, Ю.С.Пинталь; Под общ.ред. В.П.Ларионова. - 3-е изд., перераб. й доп. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 464с.

4 Техника высоких напряжений: Лабораторный практикум / Под ред. М.Е.Иерусалимова.- К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. -216с.

5 Справочник по электрическим аппаратам высокого напряжения / Н.М.Адоньев, В.В.Афанасьев, Й.М.Бортник й др.; Под ред. В.В.Афанасьева-Л.: Энергоатомиздат. Ленингр.отд-ние, 1987. - 544 с.

6 Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения: Пер. с нем./ М.Бейер, В.Бек, К.Меллер, В.Цаенгль; Под ред. В.П.Ларионова. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 555с.

7 Иерусалимов М.Е., Орлов Н.Н. Техника высоких напряжений. Киев: Изд. КГУ, 1967 -. 444с.

Допоміжна:

1. Справочник по электрическим аппаратам высокого напряжения /Н.М. Адоньев, В.В. Афанасьев, И.М. Бортник и др.; Под ред. В.В. Афанасьева. – Л.: Энергоатомиздат. 1987. – 544с.

2. Иерусалимов М.Е., Орлов Н.Н. Техника высоких напряжений.– К.: Вища шк.; Изд-во Киев. ун-та, 1967. – 441с.

3. Федченко И.К.Техника высоких напряжений. Испытательные установки и методы испытания выключающих аппаратов высокого напряжения. К., "Вища школа, 1969. – 324 с.

4. Базелян Э.М., Ражанский И.М.. Искровой разряд в воздухе. – Новосибирск: Наука, 1988. – 168 с.
5. Воробьев А.А., Воробьев Г.А. Электрический пробой и разрушение твердых диэлектриков. М., "Высш. школа", 1966. – 224 с.

13. Інформаційні ресурси

1. Альтернативні джерела енергії. THG ENERGY. [електронний ресурс]. – Режим доступа: http://tng-energy.at.ua/publ/sonce/sonjachni_batareji/jak_ce_pracjue/3-1-0-17
2. Энергетический центр. Мега Дом. Расчет мощности и выбор ДЭС для электропитания традиционной нагрузки. [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energycenter.ru/article/111/2/>
3. Дизельные генераторы RKraft, 2009: [каталог]. – 20 с. [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rkraft.ru/catalog/>
4. Электрогенераторные системы GEKO, 2012: [каталог]. – 26 с. [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gekospb.ru/fileout_pdf/Geko-big-10ser-2012.pdf