

Вінницький національний технічний університет
 Кафедра електричних станцій та систем
 Факультет електроенергетики та електромеханіки

Техніка високих напруг

(Обов'язковий)

I (бакалаврський) рівень вищої освіти

Галузь знань 14 – Електрична інженерія

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Викладач: Лесько В.О.

Мова викладання: українська

1. Опис навчальної дисципліни

Характеристика навчальної дисципліни	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів: 4	<p>Галузь знань 14 – Електрична інженерія</p> <p>Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</p> <p>Освітня програма Електроенергетика та електротехніка</p> <p>Рівень вищої освіти: перший бакалаврський</p>	Рік підготовки	
Загальна кількість годин: 120		4	4
Модулів: 2		Семестр	
Змістовних модулів: 2		8-й	8-й
Курсова робота/проект: не передбачено		Лекції	
Підсумковий контроль: іспит		27 год.	10 год.
		Практичні, семінарські	
		–	–
		Лабораторні	
		18 год.	5 год.
	Самостійна робота		
	75 год.	105 год.	

2. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна «Техніка високих напруг» базується на знаннях та уміннях, отриманих під час вивчення дисциплін «Математика», «Фізика», «Хімія», «Електротехнічні матеріали», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини», «Перехідні електромагнітні процеси», «Електрична частина станції та підстанції».

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни. Вивчення основних відомостей та понять про побудову ізоляційних систем електротехнічних комплексів і їх захисту від перенапруг.

Завдання вивчення дисциплін. Завданням вивчення даної дисципліни є: вивчення електричних характеристик зовнішньої і внутрішньої ізоляції електрообладнання, роботи ізоляційних конструкцій за номінальних напруг, грозових і внутрішніх перенапруг і їх обмеження, координації ізоляції ЕТК.

Програмні результати вивчення дисципліни. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

вміти:

- визначати НЕП повітряних ліній електропередачі;
- визначати НЕП вузлових підстанцій;
- визначати НЕП кабельних ліній;
- проектувати ізоляцію трансформаторів, кабелів ВН, конденсаторів, генераторів, електродвигунів, комутаційних апаратів;
- проектувати блискавковідводи;
- визначати надійність грозозахисту ПЛ і ПС;

знати:

- теоретичні основи розрахунків НЕП в однорідному і неоднорідному середовищах;
- теоретичні основи розрахунків рівнів ізоляції за дії робочої напруги, грозових і комутаційних перенапруг;
- теоретичні основи розрахунків лінійної ізоляції ЕТК;
- теоретичні основи розрахунків апаратної ізоляції ЕТК.
- теоретичні основи розрахунків грозозахисту ЕТК;
- теоретичні основи профілактики ізоляції ЕТК.

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисциплін

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми для успішного виконання професійних обов'язків за обраною спеціальністю у процесі вивчення даної дисципліни у бакалавра повинні бути сформовані такі компетентності:

загально-професійні:

- базові знання основ електротехніки;
- базові уявлення про електротехнічні матеріали;
- базові знання про виробництво, передачу, розподіл та споживання електроенергії;
- базові знання про основи загальної та прикладної екології, принципи захисту і охорони природи від шкідливого впливу електричних станцій та електричних мереж;
- знання правових основ і сучасного законодавства України в електроенергетичній галузі;
- здатність до ділових комунікацій у професійній сфері, знання основ ділового спілкування, навички роботи в команді;

спеціалізовано-професійні

- здатність використовувати професійно профільовані знання в галузі математики для статистичної обробки експериментальних даних, математичного моделювання та розрахунку режимів електроенергетичних об'єктів;
- знання електричної частини електростанцій та підстанцій;
- знання конструкцій, основних характеристик, принципів дії та режимів роботи електроустаткування електростанцій та підстанцій;
- знання про електричні мережі та системи;
- знання про технічні та електрофізичні основи високих напруг;
- базові знання про оперативне управління режимами електроенергетичних систем, електростанцій та електричних мереж;
- здатність використовувати та впроваджувати нові технології в електроенергетиці, брати участь в модернізації і реконструкції електричних станцій, мереж, систем та високовольтного електроустаткування;
- здатність проводити діяльність з підвищення ефективного використання, технічного обслуговування та ремонту електроустаткування електричних станцій, мереж та систем.

4. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль

Тема 1. Вступ. Терміни і визначення. Терміни і визначення в техніці та електрофізиці високих напруг. Структура дисципліни. Газова ізоляція в ТВН. Фізичні основи розрахунку газової ізоляції. Основні поняття, пов'язані з станом і властивостями часток газу – збудження, іонізація, дифузія і рекомбінація. Виведення формули для лавини електронів і умови самостійності розряду в однорідному полі при пониженому тиску, Закон Пашена. Області практичного використання залежності $U = (\delta S)$. Вклад учених в розробку і дослідження газів з високою електричною міцністю. Вплив температури, вологості і відносної

щільності повітря на розрядну напругу газового проміжку в рівномірному полі. Стріммерна теорія розряду. Основні етапи розвитку розряду лавини, анодного стрімера, головного каналу. Особливості розвитку розрядів з позитивного і негативного вістря. Засоби зміцнення газових проміжків в різко нерівномірному полі, роль бар'єрів, ізолювання і покриття. Фізична природа корони, особливості коронного розряду на постійній і змінній напрузі, основи розрахунку втрат на корону при змінній напрузі і шляхи зниження цих втрат. Механізм розряду по поверхні діелектрика, вплив на розрядну напругу матеріалу діелектрика, зволоження поверхні, питомої поверхневої ємності. Особливості розвитку розряду в газових проміжках при прикладанні імпульсної напруги. Структура часу розряду, поняття про статистичний час запізнення і час формування розряду. Методика зняття вольт-секундних характеристик, взаємне розташування вольт-секундних характеристик захисного проміжку і ізоляції, яку він захищає.

Тема 2. Електричне поле повітряних ліній електропередачі різних класів напруги. Для ЛЕП 110 кВ і нижче електричне поле не впливає на навколишнє середовище. Для ЛЕП 330 кВ і вище електричне поле негативно впливає на людей і тварин.

Тема 3. Ізоляція повітряних ліній електропередачі. Характеристики електричних полів, принципи розрахунків найпростіших полів, поняття крайового ефекту, градування ізоляції. Заступні схеми ізоляційних конструкцій Градієнтні перенапруги на поздовжній ізоляції трансформаторів, генераторів, високовольтних двигунів. Методи вирівнювання розподілу напруги уздовж ланцюжка ємностей. Процеси іонізації у внутрішній ізоляції машин і апаратів, процеси старіння ізоляції під дією часткових розрядів. Особливості конструкцій кабелів з в'язким просоченням, маслонаповнених і газонаповнених. Принципи побудови ізоляції електричних апаратів, трансформаторів і електричних конденсаторів.

Тема 4. Ізоляційні та екологічні проблеми на трасах ЛЕП. Для розв'язання ізоляційних та екологічних проблем по трасі ЛЕП розраховується картина електричного поля в декартовій системі координат. Критичне значення небезпечної напруженості електричного поля для людини становить 5 кВ/м. Розщепленням проводів фаз і величиною габариту можна регулювати зону впливу ЛЕП.

Тема 5. Координація зовнішньої і внутрішньої ізоляції. Координація ізоляції. Розрядні характеристики лінійної ізоляції при напрузі промислової частоти, при грозових і комутаційних перенапругах. Погодження рівня ізоляції електрообладнання з перенапругами, що можуть виникнути на його затискачах в період експлуатації. Нормовані випробувальні напруги повної і зрізаної

імпульсних хвиль, напруги промислової частоти. Урахування умов випробувань.

Тема 6. Побудова головної ізоляції трансформаторів і шунтувальних реакторів. Кількість бар'єрів головної ізоляції трансформаторів визначається випробувальною напругою. Товщина бар'єрів від 2 до 6 мм, форма бар'єрів циліндрична або у вигляді щитків.

Тема 7. Проектування ізоляції силових трансформаторів. Ізоляція силових трансформаторів складається з масляних проміжків і каналів, які підсилюються твердою ізоляцією у вигляді ізолювального покриття, ізоляції багат шарової паперово-просоченої, бар'єрів із електрокартону. Припустима напруженість електричного поля не перевищує напруженості початку часткових розрядів і напруженості критичних часткових розрядів.

Тема 8. Конструкції кабелів 6-35 кВ. Кабелі 6-35 кВ виконуються з паперово-просоченої ізоляції. Просочувальний компаунд складається з масла і каніфолі. Припустимі напруженості електричного поля не перевищують 3 кВ/мм.

Змістовий модуль 2.

Тема 9. Конструкції кабелів 110 кВ і вище. Ізоляція кабелів 110 кВ і вище виконується градуйованою із декількох сортів паперу з різними діелектричними проникностями. Сорт паперу з найбільшим значенням розташовується першим від струмопровідної жили. Охолодження кабелю відбувається через масляний канал в середині жили.

Тема 10. Кабельні муфти. Особливості конструкцій кабелів з в'язким просоченням, маслонаповнених і газонаповнених. Принципи побудови ізоляції електричних апаратів, трансформаторів і електричних конденсаторів.

Тема 11. Конструкції ізоляції обертових електричних машин. Заступні схеми ізоляційних конструкцій Градієнтні перенапруги на поздовжній ізоляції трансформаторів, генераторів, високовольтних двигунів. Методи вирівнювання розподілу напруги уздовж ланцюжка ємностей.

Процеси іонізації у внутрішній ізоляції машин і апаратів, процеси старіння ізоляції під дією часткових розрядів.

Тема 12. Блискавка – природне джерело перенапруг.

Статистичні характеристики амплітуди струму і швидкості зростання струму на фронті імпульсу. Принцип блискавкозахисту від прямих ударів блискавки. Принцип вибіркового ураження об'єктів блискавкою. Основні принципи побудови стержньових і тросових блискавковідводів. Особливості розтікання в землі струму блискавки і основні принципи побудови блискавкозахисту. Зони захисту одиночних і групи стержньових блискавковідводів, тросових блискавковідводів.

Тема 13. Блискавкозахист від прямих ударів.

Вентильні розрядники. Основні функціональні елементи розрядників, їх характеристики, умови, виконання яких забезпечують нормальне функціонування розрядників. Техніко-економічний ефект від зниження рівнів ізоляції при поліпшенні характеристик вентильних розрядників. Побудова грозозахисту ізоляції електричних машин, що працюють безпосередньо на повітряні лінії і через трансформатори. Призначення реакторів, кабельних вставок, конденсаторів, встановлених на шинах, особливості вентильних розрядників, які застосовуються для грозозахисту машин, що обертаються.

Тема 14. Хвильові процеси в ЛЕП і обмотках електричних машин. Хвильові процеси відбуваються з багатократним заломленням і відбиттям електромагнітних хвиль у вузлах, де стрибком змінюються хвильові опори. Результуюча картина залежить від конструкції обмоток.

Тема 15. Блискавкозахист вузлових підстанцій. Джерело грозових перенапруг – прямий удар блискавки (ПУБ). Удар блискавки в землю (індуковані грозові перенапруги). Статистичні характеристики амплітуди струму і швидкості зростання струму на фронті імпульсу. Принцип блискавкозахисту від прямих ударів блискавки. Принцип вибіркового ураження об'єктів блискавкою. Основні принципи побудови стержньових і тросових блискавковідводів. Особливості розтікання в землі струму блискавки і основні принципи побудови блискавкозахисту. Зони захисту одиночних і групи стержньових блискавковідводів, тросових блискавковідводів. Грозозахист електрообладнання підстанцій. Зміна амплітуди і форми імпульсу напруги при русі його від місця удару до шин підстанції. Призначення, склад і вимоги до виконання захисного підходу до підстанції.

Тема 16. Вимірювання напруг і струмів в високовольтних установках. Загальні характеристики електростатичних вольтметрів, іскрових вольтметрів, що застосовуються для вимірювання високих напруг. Принципи роботи осцилографів, схеми їхнього підключення через подільники напруги.

5. Теми семінарських занять (не передбачено)

6. Теми практичних занять (не передбачено)

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	(денна форма навчання)	
1	Дослідження ізоляції повітряних проміжків з рівномірним електричним полем.	3
2	Дослідження ізоляції повітряних проміжків з нерівномірним електричним полем	3
3	Дослідження рівнів ізоляції по поверхні ізоляторів.	2
4	Дослідження залишкових рівнів ізоляції ІОР – 750 з електричним пробоем.	2
5	Дослідження розподілу напруги вздовж гірлянди підвісних ізоляторів.	3

6	Профілактика обладнання високої напруги.	3
7	Дослідження імпульсних рівнів ізоляції.	2
	Всього	18
	(заочна форма навчання)	
1	Дослідження ізоляції повітряних проміжків з рівномірним електричним полем.	1
2	Дослідження ізоляції повітряних проміжків з нерівномірним електричним полем	1
3	Дослідження рівнів ізоляції по поверхні ізоляторів.	1
4	Дослідження залишкових рівнів ізоляції ІОР – 750 з електричним пробоем.	1
5	Дослідження розподілу напруги вздовж гірлянди підвісних ізоляторів.	1
	Всього	5

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	(денна форма навчання)	
1.	Електричне поле повітряних ліній електропередачі різних класів напруги. Для ЛЕП 110 кВ і нижче електричне поле не впливає на навколишнє середовище. Для ЛЕП 330 кВ і вище електричне поле негативно впливає на людей і тварин.	5
2.	Ізоляція повітряних ліній електропередачі. Характеристики електричних полів, принципи розрахунків найпростіших полів, поняття крайового ефекту, градування ізоляції. Заступні схеми ізоляційних конструкцій Градієнтні перенапруги на поздовжній ізоляції трансформаторів, генераторів, високовольтних двигунів. Методи вирівнювання розподілу напруги уздовж ланцюжка ємностей. Процеси іонізації у внутрішній ізоляції машин і апаратів, процеси старіння ізоляції під дією часткових розрядів. Особливості конструкцій кабелів з в'язким просоченням, маслонаповнених і газонаповнених. Принципи побудови ізоляції електричних апаратів, трансформаторів і електричних конденсаторів.	5
3.	Ізоляційні та екологічні проблеми на трасах ЛЕП. Для розв'язання ізоляційних та екологічних проблем по трасі ЛЕП розраховується картина електричного поля в декартовій системі координат. Критичне значення небезпечної напруженості електричного поля для людини становить 5 кВ/м. Розщепленням проводів фаз і величиною габариту можна регулювати зону впливу ЛЕП.	5
4.	Координація зовнішньої і внутрішньої ізоляції. Координація ізоляції. Розрядні характеристики лінійної ізоляції при напрузі промислової частоти, при грозових і комутаційних перенапругах. Погодження рівня ізоляції електрообладнання з перенапругами, що можуть виникнути на його затискачах в період експлуатації. Нормовані випробувальні напруги повної і зрізаної імпульсних хвиль, напруги промислової частоти. Урахування умов випробувань.	5
5.	Побудова головної ізоляції трансформаторів і шунтувальних реакторів. Кількість бар'єрів головної ізоляції трансформаторів визначається випробувальною напругою. Товщина бар'єрів від 2 до 6 мм, форма бар'єрів циліндрична або у вигляді щитків.	5

6.	Проектування ізоляції силових трансформаторів. Ізоляція силових трансформаторів складається з масляних проміжків і каналів, які підсилюються твердою ізоляцією у вигляді ізолювального покриття, ізоляції багат шарової паперово-просоченої, бар'єрів із електрокартону. Припустима напруженість електричного поля не перевищує напруженості початку часткових розрядів і напруженості критичних часткових розрядів.	6
7.	Конструкції кабелів 6-35 кВ. Кабелі 6-35 кВ виконуються з паперово-просоченої ізоляції. Просочувальний компаунд складається з масла і каніфолі. Припустимі напруженості електричного поля не перевищують 3 кВ/мм.	6
8.	Конструкції кабелів 110 кВ і вище. Ізоляція кабелів 110 кВ і вище виконується градуйованою із декількох сортів паперу з різними діелектричними проникностями. Сорт паперу з найбільшим значенням розташовується першим від струмопровідної жили. Охолодження кабелю відбувається через масляний канал в середині жили.	6
9.	Кабельні муфти. Особливості конструкцій кабелів з в'язким просоченням, маслонаповнених і газонаповнених. Принципи побудови ізоляції електричних апаратів, трансформаторів і електричних конденсаторів.	5
10.	Конструкції ізоляції обертових електричних машин. Заступні схеми ізоляційних конструкцій Градієнтні перенапруги на поздовжній ізоляції трансформаторів, генераторів, високовольтних двигунів. Методи вирівнювання розподілу напруги уздовж ланцюжка ємностей. Процеси іонізації у внутрішній ізоляції машин і апаратів, процеси старіння ізоляції під дією часткових розрядів.	4
11.	Блискавка – природне джерело перенапруг. Статистичні характеристики амплітуди струму і швидкості зростання струму на фронті імпульсу. Принцип блискавкозахисту від прямих ударів блискавки. Принцип вибіркового ураження об'єктів блискавкою. Основні принципи побудови стержньових і тросових блискавковідводів. Особливості розтікання в землі струму блискавки і основні принципи побудови блискавкозахисту. Зони захисту одиночних і групи стержньових блискавковідводів, тросових блискавковідводів.	4
12.	Блискавкозахист від прямих ударів. Вентильні розрядники. Основні функціональні елементи розрядників, їх характеристики, умови, виконання яких забезпечують нормальне функціонування розрядників. Техніко-економічний ефект від зниження рівнів ізоляції при поліпшенні характеристик вентильних розрядників. Побудова грозозахисту ізоляції електричних машин, що працюють безпосередньо на повітряні лінії і через трансформатори. Призначення реакторів, кабельних вставок, конденсаторів, встановлених на шинах, особливості вентильних розрядників, які застосовуються для грозозахисту машин, що обертаються.	4
13.	Хвильові процеси в ЛЕП і обмотках електричних машин. Хвильові процеси відбуваються з багатократним заломленням і відбиттям електромагнітних хвиль у вузлах, де стрибком змінюються хвильові опори. Результуюча картина залежить від конструкції обмоток.	5
14.	Блискавкозахист вузлових підстанцій. Джерело грозових перенапруг – прямий удар блискавки (ПУБ). Удар блискавки в землю (індуковані грозові перенапруги). Статистичні характеристики амплітуди струму і швидкості зростання струму на фронті імпульсу. Принцип блискавкозахисту від прямих	5

	ударів блискавки. Принцип вибіркового ураження об'єктів блискавкою. Основні принципи побудови стержньових і тросових блискавковідводів. Особливості розтікання в землі струму блискавки і основні принципи побудови блпскавкозахисту. Зони захисту одиночних і групи стержньових блискавковідводів, тросових блискавковідводів. Грозозахист електрообладнання підстанцій. Зміна амплітуди і форми імпульсу напруги при русі його від місця удару до шин підстанції. Призначення, склад і вимоги до виконання захисного підходу до підстанції.	
15.	Вимірювання напруг і струмів в високовольтних установках. Загальні характеристики електростатичних вольтметрів, іскрових вольтметрів, що застосовуються для вимірювання високих напруг. Принципи роботи осцилографів, схеми їхнього підключення через подільники напруги.	5
	Всього	75
	(заочна форма навчання)	
1.	Вступ. Терміни і визначення. Терміни і визначення в техніці та електрофізиці високих напруг. Структура дисципліни. Газова ізоляція в ТВН. Фізичні основи розрахунку газової ізоляції. Основні поняття, пов'язані з станом і властивостями часток газу – збудження, іонізація, дифузія і рекомбінація. Виведення формули для лавини електронів і умови самостійності розряду в однорідному полі при пониженому тиску, Закон Пашена. Області практичного використання залежності $U = (\delta S)$. Вклад учених в розробку і дослідження газів з високою електричною міцністю. Вплив температури, вологості і відносної щільності повітря на розрядну напругу газового проміжку в рівномірному полі. Стримерна теорія розряду. Основні етапи розвитку розрядів лавини, анодного стримера, головного каналу. Особливості розвитку розрядів з позитивного і негативного вістря. Засоби зміцнення газових проміжків в різко нерівномірному полі, роль бар'єрів, ізолювання і покриття. Фізична природа корони, особливості коронного розряду на постійній і змінній напрузі, основи розрахунку втрат на корону при змінній напрузі і шляхи зниження цих втрат. Механізм розряду по поверхні діелектрика, вплив на розрядну напругу матеріалу діелектрика, зволоження поверхні, питомої поверхневої ємності. Особливості розвитку розряду в газових проміжках при прикладанні імпульсної напруги. Структура часу розряду, поняття про статистичний час запізнення і час формування розряду. Методика зняття вольт-секундних характеристик, взаємне розташування вольт-секундних характеристик захисного проміжку і ізоляції, яку він захищає.	2
2.	Електричне поле повітряних ліній електропередачі різних класів напруги. Для ЛЕП 110 кВ і нижче електричне поле не впливає на навколишнє середовище. Для ЛЕП 330 кВ і вище електричне поле негативно впливає на людей і тварин.	4
3.	Ізоляція повітряних ліній електропередачі. Характеристики електричних полів, принципи розрахунків найпростіших полів, поняття крайового ефекту, градування ізоляції. Заступні схеми ізоляційних конструкцій Градієнтні перенапруги на поздовжній ізоляції трансформаторів, генераторів, високовольтних двигунів. Методи вирівнювання розподілу напруги уздовж ланцюжка ємностей. Процеси іонізації у внутрішній ізоляції машин і апаратів, процеси старіння ізоляції під дією часткових розрядів. Особливості конструкцій кабелів з в'язким просоченням, маслонаповнених і газонаповнених. Принципи побудови ізоляції електричних апаратів,	4

	трансформаторів і електричних конденсаторів.	
4.	Ізоляційні та екологічні проблеми на трасах ЛЕП. Для розв'язання ізоляційних та екологічних проблем по трасі ЛЕП розраховується картина електричного поля в декартовій системі координат. Критичне значення небезпечної напруженості електричного поля для людини становить 5 кВ/м. Розщепленням проводів фаз і величиною габариту можна регулювати зону впливу ЛЕП.	4
5.	Координація зовнішньої і внутрішньої ізоляції. Координація ізоляції. Розрядні характеристики лінійної ізоляції при напрузі промислової частоти, при грозових і комутаційних перенапругах. Погодження рівня ізоляції електрообладнання з перенапругами, що можуть виникнути на його затискачах в період експлуатації. Нормовані випробувальні напруги повної і зрізаної імпульсних хвиль, напруги промислової частоти. Урахування умов випробувань.	5
6.	Побудова головної ізоляції трансформаторів і шунтувальних реакторів. Кількість бар'єрів головної ізоляції трансформаторів визначається випробувальною напругою. Товщина бар'єрів від 2 до 6 мм, форма бар'єрів циліндрична або у вигляді щитків.	4
7.	Проектування ізоляції силових трансформаторів. Ізоляція силових трансформаторів складається з масляних проміжків і каналів, які підсилюються твердою ізоляцією у вигляді ізолювального покриття, ізоляції багат шарової паперово-просоченої, бар'єрів із електрокартону. Припустима напруженість електричного поля не перевищує напруженості початку часткових розрядів і напруженості критичних часткових розрядів.	5
8.	Конструкції кабелів 6-35 кВ. Кабелі 6-35 кВ виконуються з паперово-просоченої ізоляції. Просочувальний компаунд складається з масла і каніфолі. Припустимі напруженості електричного поля не перевищують 3 кВ/мм.	5
9.	Конструкції кабелів 110 кВ і вище. Ізоляція кабелів 110 кВ і вище виконується градуйованою із декількох сортів паперу з різними діелектричними проникностями. Сорт паперу з найбільшим значенням розташовується першим від струмопровідної жили. Охолодження кабелю відбувається через масляний канал в середині жили.	4
10.	Кабельні муфти. Особливості конструкцій кабелів з в'язким просоченням, маслонаповнених і газонаповнених. Принципи побудови ізоляції електричних апаратів, трансформаторів і електричних конденсаторів.	5
11.	Конструкції ізоляції обертових електричних машин. Заступні схеми ізоляційних конструкцій Градієнтні перенапруги на поздовжній ізоляції трансформаторів, генераторів, високовольтних двигунів. Методи вирівнювання розподілу напруги уздовж ланцюжка ємностей. Процеси іонізації у внутрішній ізоляції машин і апаратів, процеси старіння ізоляції під дією часткових розрядів.	3
12.	Блискавка – природне джерело перенапруг. Статистичні характеристики амплітуди струму і швидкості зростання струму на фронті імпульсу. Принцип блискавкозахисту від прямих ударів блискавки. Принцип вибіркового ураження об'єктів блискавкою. Основні принципи побудови стержньових і тросових блискавковідводів. Особливості розтікання в землі струму блискавки і основні принципи побудови блискавкозахисту. Зони захисту одиночних і групи стержньових блискавковідводів, тросових	5

	блискавковідводів.	
13.	Блискавкозахист від прямих ударів. Вентильні розрядники. Основні функціональні елементи розрядників, їх характеристики, умови, виконання яких забезпечують нормальне функціонування розрядників. Техніко-економічний ефект від зниження рівнів ізоляції при поліпшенні характеристик вентильних розрядників. Побудова грозозахисту ізоляції електричних машин, що працюють безпосередньо на повітряні лінії і через трансформатори. Призначення реакторів, кабельних вставок, конденсаторів, встановлених на шинах, особливості вентильних розрядників, які застосовуються для грозозахисту машин, що обертаються.	3
14.	Хвильові процеси в ЛЕП і обмотках електричних машин. Хвильові процеси відбуваються з багатократним заломленням і відбиттям електромагнітних хвиль у вузлах, де стрибком змінюються хвильові опори. Результуюча картина залежить від конструкції обмоток.	5
15.	Блискавкозахист вузлових підстанцій. Джерело грозових перенапруг – прямий удар блискавки (ПУБ). Удар блискавки в землю (індуковані грозові перенапруги). Статистичні характеристики амплітуди струму і швидкості зростання струму на фронті імпульсу. Принцип блискавкозахисту від прямих ударів блискавки. Принцип вибіркового ураження об'єктів блискавкою. Основні принципи побудови стержньових і тросових блискавковідводів. Особливості розтікання в землі струму блискавки і основні принципи побудови блискавкозахисту. Зони захисту одиночних і групи стержньових блискавковідводів, тросових блискавковідводів. Грозозахист електрообладнання підстанцій. Зміна амплітуди і форми імпульсу напруги при русі його від місця удару до шин підстанції. Призначення, склад і вимоги до виконання захисного підходу до підстанції.	4
16.	Вимірювання напруг і струмів в високовольтних установках. Загальні характеристики електростатичних вольтметрів, іскрових вольтметрів, що застосовуються для вимірювання високих напруг. Принципи роботи осцилографів, схеми їхнього підключення через подільники напруги.	5
	Всього	67

9. Індивідуальні завдання

Обсяг і зміст індивідуальної роботи студента з дисципліни залежить від форми навчання студента. Студенти заочної форми навчання виконують контрольну роботу відповідно до рекомендацій, наведених у [3]. Крім того, за рішенням кафедри студенти готують реферати з окремих тем курсу.

10. Методи навчання

Лекція, проблемна лекція, демонстрація, зокрема, з використанням мультимедійних засобів навчання, підготовка до практичних робіт, підготовка рефератів, доповідей науково-дослідного характеру, зокрема, на щорічну науково-технічну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ.

11. Засоби діагностування результатів навчання.

Протягом вивчення дисципліни передбачається поточний та підсумковий форми контролів знань студентів.

Поточний контроль проводиться шляхом фронтального, індивідуального чи комбінованого опитування студентів в результаті написання колоквиумів та захисту виконаних лабораторних робіт. Колоквиуми можуть проводитись за допомогою таких методів:

- письмової контрольної роботи;
- складання тестів у електронній системі університету;
- складання тестів у електронній системі університету та додаткової письмової контрольної роботи (додатково оголошується розподіл балів за складання тестів та виконання письмової роботи із загальної кількості балів, відведених на колоквиум).

Метод написання та максимально дозволений час колоквиуму оголошується студентам на першому тижні навчального семестру.

Підсумковий контроль знань студентів проводиться шляхом складання диференційованого заліку за темами, що охоплюють весь курс дисципліни. Диференційований залік може проводитись за допомогою таких методів:

- письмової роботи;
- складання тестів у електронній системі університету;
- складання тестів у електронній системі університету та додаткової письмової роботи (додатково оголошується розподіл балів за складання тестів та виконання письмової роботи із загальної кількості балів, відведених на підсумковий контроль).

Метод та максимально дозволений час складання підсумкового контролю оголошується студентам на першому тижні навчального семестру.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

<i>Модуль 1</i>		<i>Модуль 2</i>	
Лаб. робота № 1	5	Лаб. робота № 4	4
Лаб. робота № 2	5	Лаб. робота № 5	4
Лаб. робота № 3	5	Лаб. робота № 6	4
		Лаб. робота № 7	4
СРС № 1	12	СРС № 2	11
Колоквиум 1	10	Колоквиум 2	10
Сума за модуль 1	37	Сума за модуль 2	37
Екзамен 26			
Сума за семестр 100			

13. Критерії оцінювання знань, умінь та навичок студентів

Загальна оцінка студента за результатами КМС залежить від суми набраних протягом теоретичного семестру балів (до 100 балів), і визначається за таблицею.

Якщо студент за результатами виконання завдання протягом семестру отримав бальну оцінку на рівні F, то він має право пройти повторний курс вивчення дисципліни відповідно до «Тимчасового положення про порядок ліквідації академічної заборгованості, академічної різниці та надання платної послуги з проведення занять з вивчення окремої навчальної дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом».

Рівень компетентності	За національною шкалою	За шкалою ЕКТС	Критерії оцінювання
IV Високий (творчий) «5»	відмінно (90–100)	A	Виставляється, якщо при відповіді на питання виявлено всебічні, систематизовані, глибокі знання матеріалу, який виноситься на контроль, уміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, знання основної і додаткової літератури, передбаченої програмою на рівні творчого використання.
III Достатній (конструктивний) «4»	добре «4+» (82–89)	B	Повні знання з питань і задач, що стоять перед студентом. Уміння викладати основні ідеї. Вміння професійно відстоювати свою точку зору. Припускаються несуттєві неточності у викладенні матеріалу та у відповідях.
	добре «4» (75–81)	C	Достатньо повні знання з поставлених питань і задач. Вміння викладати основні ідеї. Здатність самостійно застосовувати вивчений матеріал на рівні стандартних ситуацій, наводити окремі власні приклади на підтвердження власних тверджень. Вміння доводити правильність своїх рішень. Несуттєві неточності у відповідях та деякі нераціональності при програмуванні задач.
II Середній (репродуктивний) «3»	задовільно «3+» (64–63)	D	Студент може відтворити значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання та розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати матеріал, робити висновки та розробляти програмні блоки. Пояснення неповні, нелаконічні, не завжди точні. Відповіді на питання неповні, містять неточності, при програмуванні застосовуються не найраціональніші рішення.
	задовільно «3» (60–63)	E	Задовільні знання програмного матеріалу на рівні вищому за початковий. Здатність за допомогою викладача логічно відтворювати значну частину матеріалу. При відповіді на запитання виникають труднощі у деяких положеннях, відповіді не повні, програми пишуться нераціонально, не використовуються всі ефективні засоби програмування.
I Низький «2»	«незадовільно з можливістю повторного складання» 2 (35–59)	FX	Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обґрунтуванні рішень, на запитання викладача дає неправильні відповіді (40-60%), пояснення не до ладу. Самостійно, без допомоги викладача, не може сформулювати алгоритм рішення задачі. Програми не раціональні та неефективні, при програмуванні використовуються лише прості конструкції.
	«незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни» 2 (0–34)	F	Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обґрунтуванні рішень, на запитання викладача дає неправильні відповіді (60-100%). Самостійно, без допомоги викладача, не може сформулювати алгоритм рішення задачі.

14. Рекомендована література

Базова

1. Анализ надежности и грозозащиты подстанций / [Костенко М.В., Ефимов Б.В., Зархи И.М. и др.]. – Л. : Наука, 1981. – 128 с.
2. Базелян Э.М. Физические и инженерные основы молниезащиты / Э.М.Базелян, Б.Н. Горин, В.И. Левитов. – Л. : Гидрометеиздат, 1976. – 223 с.
3. Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжения в электрических системах. Учебник для вузов / В.В. Базуткин, В.П. Ларионов, Ю.С. Пинталь ; под ред. В. П. Ларионова. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.
4. Перенапряжения в сетях 6–35 кВ / [Гиндуллин Ф. А., Гольдштейн В. Г., Дульзон А. А., Халилов Ф. Х.]. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 192 с.
5. Грозозащита линий высокого напряжения переменного тока / [Костенко М. В., Богатенков И.М., Михайлов Ю. А. и др.]. – К. : ВИНТИ, 1984. Т. 12. – 112 с. – (Итоги науки и техники. Сер. Электрические станции и сети).
6. Зархи И. М. Внутренние перенапряжения в сетях 6-35 кВ / Зархи И.М., Мешков В. Н., Халилов Ф. Х. – Л. : Наука, 1986. – 128 с.
7. Стационарные и квазистационарные перенапряжения в электрических сетях высокого напряжения / [Костенко М. В., Богатенков И.М., Михайлов Ю. А., Халилов Ф. Х.]. – К. : ВИНТИ, 1986. Т. 14. – 97 с. – (Итоги науки и техники. Сер. Электрические станции и сети).
8. Перенапряжения и защита от них в воздушных и кабельных электропередачах высокого напряжения / [Костенко М. В., Кадомская К. П., Левинштейн М. Л., Ефремов И. А.]. – Л. : Наука, 1988. – 302 с.
9. Степанчук К. Ф. Техника высоких напряжений / Степанчук К.Ф., Тиняков Н. А. – Минск : Вышэйша школа, 1982. – 367 с.
10. Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения / [Бейер М., Бек В., Меллер К., Цаенгль В.] ; пер. с нем.; под ред. В.П. Ларионова. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 555 с.
11. Бржезицкий В.А. Исследования перенапряжений в сетях 6-35 кВ Киевэнерго и разработка методических рекомендаций по выбору и применению ограничителей перенапряжений / НТУУ «КПИ»; руков. В.А. Бржезицкий, исполнит. О.С. Ильенко, С.А. Соколовский. – Киев, 1999. – 60 с. (Отчет о НИР (заключительный)).
12. Методичні вказівки з вибору обмежувачів перенапруг нелінійних виробництва підприємства «Таврида Електрик» для електричних мереж 6-35 кВ / [Бржезицький В.О., Беляєв В.К., Ільєнко О.С., Соколовський С.А.]. – Київ, 2001. – 40 с.
13. Рой В. Ф. Техніка високих напруг : навч. посіб. / В. Ф. Рой. – Харків : ХНУМГ, 2012. – 145 с.
14. Вимірювання високих напруг і великих струмів / Навчальний посібник для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізації «Техніка та електрофізика високих напруг» //

Укладачі: Бржезицький В. О., Проценко О. Р., Лапоша М. Ю. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 133 с.

Додаткова

1. Електронна версія навчального посібника: В. С. Собчук «Техніка та електрофізика високих напруг», Вінниця. ВДТУ, 2003, – 86 с.
2. Електронна версія лабораторного практикуму: В. С. Собчук «Техніка та електрофізика високих напруг», Вінниця. ВДТУ, 2002, – 81 с.
3. Електронна версія навчального посібника: В. С. Собчук «Грозозахист електротехнічних комплексів», Вінниця. ВНТУ, 2005, – 111 с.
4. Електронна версія методичних вказівок і контрольних завдань з дисципліни: «Техніка та електрофізика високих напруг», Вінниця. ВНТУ, 2005, – 16 с.

Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського: [сайт]. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>
2. Енергетика: [сайт]. Режим доступу: <http://LEONARDO.ENERGY.ORG/>
3. <http://any-book.org/download/68591.html/>
4. <http://window.edu.ru/resource/262/75262/>

15. Тематика курсової та контрольної робіт

Тематика контрольної роботи для студентів заочної форми навчання

Зміст завдання

1. Розрахувати картину електричного поля $E(x, y, z)$ повітряної лінії.
2. Визначити кількість ізоляторів в гірлянді.
3. Електричний розрахунок кабелю заданої напруги.
4. Розрахувати головну ізоляцію трансформатора.
5. Визначити ефективність грозозахисту ЛЕП.
6. Визначити ефективність грозозахисту підстанції.