



ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електричні машини і апарати</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Всього 4 кредити ECTS / 120 годин аудиторних – 54 години; лекції – 36 годин; лабораторні роботи – 18 годин; самостійна робота – 66 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР</i>
Розклад занять	<i>1 лекція (2 години) 1 раз на тиждень; 1 лабораторна робота (4 години) 1 раз на 2 тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., Гаран Ярослав Олександрович, y.garan@kpi.ua Лабораторні: к.т.н., Гаран Ярослав Олександрович, y.garan@kpi.ua
Розміщення курсу	<i>Sikorsky Distance</i> https://classroom.google.com/c/MTUzNTMyNDY1NjYw?cjc=c2x43bjd

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму освітньої компоненти «Електрофізичні процеси в ізоляції електрообладнання» складено відповідно до освітньої програми підготовки бакалавра з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Освітня компонента «Електрофізичні процеси в ізоляції електрообладнання» є додатковою для комплексу дисциплін електротехніки та електроенергетики високих потужностей, оскільки вона пов'язана з надійністю генерування, передачі та розподілення електричної енергії, обумовленою працездатністю високовольтної ізоляції.

Метою освітньої компоненти є підсилення і конкретизація знань з будови та теоретичних розрахунків характеристик високовольтних улаштувань з метою застосування отриманої інформації для вирішення професійних завдань в області проектування та експлуатації електроенергетичного обладнання в енергетиці та формування наступних компетентностей:

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;

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;

K25. Здатність здійснювати розрахунки перехідних процесів в електроенергетичних системах для вибору та перевірки комутаційних апаратів та струмоведучих частин.

Предметом освітньої компоненти «Електрофізичні процеси в ізоляції електрообладнання» є улаштування, функціонування, параметри та режими роботи ізоляції об'єктів електроенергетики.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована освітня компонента:

ПР01. Знати і розуміти принципи роботи 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;

ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах;

ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж;

ПР20. Знати і розуміти особливості режимів роботи електрообладнання електричних станцій в нормальних та аварійних умовах.

Завданнями вивчення освітньої компоненти є:

- вироблення розвинутих уявлень про будову сучасного високовольтного електрообладнання, принцип його дії, граничні режими роботи з урахуванням перенапруг;

- навчитися застосовувати отримані знання при вивченні спеціальних дисциплін та в подальшій практичній діяльності на виробництві;

- придбання навичок та вмінь користуватися термінологією високовольтної техніки, вміння розробляти відповідні схеми та креслення, використовувати результати експериментальних досліджень для визначення характеристик улаштувань високої напруги.

В результаті вивчення освітньої компоненти «Електрофізичні процеси в ізоляції електрообладнання» студент повинен

знати:

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

- *вплив величин і характер дії високих напруг на зовнішню і внутрішню ізоляцію;*

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

- *принципи координації високовольтної ізоляції;*

- *основні методи діагностування стану ізоляції електротехнічного обладнання;*

- *основні методи високовольтних вимірювань;*

- *основні типи високовольтних випробувальних установок та методи випробувань;*

вміти:

- *розраховувати електричну міцність ізоляційних конструкцій при різних видах діючих напруг у стаціонарному та імпульсному режимах;*
- *аналізувати причини і ймовірні наслідки дії перенапруг;*
- *розробляти заходи захисту високовольтної ізоляції та забезпечувати її координацію;*
- *проводити діагностичні обстеження електротехнічного обладнання;*
- *проводити високовольтні випробування та вимірювання.*

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Місце освітньої компоненти в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою. Освітня компонента «Електрофізичні процеси в ізоляції електрообладнання» є вибірковою в структурі освітньої програми.

Освітня компонента «Електрофізичні процеси в ізоляції електрообладнання» входить до циклу вибіркових дисциплін підготовки і безпосередньо пов'язана з іншими дисциплінами навчальних планів освітньої програми. Вивчення освітньої компоненти базується на знаннях, одержаних з курсів загальної фізики (розділи: електричне поле і його характеристики; магнітне поле і його характеристики), теоретичних основ електротехніки (розділи: лінії електричного кола однофазного синусоїдного струму; трифазні електричні кола; несинусоїдні періодичні та перехідні процеси в лінійних електричних колах; лінійні електричні кола з розподіленими параметрами; нелінійні електричні і магнітні кола), електротехнічних матеріалів (розділи: діелектрики; провідникові матеріали; магнітні матеріали; напівпровідникові матеріали), основ метрології та електричних вимірювань (розділи: загальні відомості про метрологію та електричні вимірювання; похибки вимірювань; електровимірювальні прилади; масштабні перетворювачі струму і напруги; вимірювання параметрів електричних кіл). Освітня компонента «Електрофізичні процеси в ізоляції електрообладнання» є додатковою для дисциплін «Електрична частина станцій та підстанцій», «Електричні мережі та системи», а також для переддипломної практики та дипломного проектування студентів

3. Зміст навчальної дисципліни

Освітню компоненту структурно розділено на 6 розділів, а саме:

1. Вступ до дисципліни «Електрофізичні процеси в ізоляції електрообладнання», до якого увійшли історія розвитку високовольтного електрообладнання, зокрема в КПІ ім. Ігоря Сікорського, роль та значення високовольтної ізоляції в сучасній енергетиці, класи високих напруг, сучасна термінологія високовольтного електрообладнання, предмет та мета освітнього компонента, поняття перенапруг.

2. Електрична міцність газів, рідинних та твердих діелектриків, до якого увійшли електрофізичні процеси розвитку іонізації, електричних розрядів в сильних електричних полях, визначення понять електричної міцності діелектриків, втрат на корону в повітряних лініях електропередавання, розвитку електричних розрядів по поверхні твердих діелектриків.

3. Розряди за дії імпульсних напруг, вольт-секундні характеристики, до якого увійшли характеристики імпульсу напруги, поняття зрізаного імпульсу напруги, порівняння швидкості зміни напруги на фронті імпульсу з часом формування розряду в проміжку, залежність часу формування розряду від напруженості поля при імпульсі напруги, вольт-

секундна характеристика імпульсного розряду в проміжку, процеси розрядів блискавки та її характеристики.

4. **Високовольтна ізоляція обладнання**, до якого увійшли основні відомості про ізоляцію та ізоляційні конструкції, типи високовольтної ізоляції за застосуванням, відновлювана ізоляція, особливості будови та розрахунків внутрішньої ізоляції силових трансформаторів, прохідних ізоляторів, високовольтних кабелів, електричних машин високої напруги.

5. **Сутність та завдання випробувань електрообладнання**, зокрема види випробувань технічного стану ізоляційних конструкцій, руйнівні та неруйнівні випробування, показники випробувань, обладнання для виконання випробувань, каскади трансформаторів, схеми множення випрямленої напруги, генератори імпульсних напруг, визначення опору ізоляції, струму абсорбції та струму витоку чи наскрізної провідності, визначення тангенсу кута діелектричних втрат, визначення рівня часткових розрядів, засоби вимірювань на високій напрузі.

6. **Перенапруги та хвильові процеси в електричних мережах**, до якого увійшли види внутрішніх перенапруг, види зовнішніх перенапруг. комутаційні, квазістаціонарні та стаціонарні перенапруги, рух електромагнітних хвиль вздовж ліній електропередавання, розподіл напруги від набігаючої хвилі між елементами обмоток.

4. Навчальні матеріали та ресурси

4.1. Основна література

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. Приймальні та експлуатаційні випробування електроустаткування: навч. посіб. / В. Б. Абрамов, В. О. Бржезицький, О. Р. Проценко. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 218 с.

3. Техніка високих напруг: курс лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад: В. Б. Абрамов, В. О. Бржезицький, Я. О. Гаран, О. Р. Проценко) – Електронні текстові дані <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46150> – Київ, 2021 – 345с.

4. Техніка та електрофізика високих напруг. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. О. Шостак, О. Р. Проценко, В. Б. Абрамов, Я. О. Гаран) – Електронні текстові дані <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/37624> – Київ, 2020 – 125 с.

5. Техніка високих напруг: Конспект лекцій (для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 0906 Електротехніка (6.050701 Електротехніка та електротехнології) спеціальності «Електротехнічні системи електроспоживання») / Укладач: Рой В.Ф.; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 171 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1.	Техніка високих напруг – складова використання сильних електричних та магнітних полів. Вступ. Предмет та мета викладання дисципліни. Комплекс техніки високих напруг. Класи напруги електрообладнання, термінологія техніки високих напруг.

	<i>Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція №1; [3], с. 11-20.</i>
2.	Різновиди високовольтних діелектриків, їх особливості та загальні характеристики. Електричні поля в діелектриках. <i>Види високовольтних діелектриків. Основні використовувані газоподібні, рідинні та тверді діелектрики. Класи нагрівостійкості матеріалів. Ізоляційні рідини рослинного походження. Напруженість електричного поля. Однорідне, квазіоднорідне та різко неоднорідне поле. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 2; [3], с. 21-30.</i>
3.	Електрофізичні процеси в газах. <i>Рухливість електронів та іонів. Ударна іонізація. Електронегативні гази. Ступінчаста іонізація та фотоіонізація. Особливості стримерного розряду. Процес формування плазмового провідного каналу стримерного розряду. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 3; [3], с. 31-40.</i>
4.	Закон Пашена. Регулювання електричних полів у високовольтній ізоляції. <i>Вплив тиску газу на розвиток розряду в ньому. Розвиток розряду за дуже низького тиску в міжелектродному проміжку. Формулювання закону Пашена. Формування розряду в міжелектродному проміжку за різної полярності прикладеної напруги. Використання бар'єрів в міжелектродному проміжку. Регулювання електричних полів. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 4; [3], с. 41-50.</i>
5.	Використання напівпровідникових плівок. Корона на проводах ПЛ. <i>Поняття коронного розряду. Початкова напруженість поля та початкова напруга. Умови виникнення корони на змінній напрузі. Цикли запалювання та згасання корони. Ємнісний струм коронного розряду. Дрейфовий струм корони. Методи зменшення втрат на корону. Залежність втрат на корону від атмосферних умов. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 5; [3], с. 51-60.</i>
6.	Випробування ізоляції високовольтного електроустаткування підвищеною напругою. <i>Види випробувань технічного стану ізоляційних конструкцій. Руйнівні та неруйнівні випробування. Показники випробувань. Визначення умов випробувань та рівнів випробних напруг. Випробування змінною, постійною та імпульсними напругами, оцінка стану ізоляції при випробуванні підвищеною напругою, Імпульсні випробування. Визначення витримуваної напруги. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 6; [3], с. 61-80.</i>
7.	Розряд в газових проміжках при імпульсних напругах. Розряди вздовж поверхні твердого діелектрика. <i>Характеристики імпульсу напруги. Поняття зрізаного імпульсу напруги. Порівняння швидкості зміни напруги на фронті імпульсу з часом формування розряду в проміжку. Залежність часу формування розряду від напруженості поля при імпульсі напруги. Вольт-секундна характеристика імпульсного розряду в проміжку. Типи ізоляційних конструкцій із зовнішньою твердою ізоляційною поверхнею. Складові електричного поля вздовж поверхні твердих діелектриків. Вплив нормальної складової електричного поля на розвиток розряду вздовж поверхні твердого діелектрика. Напруга виникнення ковзних розрядів. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 7; [3], с. 81-96.</i>
8.	Дуговий розряд в електроустановках високої напруги. Електрична міцність твердих діелектриків. <i>Особливі властивості твердих діелектриків. Механізми пробоя твердих діелектриків. Основні характеристики часткових розрядів. Методи і схеми виміру часткових</i>

	<i>розрядів. Кількісні характеристики ЧР. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 8; [3], с. 97-112.</i>
9.	Електрична міцність рідких діелектриків. Паперово-масляна та масло-бар'єрна ізоляція. <i>Електропровідність та поляризація рідких діелектриків. Види домішок в ізоляційній оливі. Залежність електричної міцності ізоляційної оливи від факторів впливу. Стандартизоване визначення електричної міцності ізоляційної оливи. Структура паперово-масляної та масло-бар'єрної ізоляції, а також їх просочення. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 9; [3], с. 113-127.</i>
10.	Ізоляція силових високовольтних трансформаторів. <i>Класифікація ізоляції трансформаторів. Процеси в головній та повздожній ізоляції трансформаторів. Ємнісний захист обмоток трансформаторів. Просочення ізоляції трансформаторів. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 10; [3], с. 128-148.</i>
11.	Високовольтні прохідні ізолятори. Високовольтне випробувальне обладнання та вимірювання високої напруги. <i>Типи прохідних ізоляторів. Розрахунок елементів прохідних ізоляторів. Ізолятори з масло-бар'єрною, паперово-масляною ізоляцією. Розрахунок теплової стійкості прохідних ізоляторів. Високовольтне випробувальне обладнання та вимірювання високої напруги. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 11; [3], с. 149-177.</i>
12.	Ізоляція силових високовольтних кабелів. <i>Матеріали, які використовуються для виготовлення кабелів. Кабелі з в'язким просоченням. Маслонаповнені кабелі. Кабелі з пластмасовою ізоляцією. Короткочасна і тривала електрична міцність ізоляції кабелів. Часткові розряди в ізоляції кабелів. Електричний розрахунок ізоляції кабелів. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 12; [3], с. 178-192.</i>
13.	Ізоляція електричних машин високої напруги. Координація високовольтної ізоляції. <i>Конструкції ізоляції високовольтних електричних машин. Короткочасна та тривала електрична міцність ізоляції високовольтних електричних машин. Координація високовольтної ізоляції. Випробувальні напруги промислової частоти. Випробувальні напруги грозових і комутаційних імпульсів. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 13; [3], с. 193-206.</i>
14.	Неруйнівні методи випробувань. Діагностування стану високовольтної ізоляції. <i>Вимірювання опору ізоляції й коефіцієнта абсорбції. Визначення коефіцієнта абсорбції. Ємнісні методи контролю стану ізоляції. Абсорбційний метод контролю стану ізоляції. Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат. Вимір ЧР в експлуатації. Основні задачі діагностування стану високовольтного електроустаткування. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 14; [3], с. 207-232.</i>
15.	Характеристики перенапруг та засобів захисту від них. <i>Поняття перенапруги в електричній мережі. Види перенапруг. Види внутрішніх перенапруг. Види зовнішніх перенапруг. Комутаційні, квазістаціонарні та дугові перенапруги. Найбільш небезпечні види перенапруг. Джерело грозових перенапруг. Засоби захисту від імпульсних перенапруг в електричних мережах. Рух електромагнітних хвиль вздовж ліній електропередавання. Розподіл напруги від набігаючої хвилі між елементами обмоток електричних машин. Затухання імпульсної</i>

	хвилі вздовж лінії. Деформація фронту імпульсної хвилі. Типи засобів захисту від перенапруг. Грозозахисні троси. Блискавковідводи. Розрядники. Обмежувачі перенапруг нелінійні. Вплив параметрів заземлення на системи блискавкозахисту. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 15; [3], с. 233-254.
16.	Блискавкозахист повітряних ліній електропередавання. Статистичні характеристики параметрів блискавки. Завдання та критерії блискавкозахисту ліній. Число відключень повітряної лінії при ударі блискавки в фазні проводи. Число відключень повітряної лінії при зворотних перекриттях з опори на провід. Число відключень при ударі блискавки поблизу лінії. Блискавкозахист повітряних ліній різних класів напруги. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 16; [3], с. 255-284.
17.	Захист від перенапруг підстанцій та електричних машин високої напруги. Задачі та критерії грозозахисту підстанцій. Допустимі рівні грозових перенапруг для силових трансформаторів і шунтуючих реакторів. Визначення критичної довжини підходу до підстанції. Схеми грозозахисту високовольтних електричних машин. Захист підстанцій від внутрішніх перенапруг. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 17; [3], с. 285-308.
18.	Вибір та застосування обмежувачів перенапруг нелінійних (ОПН). Загальні відомості про ОПН. Основні технічні параметри та характеристики ОПН. Застосування та місце встановлення ОПН. Порядок вибору ОПН. Приклади вибору ОПН 6 – 35 кВ. Дистанційних курс «Техніка високих напруг», лекція № 18; [3], с. 309-343.

Лабораторні заняття

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд.год.
1.	Організаційне заняття. Загальний інструктаж з техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт з використанням високої напруги	2
2.	Дослідження електричної міцності повітряних проміжків на змінній напрузі	4
3.	Дослідження ефекту полярності при пробі повітряних проміжків на постійній напрузі	4
4.	Дослідження електричної міцності вздовж поверхні твердих діелектриків	4
5.	Дослідження зон захисту стрижневих блискавковідводів	4

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Годин
1	Підготовка до лекційних занять шляхом самостійного опрацювання частини лекційного матеріалу у відповідності до тематики лекційних занять та рекомендованої для самостійної роботи студента літератури	18
2	Підготовка до лабораторних робіт шляхом набуття навичок роботи з програмним забезпеченням, що використовується в лабораторних	18

	<i>роботах, опанування методики виконання лабораторних робіт за наданими викладачем методичними рекомендаціями, підготовка протоколів лабораторних робіт, зміст яких заповнюється під час їх виконання, підготовка до відповіді на контрольні питання до лабораторних робіт</i>	
3	Підготовка до заліку	30

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за залікову роботу;
- **обов'язковою умовою допуску до заліку** є відпрацювання, оформлення протоколів та захист всіх лабораторних робіт з дисципліни;
- правила захисту лабораторних робіт: рекомендується індивідуальний захист лабораторних робіт (у складі бригади, який визначають на першому лабораторному занятті). Обов'язковою є наявність протоколів виконаних лабораторних робіт та відповідей на запитання для кожного студента;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за активність на лекційних заняттях, виконання лабораторних робіт, виконання модульної контрольної роботи, виконання залікової контрольної роботи, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- політика дедлайнів та перескладань:
 - несвоєчасний захист лабораторних робіт передбачає зменшення максимального балу, зазначеного у РСО за відповідний контрольний захід, до 75 %. Мінімальний бал не змінюється;
 - перескладання захистів лабораторних робіт не передбачено;
- правила призначення заохочувальних балів:
 - заохочувальні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% загальної кількості балів. Заохочувальні бали нараховують за результатами участі у кафедральних, факультетських, інститутських та всеукраїнських науково-дослідних роботах з тематики дисципліни;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з освітнього компонента «Електрофізичні процеси в ізоляції електрообладнання».
- При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль передбачає виконання лабораторних робіт та модульної контрольної роботи.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт.

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- 1) виконання та захист чотирьох лабораторних робіт.;
- 2) написання модульної контрольної роботи.

№, з/п	Контрольний захід	Макс. бал	Кількість	Всього
1	Виконання лабораторних робіт	15	4	60
2	Виконання модульної контрольної роботи	20	2	40
РАЗОМ				100

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал –15.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи – $15 \text{ балів} * 4 = 60 \text{ балів}$.

Мінімальна кількість балів на лабораторних заняттях – $15 \text{ балів} * 4 * 60\% = 36 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

- відмінна підготовка до лабораторної роботи (наявність протоколу, знання мети роботи, знання основних теоретичних положень, які перевіряються), активна участь у виконанні досліджень, правильна та охайна обробка результатів дослідів, чіткі відповіді на контрольні питання за темою роботи – $(0,95...1) * 15 \text{ балів}$;
- дуже добра підготовка до лабораторної роботи (наявність протоколу, знання мети роботи, знання основних теоретичних положень, які перевіряються), пасивна участь у виконанні досліджень, правильна обробка результатів дослідів, відповіді на контрольні питання за темою роботи без суттєвих помилок – $(0,85...0,94) * 15 \text{ балів}$;
- добра підготовка до лабораторної роботи, активна участь у виконанні досліджень, несуттєві помилки при обробці результатів дослідів, неповні відповіді на контрольні питання – $(0,75...0,84) * 15 \text{ балів}$;
- задовільна підготовка до лабораторної роботи, пасивна участь у виконанні досліджень, наявні помилки при обробці результатів дослідів, неповні відповіді на контрольні питання – $(0,65...0,74) * 15 \text{ балів}$; – недостатня підготовка до лабораторної роботи, пасивна участь у виконанні досліджень, значні помилки при обробці результатів дослідів, часткові відповіді на контрольні питання – $(0,6...0,64) * 15 \text{ балів}$;
- неготовність до лабораторної роботи, пасивна участь у виконанні досліджень, неякісна обробка результатів, невірні відповіді на контрольні питання за темою роботи – 0 балів.

Виконання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота з дисципліни передбачає письмові відповіді студента на два теоретичних питання. Кожне теоретичне питання оцінюється у максимум 20 балів. Максимальна оцінка за успішне виконання модульної контрольної роботи складає $20 * 2 = 40$ бали.

Критерії оцінювання кожного теоретичного питання:

- відмінне виконання одного питання модульної контрольної роботи (95 – 100% інформації відповіді) – $(0,95...1) * 20$ балів;
- дуже добре виконання одного питання модульної контрольної роботи (85 – 94% інформації відповіді) – $(0,85...0,94) * 20$ балів;
- добре виконання одного питання модульної контрольної роботи (75 – 84% інформації відповіді) – $(0,75...0,84) * 20$ балів;
- задовільне виконання одного питання модульної контрольної роботи (65 – 74% інформації відповіді) – $(0,65...0,74) * 20$ балів;
- достатнє виконання одного питання модульної контрольної роботи (60 – 64% інформації відповіді) – $(0,6...0,64) * 20$ балів;
- незадовільне виконання одного питання модульної контрольної роботи – 0 балів.

Форма семестрового контролю – залік

За умови виконання вимог допуску до семестрового контролю та отримання не менше 60 балів стартового рейтингу студент має право переведення балів стартового рейтингу у підсумкову оцінку за дисципліну.

За умови виконання вимог допуску до семестрового контролю, або якщо студент отримав 60 чи більше балів та хоче підвищення оцінки за дисципліну, він зобов'язаний писати залікову контрольну роботу, при цьому стартовий рейтинг студента скасовується, а оцінка за залікову контрольну роботу є підсумковою за дисципліну.

Залікове завдання містить 3 залікових питання. Перше залікове питання оцінюється максимально у 34 бали, друге та третє залікові питання оцінюються максимально у 33 бали кожне.

Критерії оцінювання першого залікового питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 32-34 балів;
- «дуже добре», майже повна відповідь на питання у обсязі не менш, ніж 85% потрібної інформації, або незначні неточності – 29-33 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 25-28 балів;
- «задовільно», неповна відповідь у обсязі не менш ніж 65% потрібної інформації та деякі несуттєві помилки – 22-24 балів;
- «достатньо», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі суттєві помилки) – 20-21 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Критерії оцінювання другого та третього залікових питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 32 – 33 балів,
- «дуже добре», майже повна відповідь на питання у обсязі не менш, ніж 85% потрібної інформації, або незначні неточності – 29-31 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 25-28 балів;
- «задовільно», неповна відповідь у обсязі не менш ніж 65% потрібної інформації та деякі несуттєві помилки – 22-24 балів;

– «достатньо», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі суттєві помилки) – 20 – 21 балів;

– «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Остаточний рейтинг студента складає суму балів, отриманих за виконання всіх завдань, передбачених PCO, або за виконання залікового завдання.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (як Додаток 1 до силабусу)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: старший викладач кафедри теоретичної електротехніки, к.т.н, Гаран Ярослав Олександрович

Ухвалено кафедрою теоретичної електротехніки (протокол № 18 від 25.06.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 6 від 27.06.2025 р.)

ПЕРЕЛІК ЗАЛІКОВИХ ПИТАНЬ з освітнього компонента «Електрофізичні процеси в ізоляції електрообладнання»

рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
спеціальності	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – 141
освітня програма	Електричні машини і апарати
форма навчання	денна

Перелік залікових питань, які виносяться на семестровий контроль

1. *Поняття сильних електричних та магнітних полів.*
2. *Дія сильних електричних та магнітних полів на активні середовища.*
3. *Умовні границі високих напруг для систем змінного та постійного струму.*
4. *Структурні складові комплексу техніки високих напруг.*
5. *Чим досягається можливість роботи електрообладнання, складові частини якого знаходяться під різними потенціалами високої напруги?*
6. *Зовнішня ізоляція.*
7. *Внутрішня ізоляція.*
8. *Зовнішні та внутрішні перенапруги і їхні показники.*
9. *Класи високої напруги змінного струму (таблиця значень).*
10. *Особливості систем 3 ... 35 кВ, 110 ... 220 кВ, 330 ... 750 кВ.*
11. *Визначення діелектриків.*
12. *Електропостачальна система, електрична мережа (визначення).*
13. *Електрична лінія, лінія електропередавання (визначення).*
14. *Електротехнічний виріб, електротехнічний пристрій (визначення).*
15. *Електрообладнання, електроустаткування (визначення).*
16. *Найбільша робоча напруга електрообладнання, перенапруга (визначення).*
17. *Ізоляція електротехнічного виробу (пристрою).*
18. *Електричний розряд, повний розряд, пробій діелектрику.*
19. *Іскровий розряд, частковий розряд, перекриття.*
20. *Електрична міцність.*
21. *Випробувальна напруга.*
22. *Розрядна напруга.*
23. *Витримувана напруга.*
24. *Технічне діагностування, технічний стан.*
25. *Загальна характеристика газових діелектриків.*
26. *Загальна характеристика рідких діелектриків.*
27. *Ізоляційні рідини рослинного походження.*
28. *Загальна характеристика твердих діелектриків.*
29. *Процеси старіння діелектриків.*
30. *Класи нагрівостійкості електроізоляційних матеріалів.*
31. *Небезпечні фактори при роботі з електрикою.*
32. *Розподілення електричного поля в електродному проміжку. Напруженість електричного поля.*
33. *Однорідне, квазіоднорідне, різко неоднорідне електричне поле.*
34. *Коефіцієнт неоднорідності електричного поля.*
35. *Вплив на електричну міцність мікронерівностей поверхонь електродів.*
36. *Вплив на електричну міцність провідних та ізоляційних мікровключень частинок.*

37. Основні компоненти повітря. Вміст у повітрі парів води.
38. Умови НТТ.
39. Переваги та недоліки газової ізоляції.
40. Природні іонізатори.
41. Відносна густина повітря δ .
42. Довжина вільного пробігу електрона λ .
43. Середня швидкість дрейфового руху електрона в електричному полі.
44. Рухливість електронів.
45. Співвідношення рухливості електронів та іонів.
46. Процеси збудження та іонізації атомів (молекул) при зіткненні з електронами.
47. Дифузія частинок.
48. Рекомбінація.
49. Плазма – четвертий агрегатний стан речовини.
50. Коефіцієнт ударної іонізації електронами.
51. Лавина електронів. Кількість електронів у лавині.
52. Співвідношення Ейнштейна для електронів та іонів.
53. Напруженість електричного поля на зовнішній границі лавини.
54. Умови безупинного розвитку лавини.
55. Поняття стримера та його дія.
56. Електропозитивні та електронегативні гази.
57. Ефективний коефіцієнт ударної іонізації з урахуванням «прилипання» електронів.
58. Термоелектрона та автоелектронна емісія, вторинна електронна емісія, фотоефект.
59. Збуджені метастабільні атоми (молекули) та явища східчастої (ступінчастої) електронної іонізації та фотоіонізації.
60. Коефіцієнт вторинної іонізації γ .
61. Умова самостійності розряду в однорідному полі.
62. Умова самостійності розряду в неоднорідному полі.
63. Формула закону Пашена.
64. Крива Пашена для повітряного проміжку з однорідним полем.
65. Пояснення лівої «гілки» закону Пашена.
66. Пояснення правої «гілки» закону Пашена.
67. Аналітична залежність розрядної напруги повітряного проміжку (для однорідного поля).
68. Розрядна напруженість E_p для повітря в однорідному полі.
69. Початкова напруженість поля та початкова напруга.
70. Картина поля для проміжку: стрижень позитивної полярності – площа.
71. Картина поля для проміжку: стрижень негативної полярності – площа.
72. Ефект полярності.
73. Бар'єр в електричному полі.
74. Вирівнювання електричного поля за допомогою бар'єру.
75. Залежність розрядної напруги від розташування бар'єру в проміжку: стрижень-площа.
76. Еквівалентна схема гірлянди ізоляторів.
77. Нерівномірне розподілення напруги в гірлянді ізоляторів та його «вирівнювання».
78. Залежність товщини ізоляції від робочої напруги, допустимої напруженості та коефіцієнта неоднорідності поля.
79. Регулювання електричного поля методом градирування ізоляції.
80. Регулювання електричного поля за допомогою обкладинок.
81. Зменшення напруженості поля в кінцевій зоні обкладинок.
82. Максимальна напруженість поля вздовж поверхні твердого діелектрика при використанні напівпровідникової плівки.
83. Формула Піка.
84. Початкова напруженість появи корони на проводах ПЛ.
85. Коефіцієнт негладкості поверхні проводу ПЛ за умов сухої погоди, туману.
86. Коефіцієнт негладкості поверхні проводу за умов інею, голольоду, паморозі.
87. Коефіцієнт негладкості поверхні проводу за умов дощу, мокрого снігу.

88. Коефіцієнт негладкості поверхні проводу за умов сухого снігу.
89. Як змінюється напруженість поля у часі на поверхні проводу при коронуванні ПЛ на змінній напрузі?
90. Порівняйте інтенсивність корони на змінній та постійній напрузі при однакових амплітудних значеннях напруги.
91. Порівняйте напругу запалювання корони змінного струму за позитивної та негативної полярності.
92. Чим відрізняється розширення проводу ПЛ від розщеплення?
93. Їмність розщепленої фази надвисокої напруги.
94. Еквівалентний радіус розщепленої фази.
95. Середня напруженість електричного поля на поверхні проводів розщепленої фази.
96. Максимальна напруженість електричного поля на поверхні проводів розщепленої фази.
97. Співвідношення радіусу розщеплення, еквівалентного радіусу та коефіцієнту посилення поля з відстанню між розщепленими проводами для ПЛ-330 кВ.
98. Співвідношення радіусу розщеплення, еквівалентного радіусу та коефіцієнту посилення поля з відстанню між розщепленими проводами для ПЛ-500 кВ.
99. Співвідношення радіусу розщеплення, еквівалентного радіусу та коефіцієнту посилення поля з відстанню між розщепленими проводами для ПЛ-750 кВ.
100. Критична напруженість електричного поля при розрахунку втрат на корону.
101. Критична напруга струмопроводу ПЛ.
102. Формула питомих втрат ПЛ надвисокої напруги на корону.
103. Особливості розрахунку втрат на корону для середньої фази ПЛ надвисокої напруги.
104. Еквівалентна ємність об'ємного заряду корони.
105. Функція $F\left(\frac{U_{фа}}{U_k}\right)$ та її опорні значення.
106. Інтерполяція функції $F\left(\frac{U_{фа}}{U_k}\right)$ між опорними значеннями.
107. Що визначається при випробуваннях ізоляції підвищеною напругою.
108. Три основні види випробувань електроустаткування підвищеною напругою.
109. Поняття промислової частоти при випробуваннях підвищеною напругою.
110. Які види випробувань підвищеною напругою нормуються для електрообладнання 3 – 35 кВ за ГОСТ 1516.3?
111. Чим відрізняються характеристики випробувань електрообладнання 3 – 35 кВ за ГОСТ 1516.3 для рівня ізоляції «а» та «б»?
112. Для яких класів напруги в ГОСТ 1516.3 нормуються випробування комутаційним імпульсом?
113. Чим відрізняються характеристики випробувань електрообладнання надвисокої напруги за ГОСТ 1516.3 для рівня ізоляції «а» та «б»?
114. Які види випробувань підвищеною напругою нормуються для електрообладнання надвисокої напруги за ГОСТ 1516.3?
115. Чому для високовольтних кабелів змінного струму проводяться випробування не змінною, а постійною напругою?
116. Поясніть коефіцієнт зміцнення щодо випробувань ізоляції.
117. Характеристики повного грозового імпульсу напруги.
118. Характеристики грозового імпульсу, зрізаного на фронті.
119. Характеристики грозового імпульсу, зрізаного на спаді напруги.
120. Коли необхідно проводити коректування нормованих за ГОСТ 1516.3 випробних напруг в реальних умовах випробування і як вони визначаються?
121. Що визначає поняття 50% розрядна напруга при випробуваннях імпульсними напругами?
122. Назвіть три методи випробувань самовідновлюваної ізоляції імпульсними напругами.
123. Характеристики аперіодичного комутаційного імпульсу.
124. Характеристики коливального комутаційного імпульсу.

125. Поясніть триударний метод випробувань несамовідновлюваної ізоляції повним та зрізаним грозовим імпульсом.
126. Поясніть 15-ударний метод випробувань самовідновлюваної ізоляції комутаційним імпульсом в сухому стані і під дощем.
127. Поясніть складові терміну розряду при дії імпульсу напруги.
128. Поясніть поняття вольт-секундної характеристики ізоляції та наведіть її типовий вид.
129. Вид вольт-секундної характеристики для ізоляції з однорідним та неоднорідним полем.
130. Що визначає коефіцієнт імпульсу ізоляції?
131. Поясніть різницю каналу стримера та каналу лідера.
132. Коли розпочинається головний розряд блискавки? Охарактеризуйте його особливості.
133. Амплітуда струму, що розповсюджується зі швидкістю V по каналу з лінійною густиною заряду σ .
134. Як співвідносяться між собою опір заземлення R та хвильовий опір каналу блискавки Z ?
135. Яка характерна напруженість електричного поля в стримерній зоні та в каналі лідера?
136. Поясніть виникнення електричного заряду грозової хмари.
137. Визначте розмір стримерної зони за формулою Лемке.
138. Поясніть формулу Лемке для 50% розрядної напруги довгих повітряних проміжків.
139. Вражаючі фактори розряду блискавки.
140. Вірогідність значень струму блискавки, більше I_6 (кА).
141. Вірогідність крутизни струму блискавки, більше a (кА/мкс).
142. Як орієнтовно співвідноситься число грозових днів та грозових годин (на рік)?
143. Число ударів блискавки за 100 грозових годин у споруду з розмірами: $A(м) \times B(м) \times H(м)$.
144. Число ударів блискавки в повітряну лінію довжиною 100 км за 100 грозових годин.
145. Три характерні види електричних полів для ізоляторів різних конструкцій.
146. Опишіть поняття ковзного розряду.
147. Порівняйте розрядні напруги ізоляторів з переважною тангенційною та нормальною складовою електричного поля.
148. Формула Теплера для довжини ковзного розряду.
149. Напруга перекриття ізолятора ковзним розрядом.
150. Залежність напруги ковзного розряду від питомої поверхневої ємності діелектрика.
151. Формула питомої поверхневої ємності для плоского діелектрика.
152. Формула питомої поверхневої ємності для прохідного ізолятора.
153. Опишіть особливості розряду по зволоженій та забрудненій поверхні ізолятора.
154. Струм витоку для циліндричного ізолятора. Назвіть заходи його зменшення.
155. Кількість ізоляторів в гірлянді ПЛ 35 кВ для умов чистої та забрудненої атмосфери.
156. Вибір числа ізоляторів в гірлянді з урахуванням коефіцієнта ефективності ізолятора.
157. Ефективна довжина шляху витоку ізолятора.
158. Заходи забезпечення високої розрядної напруги ізоляторів в умовах промислових забруднень
159. Порівняйте довжину шляху витоку звичайних та брудостійких ізоляторів.
160. Особливості електричної дуги як завершальної стадії електричних розрядів у високовольтній ізоляції.
161. Особливі властивості твердих діелектриків.
162. Електропровідність твердих діелектриків.
163. Механізми пробую твердих діелектриків на змінній (та імпульсній) напрузі.
164. Електричний пробій твердих діелектриків.
165. Коефіцієнт кумулятивності.
166. Об'ємна густина діелектричних втрат у твердому діелектрику.
167. Пробивна напруга пластини твердого діелектрика (за механізмом теплового пробую) при двосторонньому та односторонньому охолодженні.
168. Пробивна напруга циліндричного твердого діелектрика (за механізмом теплового пробую) при зовнішньому охолодженні.

169. Функція $\varphi(\theta)$ в теорії теплового пробоя твердого діелектрика та її значення.
170. Іонізаційний пробій твердого діелектрика.
171. Еквівалентна схема твердого діелектрика з вкрапленням.
172. Напруженість електричного поля у вкрапленні твердого діелектрика (для його різних форм).
173. Напряга часткового розряду за еквівалентною схемою твердого діелектрика з вкрапленням.
174. Поняття уявного заряду часткового розряду.
175. Неелектричні методи реєстрації ЧР.
176. Електричні методи реєстрації ЧР.
177. Схеми установок для вимірювання характеристик ЧР.
178. Кількісні характеристики ЧР.
179. Особливі властивості рідких діелектриків. Ізоляційні рідини, що найбільш широко використовуються в ТВН.
180. Електропровідність рідких діелектриків.
181. Поляризація в рідких діелектриках.
182. Види домішок в рідких діелектриках, їх перебування у розчиненому або вільному стані та вплив на електричну міцність.
183. Стандартизоване визначення електричної міцності ізоляційних рідин.
184. Залежності електричної міцності ізоляційної оливи від температури за різної кількості води (та їх пояснення).
185. Залежності розрядних напруг ізоляційної оливи від відстані між електродами за дії синусоїдальної напруги (та їх пояснення).
186. Залежності розрядних напруг ізоляційної оливи від відстані між електродами «стрижень-площина» (та їх пояснення).
187. Аналітичні вирази для пробивної напруги очищеної ізоляційної оливи (проміжок «стрижень-площина»).
188. Комбінації із рідких і твердих діелектриків: покриття, ізолювання, бар'єри.
189. Паперово-масляна та масло-бар'єрна ізоляція, їх застосування, сушіння, вакуумування, просочення.
190. Ескіз розташування обмоток активної частини силового триобмоткового однофазного трансформатора. Обмотки НН, СН, ВН (приклади значень НН, СН, ВН).
191. Ескіз розташування перерізу обмоток і бар'єрів активної частини триобмоткового трифазного трансформатора.
192. Чим визначається пробивна напруга для масло-бар'єрної ізоляції силових трансформаторів?
193. Класифікація ізоляції силових трансформаторів.
194. Типи ізоляційних бар'єрів в силових трансформаторах, їх місце знаходження в ізоляційних проміжках.
195. Співвідношення максимальної напруженості електричного поля на куті котушки та середньої напруженості в масляному каналі.
196. Пробивна напруженість масляного каналу для напруги промислової частоти, комутаційного та грозового імпульсу.
197. Залежність амплітудного значення пробивної напруги виткової (паперово-масляної) ізоляції від товщини.
198. Повна схема заміщення обмотки трансформатора при набіганні імпульсу напруги та її частковий випадок для початку імпульсного процесу.
199. Початкове розподілення напруги, усталене розподілення напруги та крива максимальних амплітуд перехідного імпульсного процесу для обмотки із заземленою нейтраллю.
200. Початкове розподілення напруги, усталене розподілення напруги та крива максимальних амплітуд перехідного імпульсного процесу для обмотки з ізолюваною нейтраллю.
201. Ємнісний захист обмотки ВН трансформатора.
202. Застосування переплетення витків в обмотці ВН трансформатора.

203. *Схеми головної та повздовжньої ізоляції обмотки 35 кВ силового трансформатора.*
204. *Схема ізоляції обмотки ВН трансформатора класу 110 кВ.*
205. *Схема ізоляції обмотки ВН трансформатора класу 220 кВ (із вводом на середину обмотки).*
206. *Особливості сушіння та просочення ізоляції силових високовольтних трансформаторів.*
207. *Типи високовольтних прохідних ізоляторів. Вводи.*
208. *Напруженість поля на куті заземлюваного фланця прохідного ізолятора.*
209. *Розрахунок довжини повітряного та масляного кінців фарфорових покришок прохідних ізоляторів.*
210. *Розрахунок діаметра струмопровідного стрижня або розмірів струмопровідної труби прохідного ізолятора.*
211. *Розрахунок ізоляції для прохідного ізолятора з суцільним твердим діелектриком. Заходи по недопущенню розрядів на струмопровідному стрижні та в зовнішній частині ізолятора.*
212. *Ескіз конструкції прохідного ізолятора конденсаторного типу та розподіл електричного поля в ньому.*
213. *Розрахунок ізоляції масло-бар'єрного прохідного ізолятора.*
214. *Вводи з паперово-масляною ізоляцією і конденсаторними обкладками.*
215. *Будова прохідного ізолятора з твердим діелектриком і конденсаторними обкладками (переваги й недоліки типу).*
216. *Визначення виділюваної в об'ємі ізоляції ввода потужності.*
217. *Визначення розподілу температури в ізоляційному остові вводу.*
218. *Визначення тепловіддачі з поверхні вводу.*
219. *Визначення стійкості прохідного ізолятора до теплового пробою на основі побудови графіків залежності виділюваної потужності у вводі та тепловіддачі від температури струмопровідного стрижня (струмопровідної труби).*
220. *Схема для випробувань високою напругою промислової частоти за допомогою однофазного двообмоткового трансформатора.*
221. *Схема каскаду трансформаторів для випробувань ультрависокою напругою промислової частоти.*
222. *Схема множення випрямленої високої напруги Кокрофта-Уолтона.*
223. *Схема генератора імпульсних напруг (ГІН) Аркадьєва-Маркса. Які елементи ГІН визначають одержання повного грозового, аперіодичного комутаційного, коливального комутаційного імпульсів ГІН.*
224. *Вимірювання високої напруги за допомогою кульових розрядів.*
225. *Вимірювання високої напруги за допомогою електростатичних кіловольтметрів.*
226. *Вимірювання високої напруги за допомогою подільників напруги (їх переваги порівняно з існуючими високовольтними трансформаторами напруги).*
227. *Основні елементи силового високовольтного кабелю.*
228. *Основні типи ізоляції високовольтних кабелів.*
229. *Пластмасова ізоляція високовольтних кабелів.*
230. *Кабелі з в'язким просоченням.*
231. *Маслонаповнені кабелі.*
232. *Кабелі з пластмасовою ізоляцією.*
233. *Кабелі з примусовим охолодженням.*
234. *Короточасна електрична міцність ізоляції кабелів.*
235. *Старіння і тривала електрична міцність кабельної ізоляції.*
236. *Характерні залежності електричної міцності від часу для кабелів з пластмасовою ізоляцією.*
237. *Вибір допустимих напруженостей електричного поля в електричних кабелях.*
238. *Найбільше значення напруженості в одножильних кабелях з екранованою циліндричною жилою.*
239. *Випробувальні напруги кабелів при різних видах випробувальних впливів.*
240. *Найбільша напруженість електричного поля в кабелях з секторними жилами.*
241. *Найбільша напруженість в k-ому шарі градірованої ізоляції з n-шарів.*

242. Зовнішній радіус неградированої ізоляції кабеля.
243. Кабельні муфти.
244. Класифікація і умови роботи ізоляції обертових електричних машин високої напруги.
245. Термопластична та термореактивна ізоляція електричних машин.
246. Регулювання електричного поля в ізоляції електричних машин.
247. Характеристики та технологія виготовлення ізоляції Моноліт-2.
248. Структура ізоляції обмотки статора з повітряним охолодженням класу 6 кВ.
249. Структура ізоляції обмотки статора з охолодженням обмотки водою класу 20 кВ.
250. Схема регулювання електричного поля в ізоляції електричної машини в зоні виходу обмотки з пазу.
251. Формули розрахунку випробувальних напруг термореактивної ізоляції статорних обмоток турбогенераторів, гідрогенераторів, синхронних компенсаторів.
252. Короткочасна електрична міцність корпусної ізоляції електричних машин високої напруги.
253. Вибір товщини нормальної і стоншеної ізоляції електричних машин високої напруги.
254. Залежність пробивної напруженості ізоляції електричних машин високої напруги від тривалості впливу.
255. Розрахункові кратності внутрішніх перенапруг.
256. Визначення випробувальних напруг промислової частоти.
257. Поняття координати ізоляції.
258. Визначення випробувальних напруг комутаційних імпульсів.
259. Визначення випробувальних напруг грозових імпульсів.
260. Схема заміщення двошарової ізоляції.
261. Визначення наскрізного струму та струму абсорбції, повний струм в ізоляції.
262. Температурний перерахунок опору ізоляції трансформаторів.
263. Визначення коефіцієнта абсорбції та його нормування.
264. Метод «ємність-частота», критеріальне відношення $\frac{C_2}{C_{50}}$.
265. Схема заміщення ізоляції з урахуванням процесів абсорбції.
266. Метод «ємність-час», критеріальне відношення $C_{абс}/C_T$ та його залежність від температури.
267. Функціональна схема приладу ПКВ-7 та принцип вимірювання ємнісних характеристик ізоляції.
268. Визначення коефіцієнтів K_1 та K_c на основі вимірювання змін струму абсорбції у часі.
269. Принцип вимірювання струму абсорбції ізоляції та його реалізація в приладі У-268 (за функціональною схемою).
270. Формула діелектричних втрат в ізоляції.
271. Тангенс кута діелектричних втрат як характеристика стану ізоляції, його чутливість до погіршення характеристик в частин об'єму ізоляції.
272. Температурний перерахунок тангенса кута діелектричних втрат для ізоляції силових трансформаторів.
273. Схема вимірювання тангенса кута діелектричних втрат ізоляції за допомогою вимірювального моста.
274. Вплив іншого високовольтного обладнання на результати виміру тангенса кута діелектричних втрат ізоляції та метод відстроювання від цього впливу.
275. Схема установки для виміру тангенса кута діелектричних втрат ізоляції з використанням фазорегулятора.
276. Оцінка стану за результатами вимірів $tg\delta$ та інтенсивності ЧР в ізоляції (надати в табличному виді).
277. Можливі зміни $tg\delta$ ізоляції у часі (на прикладі високовольтного вводу).
278. Вимір ЧР в експлуатації без відключення працюючого високовольтного обладнання (склад апаратури).

279. Вимір ЧР в експлуатації без відключення працюючого високовольтного обладнання (способи відмежування від завод).
280. Вимір ЧР в експлуатації без відключення працюючого високовольтного обладнання (роль обробки результатів та визначення тренду за допомогою EOM).
281. Методи діагностування стану ізоляції високовольтного обладнання.
282. Основні задачі діагностування стану високовольтного електроустаткування.
283. Кратність та інші характеристики перенапруг.
284. Дві групи перенапруг в залежності від причин їх виникнення.
285. Три види грозових перенапруг.
286. Вплив імпульсів грозових перенапруг на ізоляцію електроустановок, розташованих на значному віддаленні від місця їх виникнення.
287. Два види внутрішніх перенапруг.
288. Чотири види квазістаціонарних перенапруг.
289. Причини виникнення комутаційних перенапруг.
290. Загальне призначення заходів захисту від перенапруг.
291. Превентивні заходи захисту від перенапруг.
292. Використання дугогасних реакторів в трифазних системах з ізолюваною (компенсованою) нейтраллю.
293. Комутаційні заходи захисту від перенапруг.
294. Три основні типи заземлень в електричних мережах високої напруги.
295. Виконання заземлення установки високої напруги.
296. Опір розтікання заземлювача.
297. Дві складові опору заземлюючого пристрою.
298. Коефіцієнт імпульсу заземлювача.
299. Значення коефіцієнту імпульсу заземлювача менше одиниці та пояснення причини їх виникнення.
300. Значення коефіцієнту імпульсу заземлювача більше одиниці та пояснення причини їх виникнення.
301. Коефіцієнт імпульсу для протяжних заземлювачів (формула).
302. Виконання глибинних заземлювачів в районах з питомим опором ґрунту $\rho > 1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.
303. Переваги і недоліки іскрових проміжків як захисних апаратів від перенапруг.
304. Переваги і недоліки трубчатих розрядників як захисних апаратів від перенапруг.
305. Принцип та послідовність дії вентильних розрядників.
306. Особливості гасіння дуги в іскрових проміжках вентильних розрядників типу РВС, РВО; РВМ, РВМГ; РВТ, РВРД.
307. Захисний коефіцієнт розрядника K_z .
308. Вольт-амперна характеристика нелінійного послідовного опору вентильного розрядника (ділянки А та Б).
309. Аналітичний вираз вольт-амперної характеристики варистора.
310. Високонелінійні оксидно-цинкові резистори (варистори).
311. Обмежувачі перенапруг нелінійні (ОПН) та їх орієнтовні характеристики для класів напруг 35, 110, 150, 220, 330, 500 кВ.
312. Логічна схема розвитку грозових аварій ПЛ 110 кВ і вище.
313. Ймовірність прориву блискавки на фазні проводи, минаючі троси.
314. Число вимкнень лінії при ударах блискавки в проводи.
315. Схема розрахункових випадків грозового ураження ліній з тросами.
316. Число вимкнень внаслідок зворотних перекриттів при ударах блискавок в вершину опори.
317. Розрахунковий струм блискавки, за якого можливе зворотне перекриття ізоляції ПЛ.
318. Таблиця параметрів блискавкозахисту ПЛ класів 110...750 кВ.
319. Таблиця параметрів блискавкозахисту ПЛ класів 6; 35 кВ.
320. Крива небезпечних струмів та крутизни струмів блискавки.
321. Число вимкнень при ударах блискавки поблизу лінії.
322. Заходи забезпечення грозозахисту ПЛ (особливі випадки).
323. Заходи забезпечення грозозахисту підстанцій.

- 324. *Інтервал координації ΔU_k .*
- 325. *Допустимі рівні грозових перенапруг для силових трансформаторів і шунтуючих реакторів класів 35...750 кВ та їх визначення.*
- 326. *Формула Горева-Машкіллейсона.*
- 327. *Коефіцієнт деформації фронту хвилі внаслідок імпульсної корони.*
- 328. *Грозозахист підходів ліній до підстанцій.*
- 329. *Розрахункове число відключень підстанції 220 кВ при приході небезпечних хвиль грозових перенапруг внаслідок проривів блискавки на проводи на підході лінії до підстанції.*
- 330. *Захист від грозових перенапруг сторін ВН, СН та НН силових трансформаторів.*
- 331. *Захист від грозових перенапруг підстанцій 3 ... 20 кВ з кабельними вставками.*
- 332. *Визначення критичної довжини підходу до підстанції.*
- 333. *Коефіцієнт заломлення для з'єднання ПЛ – КЛ.*
- 334. *Особливості паралельного приєднання РВ (ОПН).*
- 335. *Захист від перенапруг в спрощених схемах приєднань.*
- 336. *Схеми блискавкозахисту обертових електричних машин високої напруги та їх порівняння.*
- 337. *Використання матеріалів ПУЕ для вибору засобів захисту від перенапруг. Захист від внутрішніх перенапруг.*
- 338. *Вольт-часова характеристика ОПН.*
- 339. *Розрядні струми ОПН.*
- 340. *Захисні характеристики ОПН.*
- 341. *Загальні відомості про ОПН.*
- 342. *Тривало допустима робоча напруга ОПН, приклади.*
- 343. *Допустима енергія, що поглинається ОПН, приклади.*
- 344. *Визначення вихідних параметрів електромережі для вибору ОПН.*
- 345. *Перевірка ОПН на тривало допустиму робочу напругу.*
- 346. *Перевірка залишкової напруги ОПН при дії грозових перенапруг.*
- 347. *Перевірка ОПН за навантаженням енергією внутрішніх перенапруг.*
- 348. *Приклад вибору ОПН (кабельна мережа 6 кВ).*
- 349. *Приклад вибору ОПН (повітряна мережа 10 кВ).*
- 350. *Приклад вибору ОПН (повітряно-кабельна мережа 35 кВ).*

Перелік залікових питань склав: Ярослав ГАРАН

Ухвалено на засіданні кафедри ТЕ (протокол № 18 від 25.06.2025 р.)