



ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ. ЧАСТИНА 2

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 – Електрична інженерія
Спеціальність	141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	Всього 6,5 кредитів ECTS / 195 годин; аудиторних – 72 години: лекції – 36 години; лабораторні роботи – 18 годин; практичні заняття – 18 годин; самостійна робота – 123 години
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен / МКР, захист лабораторних робіт, виконання практичних завдань
Розклад занять	1 лекція (2 години) 1 раз на тиждень; 1 практичне заняття (2 години) 1 раз на 2 тижні; 1 лабораторна робота (4 години) 1 раз на 2 тижні.
Мова викладання	Українська
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 Практичні: к.т.н., Гаран Ярослав Олександрович, y.garan@kpi.ua
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/NDQ5MDY4NDI0NDIw?cjc=255mefu

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Електричні апарати» складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою дисципліни є формування і конкретизація знань з будови, функціонування та теоретичних розрахунків характеристик типових електричних апаратів з метою застосування отриманої інформації для вирішення професійних завдань в області технічної експлуатації електроенергетичного обладнання та енергетиці, а також формування та закріплення у студентів наступних компетентностей:

Компетентності:

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

K15. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

K17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.

K20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

K22. Здатність розробляти проекти автоматизованих систем керування технологічними процесами на базі мікропроцесорної техніки.

K23. Здатність використовувати методи сучасної теорії керування складними об'єктами, оцінювання стану та їх параметрів, адаптивного настроювання параметрів цифрових регуляторів для створення автоматизованих систем керування технологічними процесами на основі мікропроцесорних контролерів.

K26. Здатність застосовувати електричні апарати для управління пуском, регулювання частоти обертання і здійснення електричного гальмування електродвигунів, регулювання струмів і напруг генераторів.

Предметом вивчення дисципліни є улаштування, функціонування, параметри та режими роботи, випробування та діагностування електричних апаратів.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна:

ПРО2. Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.

ПРО6. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР20. Знати і розуміти принципи роботи автоматизованих систем керування технологічними процесами.

ПР21. Знати і розуміти теоретичні, методологічні та інженерні основи створення і реалізації автоматизованих систем керування технологічними процесами.

ПР22. Вміти працювати із загальним програмним забезпеченням автоматизованих систем керування технологічними процесами.

Дисципліна «Електричні апарати» є базою для спеціальних електротехнічних дисциплін, в яких використовують характеристики електричних апаратів, призначених для комутації, захисту, контролю та регулювання параметрів електричних кіл. Дисципліна належить до циклу професійної підготовки і вивчається студентами в 3 та 4 семестрах навчання («Електричні апарати. Частина 1» та «Електричні апарати. Частина 2») за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітньої програми «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси. Ця дисципліна сприяє формуванню у студентів базових понять, вмінь та навичок стосовно теоретичних основ функціонування електричних апаратів. Зокрема,

Здатність:

- пов'язувати фізичні процеси, які відбуваються під час експлуатації електричних апаратів, з фізичними явищами та математичними співвідношеннями, які описують відповідні процеси;

- розраховувати параметри електричних апаратів за різних режимів їх роботи та у відповідності до діючих нормативних документів;

- обирати типові електричні апарати у відповідності до умов експлуатації та характеристик електрообладнання;

- користуватися термінологією електроапаратобудування, розуміння відповідних схем та креслень, використовувати результати експериментальних досліджень для визначення характеристик електричних апаратів.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- ~ базових понять про конструкцію, типи та електрофізичні процеси, що протікають в електричних апаратах;
- ~ закономірностей електромагнітної взаємодії між елементами електричних апаратів;
- ~ закономірностей теплових процесів в елементах електричних апаратів;
- ~ закономірностей появи та гасіння електричної дуги в електричних апаратах;
- ~ базових понять про типові механізми, що використовуються в електричних апаратах;
- ~ закономірностей поєднання електромагнітної, теплової та механічної взаємодії між елементами електричних апаратів;
- ~ класифікації типів електричних апаратів та їх виконання;
- ~ методів випробування та діагностування електричних апаратів;

уміння:

- ~ розраховувати параметри термічної стійкості електричних апаратів;
- ~ розраховувати параметри електродинамічної стійкості електричних апаратів;
- ~ розраховувати параметри ізоляції електричних апаратів;
- ~ розраховувати перенапруги, які виникають під час експлуатації електричних апаратів;
- ~ проводити аналіз послідовності робочих операцій електричних апаратів;
- ~ проводити випробування та діагностування електричних апаратів з метою визначення їх робочих характеристик та остаточного ресурсу;
- ~ перевіряти відповідності нормам та методам випробувань типів електричних апаратів;
- ~ застосовувати правила техніки безпеки при експлуатації електричних апаратів низької та високої напруги.

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

Місце дисципліни в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою. Дисципліна «Електричні апарати» є базовою дисципліною в структурі освітньої програми.

Дисципліна «Електричні апарати» входить до циклу дисциплін професійної підготовки і безпосередньо пов'язана з іншими дисциплінами навчальних планів вказаного напрямку.

Вивчення дисципліни базується на знаннях, одержаних в дисциплінах: «Фізика» (розділи: електричне поле і його характеристики; магнітне поле і його характеристики), «Теоретичні основи електротехніки» (розділи: лінії електричного кола постійного струму; 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), «Електротехнічні матеріали» (розділи: діелектрики; провідникові матеріали; магнітні матеріали; напівпровідникові матеріали), «Технічна механіка» (розділи: статика твердого тіла; кінематика матеріальної точки і твердого тіла; динаміка матеріальної точки і твердого тіла; елементи теорії опору матеріалів; загальні відомості про деталі машин).

Дисципліна «Електричні апарати» є базою для дисциплін «Електрична частина станцій та підстанцій», «Основи електроенергетики», «Електропостачання промислових та муніципальних об'єктів», а також для переддипломної практики студента.

3. Зміст навчальної дисципліни

Освітній компонент «Електричні апарати. Частина 1»

Розділ 1. Загальна теорія електричних апаратів

Тема 1.1 Основи теорії електричних апаратів

Вступ. Мета, завдання і загальна характеристика дисципліни. Значення електричних апаратів в електроенергетиці. Основні визначення. Основні вимоги до електричних апаратів.

Тема 1.2 Основи побудови електричних апаратів

Основні матеріали, які застосовуються у апаратобудуванні. Провідні частини електричних апаратів. Ізоляція електричних апаратів. Напівпровідникові частини електричних апаратів. Механічні вузли електричних апаратів. Корпуси електричних апаратів. Термінали електричних апаратів.

Тема 1.3 Основи розрахунку електродинамічних сил в паралельних провідниках при постійному струмі

Основи розрахунку електродинамічних сил. Методи розрахунку електродинамічних сил. Електродинамічні сили між паралельними провідниками.

Тема 1.4 Основи розрахунку електродинамічних сил в перпендикулярних провідниках при постійному струмі

Електродинамічні сили між перпендикулярними провідниками. Електродинамічні сили у провідниках змінного перерізу.

Тема 1.5 Електродинамічні зусилля при змінному струмі та резонанс

Електродинамічні сили при змінному струмі. Механічний резонанс. Умови механічної стійкості електричних апаратів.

Тема 1.6 Основи теплових розрахунків. Теплові втрати

Втрати в деталях електричних апаратів. Віддача теплоти нагрітим тілом. Нагрівання й охолодження однорідного провідника в часі при тривалому режимі роботи.

Тема 1.7 Процеси нагрівання та охолодження провідників

Нагрівання й охолодження однорідного провідника при короткочасному та при повторно-короткочасному навантаженні. Нагрівання однорідного провідника при короткому замиканні.

Тема 1.8 Термічна стійкість частин електричних апаратів

Нагрівання провідника змінного перерізу та нагрівання котушок. Припустима температура нагрівання частин апаратів. Термічна стійкість.

Тема 1.9 Електричні контакти. Основні поняття

Основні поняття. Перехідний опір контакту. Температура площадки контактування. Особливості роботи контактів при рідинному охолодженні.

Тема 1.10 Типи контактів. Особливості функціонування

Основні конструкції контактів. Параметри контактних конструкцій. Зношування контактів. Брязкіт контактів і способи боротьби з ним. Робота контактних систем в умовах короткого замикання. Способи компенсації електродинамічних сил у контактах. Матеріали для контактних з'єднань.

Тема 1.11 Основи теорії горіння й гасіння електричної дуги

Процеси в дуговому проміжку. Вольт-амперні характеристики дуги.

Тема 1.12 Умови гасіння дуги постійного струму

Умови гасіння дуги постійного струму. Опір і потужність дуги. Енергія, що виділяється в дузі.

Тема 1.13 Умови гасіння дуги змінного струму

Особливості горіння й гасіння дуги змінного струму. Деякі особливості гасіння дуги змінного струму підвищеної частоти.

Тема 1.14 Способи гасіння електричної дуги

Загальні положення. Гасіння відкритої дуги в магнітному полі. Гасіння дуги в поздовжніх проміжках. Способи збудження магнітного поля дугогасіння. Полум'я дуги й боротьба з ним. Припустима частота відключень апаратів із закритими камерами.

Тема 1.15 Гасіння дуги в дугогасних камерах

Газодинамічні явища в закритих дугогасильних камерах. Гасіння дуги високим тиском. Гасіння електричної дуги в маслі. Гасіння електричної дуги повітряним дуттям. Гасіння дуги в дугогасильної решітки. Бездугова комутація ланцюгів змінного струму. Потoki плазми й гасіння електричної дуги.

Тема 1.16 Розрахунок магнітних кіл електричних апаратів

Основні поняття. Елементи магнітного кола. Розрахунок магнітних кіл при постійному та змінному струмі без врахування потоків розсіювання. Розрахунок магнітних кіл з урахуванням потоків розсіювання.

Тема 1.17 Електромагнітні механізми електричних апаратів

Енергія магнітного поля й індуктивність системи. Робота, виконувана якорем при переміщенні. Обчислення сил і моментів електромагніта. Електромагніти змінного струму. Короткозамкнений виток. Статичні тягові характеристики електромагнітів і механічні характеристики апаратів. Динамічні характеристики електромагнітів. Рівняння руху рухливої системи. Уповільнення й прискорення дії електромагніта. Гальмові пристрої.

Тема 1.18 Напівпровідникові електричні апарати

Напівпровідникові електричні апарати. Силкові транзистори. Тиристори. Статичні та динамічні характеристики силових транзисторів і тиристорів. Послідовне та паралельне з'єднання напівпровідникових елементів, їх характеристики.

Освітній компонент «Електричні апарати. Частина 2»

Розділ 1. Електричні апарати напругою до 1000 В

Тема 1.1 Вступ. Неавтоматичні вимикачі. Запобіжники

Вступ. Рубильники й перемикачі. Запобіжники. Пакетні вимикачі й перемикачі. Призначення й принцип роботи. Конструкції запобіжників низької напруги. Запобіжник-вимикач.

Тема 1.2 Автоматичні вимикачі

Автоматичні вимикачі. Основні поняття. Призначення. Конструктивні складові. Принцип роботи.

Тема 1.3 Гасіння дуги в автоматичних вимикачах

Гасіння дуги в автоматичних вимикачах. Вибір автоматичних вимикачів за призначенням та параметрами.

Тема 1.4 Пускачі, резистори, реостати, командоапарати

Магнітні пускачі, резистори, реостати, командоапарати. Призначення, принцип дії. Номенклатура виробів.

Тема 1.5 Контактори електромагнітні

Контактори. Основні поняття. Принцип дії. Вибір контакторів за призначенням та параметрами.

Тема 1.6 Реле контактні

Реле контактні. Основні поняття. Принцип дії. Типи реле. Вибір реле за призначенням.

Розділ 2. Електричні апарати напругою понад 1000 В. Випробування електричних апаратів

Тема 2.1 Роз'єднувачі, віддільники й короткозамикачі

Роз'єднувачі. Віддільники й короткозамикачі. Принцип дії. Конструктивні особливості. Класифікація. Призначення.

Тема 2.2 Використання роз'єднувачів, віддільників та короткозамикачів

Роз'єднувачі. Віддільники й короткозамикачі. Типи обладнання за призначенням. Типові схеми використання. Правила безпечної роботи.

Тема 2.3 Бакові та маломасляні вимикачі

Масляні бакові вимикачі. Маломасляні вимикачі. Принцип дії. Конструктивні особливості. Переваги та недоліки використання.

Тема 2.4 Повітряні вимикачі

Повітряні вимикачі. Принцип дії. Конструктивні особливості. Переваги та недоліки використання.

Тема 2.5 Електромагнітні, вакуумні та автопневматичні вимикачі

Електромагнітні вимикачі. Автопневматичні вимикачі. Вакуумні вимикачі. Принцип дії. Конструктивні особливості. Переваги та недоліки використання. Відмінності у способах гасіння електричної дуги.

Тема 2.6 Елегазові вимикачі

Елегазові вимикачі. Принцип дії. Конструктивні особливості. Переваги та недоліки використання. Відмінності у способах гасіння електричної дуги. Приводи високовольтних вимикачів.

Тема 2.7 Струмообмежуючі реактори. Пристрої обмеження перенапруг

Струмообмежуючі реактори. Застосування. Конструктивні особливості. Типи реакторів за призначенням. Пристрої захисту від перенапруг. Вентильні розрядники. Обмежувачі перенапруг нелінійні. Особливості вибору та застосування пристроїв обмеження перенапруг.

Тема 2.8 Трансформатори струму

Трансформатори струму. Принцип дії. Основні типи. Будова високовольтних трансформаторів струму. Похибки трансформаторів струму.

Тема 2.9 Трансформатори напруги

Трансформатори напруги. Принцип дії. Основні типи. Будова високовольтних трансформаторів напруги. Похибки трансформаторів напруги.

Тема 2.10 Подільники напруги

Подільники напруги. Принцип дії. Основні типи. Будова. Частотні характеристики подільників напруги. Вибір подільників напруги за призначенням.

Тема 2.11 Комплектні пристрої

Комплектні розподільні пристрої високої напруги. Призначення. Типові КРП. Вибір КРП за призначенням.

Тема 2.12 Випробування та діагностування електричних апаратів

Види випробувань. Визначення параметрів рідинної ізоляції. Визначення параметрів газової ізоляції. Визначення параметрів твердої ізоляції. Випробування механічної стійкості. Випробування термічної стійкості. Випробування на допустимий рівень радіозавад. Способи діагностування електричних апаратів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

4.1. Основна література

1. В.О. Бржезицький, В. Ц. Зелінський, П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко Електричні апарати: підручник / [Бржезицький В. О., Зелінський В. Ц., Лежнюк П. Д., Рубаненко О. Є.]. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. – 602 с.

4.2. Додаткова література

2. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навчальний посібник. – Харків: Вид-во «Точка», 2012. – 340 с.

3. Електричні апарати: Навч. посібник / М.Т.Лут., А.М.Мрачковський. За ред. А.М.Мрачковського. – К.: ЦП «Компринт», 2017.- 564 с.

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

5. Електричні машини апарати: навчальний посібник / Ю.М.Куценко, В.Ф.Яковлев та ін. – К.: Аграрна освіта, 2013. – 449 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
Розділ 1. ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ НАПРУГОЮ ДО 1000 В	
1.	Вступ. Неавтоматичні вимикачі. Запобіжники Вступ. Рубильники й перемикачі. Запобіжники Пакетні вимикачі й перемикачі. Призначення й принцип роботи. Конструкції запобіжників низької напруги. Запобіжник-вимикач.
2.	Автоматичні вимикачі Автоматичні вимикачі. Основні поняття. Призначення. Конструктивні складові. Принцип роботи.
3.	Гасіння дуги в автоматичних вимикачах Гасіння дуги в автоматичних вимикачах. Вибір автоматичних вимикачів за призначенням та параметрами.
4.	Пускачі, резистори, реостати, командоапарати Магнітні пускачі, резистори, реостати, командоапарати. Призначення, принцип дії. Номенклатура виробів.
5.	Контактори електромагнітні Контактори. Основні поняття. Принцип дії. Вибір контакторів за призначенням та

	параметрами.
6.	Реле контактні Реле контактні. Основні поняття. Принцип дії. Типи реле. Вибір реле за призначенням.
Розділ 2. ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ НАПРУГОЮ ПОНАД 1000 В. ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ	
7.	Роз'єднувачі, віддільники й короткозамикачі Роз'єднувачі. Віддільники й короткозамикачі. Принцип дії. Конструктивні особливості. Класифікація. Призначення.
8.	Використання роз'єднувачів, віддільників та короткозамикачів Роз'єднувачі. Віддільники й короткозамикачі. Типи обладнання за призначенням. Типові схеми використання. Правила безпечної роботи.
9.	Баків та маломасляні вимикачі Масляні баків вимикачі. Маломасляні вимикачі. Принцип дії. Конструктивні особливості. Переваги та недоліки використання.
10.	Повітряні вимикачі Повітряні вимикачі. Принцип дії. Конструктивні особливості. Переваги та недоліки використання.
11.	Електромагнітні, вакуумні та автопневматичні вимикачі Електромагнітні вимикачі. Автопневматичні вимикачі. Вакуумні вимикачі. Принцип дії. Конструктивні особливості. Переваги та недоліки використання. Відмінності у способах гасіння електричної дуги.
12.	Елегазові вимикачі Елегазові вимикачі. Принцип дії. Конструктивні особливості. Переваги та недоліки використання. Відмінності у способах гасіння електричної дуги. Приводи високовольтних вимикачів.
13.	Струмообмежуючі реактори. Пристрої обмеження перенапруг Струмообмежуючі реактори. Застосування. Конструктивні особливості. Типи реакторів за призначенням. Пристрої захисту від перенапруг. Вентильні розрядники. Обмежувачі перенапруг нелінійні. Особливості вибору та застосування пристроїв обмеження перенапруг.
14.	Трансформатори струму Трансформатори струму. Принцип дії. Основні типи. Будова високовольтних трансформаторів струму. Похибки трансформаторів струму.
15.	Трансформатори напруги Трансформатори напруги. Принцип дії. Основні типи. Будова високовольтних трансформаторів напруги. Похибки трансформаторів напруги.
16.	Подільники напруги Подільники напруги. Принцип дії. Основні типи. Будова. Частотні характеристики подільників напруги. Вибір подільників напруги за призначенням.
17.	Комплектні пристрої Комплектні розподільні пристрої високої напруги. Призначення. Типові КРП. Вибір КРП за призначенням.
18.	Випробування та діагностування електричних апаратів Види випробувань. Визначення параметрів рідинної ізоляції. Визначення параметрів газової ізоляції. Визначення параметрів твердої ізоляції. Випробування механічної стійкості. Випробування термічної стійкості. Випробування на допустимий рівень радіозавад. Способи діагностування електричних апаратів.

Лабораторні заняття

№ п/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. год
Розділ 1		

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ НАПРУГОЮ ДО 1000 В		
1	Дослідження перехідних процесів у пускачі тиристорному безконтактному (ПТБ)	4
2	Експериментальне дослідження коливання шин при дії струмів короткого замикання	4
Розділ 2		
ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ НАПРУГОЮ ПОНАД 1000 В. ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ		
3	Дослідження струму зрізу вакуумного та елегазового високовольтних вимикачів	4
4	Дослідження високовольтного комплексу генератора імпульсних струмів, призначеного для випробувань електричних апаратів на електродинамічну стійкість	4
5	Дослідження частотних характеристик ємнісно-омічного високовольтного подільника напруги на основі генерації масивів випадкових чисел	2

Практичні заняття

№ п/п	Назва практичної роботи	Кількість ауд. год
Розділ 2		
ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ НАПРУГОЮ ПОНАД 1000 В. ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ		
1	Розрахунок допустимої густини струму обмоток трансформатора та вибір обмоткового проводу (шини) з типоряду	2
2	Розрахунок паперово-масляної ізоляції конденсаторного типу за умови рівної товщини шарів	4
3	Розрахунок струмової та кутової похибок трансформатора струму	4
4	Розрахунок усталеної температури нагріву струмоводів електричних апаратів	4
5	Розрахунок напруги на розімкнених кінцях вторинної обмотки трансформатора струму	2
6	Розрахунок електродинамічної стійкості обмоток трансформатора струму	2

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Годин
1	Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях	113
2	Підготовка до МКР	10
3	Підготовка до екзамену	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 відповідні види навчальної активності на лекційних, практичних та лабораторних заняттях;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних, практичних та лабораторних заняттях, передбачених 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;

- правила захисту лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента;
- **обов'язковою умовою допуску до екзамену** є відпрацювання, оформлення протоколів та захист всіх лабораторних робіт з дисципліни, відпрацювання всіх практичних занять;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів:
 - заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за результатами участі у кафедральних, факультетських, інститутських та всеукраїнських науково-дослідних роботах з тематики дисципліни;
- 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. Якщо студент(-ка) не проходив(-ла) або не з'явився(-лася) на МКР, його (її) результат оцінюється у 0 балів. У такому разі є можливість написати МКР, але максимальний бал за неї буде становити 75% від максимального;
 - перескладання захисту лабораторних робіт та МКР не передбачено;
- 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 кредитного модуля «Електричні апарати. Частина 2». Лабораторні роботи та МКР, які не відповідають вимогам діючого Положення про систему запобігання академічному плагіату в КПІ ім. Ігоря Сікорського, оцінюються в 0 балів. У такому разі лабораторна робота або МКР може бути перероблена із зміною варіанту завдання. Максимальний бал буде знижено на 25%.
- 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 (РСО)

Поточний контроль: лабораторні роботи, практичні заняття, МКР

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Умови успішного проходження календарного контролю: не менше 50% балів за виконання навчального плану дисципліни на дату контролю, що передбачає виконання і захист лабораторних робіт, практичних завдань, МКР.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт та практичних завдань.

УВАГА! Студенти, що на момент консультації перед екзаменом не захистили лабораторні роботи і не виконали практичні завдання, не допускаються до основної сесії та готуються до перескладання під час додаткової сесії

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

- виконання розрахунків за 9 практичними заняттями;
- виконання та захист 5 лабораторних робіт;

- виконання модульної контрольної роботи.

№, з/п	Контрольний захід	Макс. бал	Кількість	Всього
1	Лабораторні роботи	4	5	20
2	Практичні заняття 1, 5, 6	2	3	6
3	Практичні заняття 2, 3, 4	4	3	12
4	МКР (ч.1, ч.2)	5	2	10
5	Екзамен	52	1	52
РАЗОМ				100

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи – $4 \text{ балів} * 5 = 20 \text{ балів}$.

Мінімальна кількість балів на лабораторних заняттях – $4 \text{ балів} * 5 * 60\% = 12 \text{ балів}$.

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 – $(0,95...1) * 4 \text{ балів}$;
- 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 – $(0,85...0,94) * 4 \text{ балів}$;
- добра підготовка до лабораторної роботи, активна участь у виконанні досліджень, несуттєві помилки при обробці результатів дослідів, неповні відповіді на контрольні питання – $(0,75...0,84) * 4 \text{ балів}$;
- задовільна підготовка до лабораторної роботи, пасивна участь у виконанні досліджень, наявні помилки при обробці результатів дослідів, неповні відповіді на контрольні питання – $(0,65...0,74) * 4 \text{ балів}$;
- недостатня підготовка до лабораторної роботи, пасивна участь у виконанні досліджень, значні помилки при обробці результатів дослідів, часткові відповіді на контрольні питання – $(0,6...0,64) * 4 \text{ балів}$;
- неготовність до лабораторної роботи, пасивна участь у виконанні досліджень, неякісна обробка результатів, невірні відповіді на контрольні питання за темою роботи – 0 балів.

Виконання практичних завдань 1, 5, 6

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів за 3 практичні завдання – $2 \text{ балів} * 3 = 6 \text{ балів}$. Мінімальна

кількість балів за всі практичні завдання – $2 \text{ балів} * 3 * 60\% = 3,6 \text{ балів}$. Критерії оцінювання:

- ~ правильно виконані та оформлені розрахунки – 2 бали;
- ~ незначні помилки у роботі – 1,8-1,9 балів;
- ~ недоліки у оформленні роботи, або неточності в розрахунках – 1,3-1,7 балів;

- ~ виконані розрахунки з низькою точністю або помилки в оформленні розрахунків – 1,2 балів;
- ~ неправильні розрахунки або відповідь надана без оформлення рішення (або з неправильним рішенням чи підтасовані результати) – 0 балів.

Виконання практичних завдань 2, 3, 4

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів за 3 практичні завдання – 4 бали * 3 = 12 балів. Мінімальна кількість балів за всі практичні завдання – 4 бали * 3 * 60% = 7,2 балів. Критерії оцінювання:

- ~ правильно виконані та оформлені розрахунки – 4 бали;
- ~ незначні помилки у роботі – 3,8-3,9 балів;
- ~ недоліки у оформленні роботи, або неточності в розрахунках – 2,5-3,7 балів;
- ~ виконані розрахунки з низькою точністю або помилки в оформленні розрахунків – 2,3-2,4 балів;
- ~ неправильні розрахунки або відповідь надана без оформлення рішення (або з неправильним рішенням чи підтасовані результати) – 0 балів.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 5.

Модульна контрольна робота є письмовою контрольною роботою за тематикою теоретичних питань, розглянутих на лекційних заняттях на момент проведення МКР. МКР складається з 2 теоретичних питань за темою лекційних занять. Ваговий бал кожного теоретичного питання – 5 балів.

Максимальна кількість балів за МКР – 5 балів * 2 = 10 балів. Мінімальна кількість балів за МКР – 5 балів * 2 * 60% = 6 балів. Критерії оцінювання кожного теоретичного питання МКР:

- ~ повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 5 балів;
- ~ достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або певні неточності) – 4 бали;
- ~ неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі суттєві помилки) – 3 бали;
- ~ незадовільна відповідь – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – екзамен

~ На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу за тематикою кредитного модуля. Екзаменаційні питання завдання визначаються викладачем і відповідають переліку питань, наведеному у Додатку 1 до силabusу.

Екзаменаційне завдання містить 3 екзаменаційних питання. Перше екзаменаційне питання оцінюється максимально у 18 балів, друге та третє екзаменаційні питання оцінюються максимально у 17 балів кожне.

~ Критерії оцінювання **першого** екзаменаційного питання:

- ~ «відмінно», повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 17-18 балів;

- ~ «дуже добре», майже повна відповідь на питання у обсязі не менш, ніж 85% потрібної інформації, або незначні неточності – 15-17 балів;
- ~ «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 13-15 балів;
- ~ «задовільно», неповна відповідь у обсязі не менш ніж 65% потрібної інформації та деякі несуттєві помилки – 12-13 балів;
- ~ «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі суттєві помилки) – 11-12 балів;
- ~ «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Критерії оцінювання **другого та третього** екзаменаційних питань:

- ~ «відмінно», повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 16-17 балів;
- ~ «дуже добре», майже повна відповідь на питання у обсязі не менш, ніж 85% потрібної інформації, або незначні неточності – 14-16 балів;
- ~ «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 12-14 балів;
- ~ «задовільно», неповна відповідь у обсязі не менш ніж 65% потрібної інформації та деякі несуттєві помилки – 11-12 балів;
- ~ «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі суттєві помилки) – 10-11 балів;
- ~ «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Остаточний рейтинг студента складає сума балів отриманих за виконання всіх завдань, передбачених РСО, та за екзамен.

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)

Погоджено Методичною комісією факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 6 від 27.06.2025)

**ПЕРЕЛІК ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ ПИТАНЬ
з кредитного модуля «Електричні апарати. Частина 2»**

рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
спеціальності	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – 141
освітня програма	Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси
форма навчання	денна

Перелік екзаменаційних питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Неавтоматичні комутаційні апарати. Призначення, класифікація.
2. Призначення та будова перемикачів.
3. Призначення та будова рубильників.
4. Вибір рубильників за параметрами.
5. Призначення та будова запобіжників.
6. Методи прискорення плавлення вставок у запобіжниках.
7. Принцип дії рідиннометалевих запобіжників з відновлювальною вставкою.
8. Вибір запобіжників за параметрами.
9. Автоматичні вимикачі. Призначення. Конструктивні складові.
10. Розчіплювальні пристрої автоматичних вимикачів. Призначення, особливості виконання.
11. Принципова схема автоматичного вимикача.
12. Захисна характеристика автоматичного вимикача.
13. Часострумова характеристика автоматичного вимикача.
14. Вимикачі, керовані різницевиими струмами. Призначення. Принцип дії.
15. Будова вимикачів із захистом від надструмів.
16. Послідовність процесів при погашенні дуги в вимикачах.
17. Методи гасіння електричної дуги.
18. Конструкції дугогасних камер для гасіння електричної дуги швидким збільшенням відстані між електродами.
19. Конструкції дугогасних камер для гасіння електричної дуги розділенням стовпа дуги на окремі проміжки.
20. Конструкції дугогасних камер для гасіння електричної дуги охолодженням стовпа у вузькому проміжку.
21. Конструкції дугогасних камер для гасіння електричної дуги дуттям газу.
22. Конструкції дугогасних камер для гасіння електричної дуги охолодженням стовпа в рідині.
23. Конструкції дугогасних камер для гасіння електричної дуги під впливом магнітного поля.
24. Конструкції дугогасних камер для гасіння електричної дуги підвищенням тиску.
25. Конструкції дугогасних камер для гасіння електричної дуги зниженням тиску.
26. Конструкції дугогасних камер для гасіння електричної дуги багаторазовим розривом електричного кола.
27. Конструкції дугогасних камер для гасіння електричної дуги підсиленням процесів деіонізації.
28. Визначення контактора.
29. Типи контакторів.
30. Застосування контакторів.
31. Основні складові контактора.
32. Принцип дії контактора.

33. Основні характеристики контакторів.
34. Вибір контакторів.
35. Пускач. Визначення. Призначення.
36. Типи пускачів.
37. Конструктивні складові пускача.
38. Схема приєднання пускача.
39. Реле. Визначення. Відмінність від контакторів.
40. Види реле за принципом дії.
41. Принцип роботи реле.
42. Будова електромагнітного реле.
43. Діаграма роботи реле.
44. Основні параметри реле.
45. Поляризовані реле. Принцип дії.
46. Герконові та герсиконові реле. Особливості будови.
47. Рідиннометалеві реле. Принцип дії.
48. Будова і принцип дії термореле.
49. Будова і принцип дії твердотільного реле.
50. Переваги та недоліки твердотільних реле.
51. Роз'єднувач. Визначення. Призначення.
52. Класифікація роз'єднувачів.
53. Відокремлювач. Визначення. Призначення.
54. Короткозамикач. Визначення. Призначення.
55. Схема використання відокремлювачів з короткозамикачами.
56. Визначення відмикача. Призначення.
57. Типи відмикачів.
58. Структурна схема відмикача.
59. Розчіплювач. Визначення. Призначення.
60. Типи розчіплювачів.
61. Механізм вільного розчеплення.
62. Вимоги до високовольтних відмикачів.
63. Комутаційні операції відмикачів.
64. Автоматичне повторне вмикання. Вимоги до механізмів АПВ.
65. Типи АПВ.
66. Маломасляні та бакові відмикачі. Відмінності будови, призначення.
67. Принцип дії маломасляного відмикача.
68. Конструктивні особливості бакових відмикачів.
69. Повітряні відмикачі. Принцип дії.
70. Елегазові відмикачі. Основні типи.
71. Принцип дії элегазового відмикача.
72. Вакуумні відмикачі. Принцип дії.
73. Особливості погашення дуги у високовольтному вакуумному відмикачі.
74. Струмообмежуючі реактори. Призначення. Принцип дії.
75. Типи струмообмежуючих реакторів.
76. Вентильні розрядники. Призначення. Принцип дії.
77. Обмежувачі перенапруг нелінійні. Основні характеристики.
78. Трансформатор струму. Призначення. Принцип дії.
79. Схема заміщення трансформатора струму.
80. Векторна діаграма трансформатора струму.
81. Похибки трансформаторів струму.
82. Трансформатор напруги. Призначення. Принцип дії.

83. Основні типи трансформаторів напруги.
84. Схема заміщення трансформатора напруги.
85. Векторна діаграма трансформатора напруги.
86. Похибки трансформаторів напруги.
87. Каскади вимірювальних трансформаторів.
88. Подільники напруги. Призначення. Принцип дії.
89. Типи подільників напруги.
90. Комплектні розподільні пристрої високої напруги. Призначення.
91. Комплектування КРП.
92. Види випробувань ізоляції електричних апаратів.
93. Визначення параметрів трансформаторного масла за допомогою хроматографічного аналізу.
94. Методика визначення тангенсу кута діелектричних втрат ізоляції.
95. Методика визначення рівня часткових розрядів в ізоляції.
96. Методи тепловізійного контролю стану електрообладнання.

Перелік екзаменаційних питань склав: Ярослав ГАРАН

Ухвалено кафедрою теоретичної електротехніки (протокол № 18 від 25.06.2025)

Погоджено Методичною комісією факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 6 від 27.06.2025)