Національний технічний університет України «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»	Кафедра теоретичної електротехніки

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ. ЧАСТИНА 1

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	***G-Інженерія, виробництво та будівництво***
Спеціальність	***G3-Електрична інженерія***
Освітня програма	*Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси*
Статус дисципліни	*Нормативна*
Форма навчання	*Очна (денна)*
Рік підготовки, семестр	*2 курс, осінній семестр*
Обсяг дисципліни	*Всього 5,5 кредитів ECTS / 165 годин;* *аудиторних – 72 години:* *лекції – 36 годин; лабораторні роботи – 18 годин; практичні заняття – 18 годин;* *самостійна робота – 93 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/OTMyNTkyNjI2MDNa?cjc=7b24xm5*

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Електричні апарати. Частина 1» 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:

К01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

К15. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

К17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.

К20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

К22. Здатність розробляти проекти автоматизованих систем керування технологічними процесами на базі мікропроцесорної техніки.

К23. 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.

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:

ПР02. 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.

ПР06. 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 формування 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 напряму.

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 деталімашин).

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 виділяєтьсяв дузі.

Тема 1.13 ***Умови гасіння дуги змінного струму***

Особливості горіння й гасіння дуги змінного струму. Деякі особливості гасіння дугизмінного 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. Потоки 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. Силові 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 машиниі апарати: навчальний посібник / Ю.М.Куценко, В.Ф.Яковлєв 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 ***ЗАГАЛЬНА ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ***
1.	***Основи теорії електричних апаратів.*** *Вступ. Мета, завдання і загальна характеристика дисципліни. Значення електричних апаратів в електроенергетиці. Основні визначення. Основні вимоги до електричних апаратів.* *Дидактичні засоби: високовольтні та низьковольтні електричні апарати кафедри.*
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.* *Дидактичні засоби: високовольтні та низьковольтні електричні апарати кафедри.*
3.	***Основи розрахунку електродинамічних сил в паралельних провідниках при постійному струмі.*** *Основи розрахунку електродинамічних сил. Методи розрахунку електродинамічних сил. Електродинамічні сили між паралельними провідниками.*
4.	***Основи розрахунку електродинамічних сил в перпендикулярних провідниках при постійному струмі.***

	Електродинамічні сили між перпендикулярними провідниками. Електродинамічнісили у провідниках змінного перерізу.
5.	***Електродинамічні зусилля при змінному струмі та резонанс.*** *Електродинамічні сили при змінному струмі. Механічний резонанс. Умовимеханічної стійкості електричних апаратів.*
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.*
7.	***Процеси нагрівання та охолодження провідників.*** *Нагрівання й охолодження однорідного провідника при короткочасному та при повторно-короткочасному навантаженні. Нагрівання однорідного провідника при короткому замиканні.*
8.	***Термічна стійкість частин електричних апаратів.*** *Процеси нагрівання та охолодження провідників. Нагрівання провідника змінного перерізу та нагрівання котушок. Припустима температура нагрівання частин апаратів. Термічна стійкість.*
9.	***Електричні контакти. Основні поняття.*** *Основні поняття. Перехідний опір контакту. Температура площадки контактування. Особливості роботи контактів при рідинному охолодженні.*
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.*
11.	***Основи теорії горіння й гасіння електричної дуги.*** *Процеси в дуговому проміжку. Вольт-амперні характеристики дуги.*
12.	***Умови гасіння дуги постійного струму.*** *Умови гасіння дуги постійного струму. Опір і потужність дуги. Енергія, виділювана в дузі.*
13.	***Умови гасіння дуги змінного струму.*** *Особливості горіння й гасіння дуги змінного струму. Деякі особливості гасіння дуги змінного струму підвищеної частоти.*
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.*
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 дугогасильній решітці. Бездугова комутація ланцюгів змінного струму. Потоки плазми й гасіння електричної дуги.*
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.*
17.	***Електромагнітні механізми електричних апаратів.*** *Енергія магнітного поля й індуктивність системи. Робота, вироблена 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. Уповільненняй прискорення дії електромагніта. Гальмові пристрої.
18.	***Напівпровідникові електричні апарати.*** *Напівпровідникові електричні апарати. Силові транзистори. Тиристори. Статичні та динамічні характеристики силових транзисторів і тиристорів. Послідовне та паралельне з'єднання напівпровідникових елементів, їх характеристики.*

Лабораторні заняття

№ ***п/п***	***Назва лабораторної роботи***	*Кількість ауд.год*
	Розділ 1 ***ЗАГАЛЬНА ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ***	
1	*Дослідження струмів короткого замикання у вимикачах високої та низької напруги*	*4*
2	*Дослідження частотних характеристик ємнісно-омічного високовольтного подільника напруги на основі генерації масивів випадкових чисел*	*4*
3	*Діагностування стану ізоляції високовольтного трансформатора на основі вимірювання нормограм та дефектограм*	*4*
4	*Дослідження імпульсної електричної міцності ізоляційних проміжків високовольтних електричних апаратів*	*4*
5	*Дослідження перенапруг при відключенні електрообладнання*	*2*

Практичні заняття

№ ***п/п***	***Тема практичного заняття***	*Кількість ауд.год*
	Розділ 1 ***ЗАГАЛЬНА ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ***	
1	*Розрахунок сили електродинамічної взаємодії мідних шин прямокутного перерізу*	*2*
2	*Визначення сили електродинамічної взаємодії перпендикулярних ділянок проводу круглого перерізу*	*2*
3	*Розрахунок системи шин прямокутного перерізу на умову резонансу*	*2*
4	*Визначення миттєвого значення температури нагріву мідного проводу круглого перерізу за відомими значеннями температури у характерних точках графіку нагріву*	*2*
5	*Визначення допустимого перерізу круглого проводу для відомого значення тривалого струму та допустимої температури його нагрівання*	*2*
6	*Розрахунок усталеної температури нагріву мідної шини прямокутного перерізу*	*2*
7	*Визначення тимчасового опору зминанню матеріалу контактів*	*2*
8	*Визначення швидкості руху електричної дуги постійного струму*	*2*
9	*Розрахунок утримуючого зусилля поляризованого електромагніту*	*2*

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Годин
1	*Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях*	*53*
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 1». 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 спілкуванняробочим 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 виконаннявимог 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	2	9	18
3	МКР (ч.1, ч.2)	5	2	10
4	Екзамен	52	1	52
РАЗОМ				100

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи – 4 балів * 5 = 20 балів.

Мінімальна кількість балів на лабораторних заняттях – 4 балів * 5 * 60% = 12 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 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 балів;
- добра підготовка до лабораторної роботи, активна учать у виконанні досліджень, несуттєві помилки при обробці результатів дослідів, неповні відповіді на контрольні питання – (0,75…0,84) * 4 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 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 балів;
- неготовність до лабораторної роботи, пасивна участь у виконання досліджень, неякісна обробка результатів, невірні відповіді на контрольні питання за темою роботи – 0 балів.

Виконання практичних завдань

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів за всі практичні завдання – 2 бали * 9 = 18 балів. Мінімальна кількість балів за всі практичні завдання – 2 бали * 9 * 60% = 10,8 балів.Критерії оцінювання:

- правильно виконані та оформлені розрахунки – 2 бали;
- правильно виконані розрахунки з низькою точністю або помилки в оформленні розрахунків – 1,2 бали;
- 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.*

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 силабусу.*

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)

Додаток 1

ПЕРЕЛІК ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ ПИТАНЬ
з кредитного модуля «Електричні апарати. Частина 1»

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. *Електричні апарати. Визначення.*
2. *Комутаційні електричні апарати. Призначення, приклади.*
3. *Захисні електричні апарати. Призначення, приклади.*
4. *Обмежувальні електричні апарати. Призначення, приклади.*
5. *Пускорегулювальні електричні апарати. Призначення, приклади.*
6. *Контролюючі електричні апарати. Призначення, приклади.*
7. *Регулювальні електричні апарати. Призначення, приклади.*
8. *Вимірювальні електричні апарати. Призначення, приклади.*
9. *Контактні та безконтактні електричні апарати. Приклади.*
10. *Автоматичні та неавтоматичні електричні апарати. Приклади.*
11. *Низьковольтні та високовольтні електричні апарати. Приклади.*
12. *Термічна стійкість електричних апаратів.*
13. *Електродинамічна стійкість електричних апаратів.*
14. *Комутаційна стійкість електричних апаратів.*
15. *Стійкість до перенапруг електричних апаратів.*
16. *Виконання захисних оболонок електричних апаратів за міждержавним ГОСТ 14254.*
17. *Розрахунок електродинамічних сил взаємодії двох контурів на основі закону Біо-Савара-Лапласа.*
18. *Розрахунок електродинамічних сил між паралельними провідниками.*
19. *Електродинамічні сили між взаємно перпендикулярними провідниками.*
20. *Електродинамічні сили в кільцевому витку.*
21. *Електродинамічні сили в провідниках змінного перерізу.*
22. *Електродинамічні сили між двома паралельними провідниками зі змінним струмом.*
23. *Електродинамічні сили між провідниками в трифазній мережі.*
24. *Механічний резонанс.*
25. *Втрати потужності у провідниках на постійному та змінному струмі.*
26. *Передача тепла від провідника за теплопровідністю.*
27. *Передача тепла від провідника конвекцією.*
28. *Передача тепла від провідника випромінюванням.*
29. *Рівняння нагріву провідника у часі.*
30. *Рішення рівняння нагріву провідника.*
31. *Охолодження провідника.*
32. *Повторно-короткочасне нагрівання провідника.*

33. *Нагрівання провідника в адіабатичному режимі.*

34. *Нагрівання провідника змінного перерізу.*

35. *Нагрівання котушок.*

36. *Коефіцієнт перевантаження при повторно-короткочасному нагріванні провідника.*

37. *Електричний розряд. Електрична дуга. Визначення.*

38. *Визначення перенапруги при перериванні струму і вимикачем в колі з індуктивністю L та ємністю на контактах вимикача С.*

39. *Процеси іонізації та деіонізації в електричній дузі.*

40. *Характерні значення катодного та анодного падінь потенціалів та напруженості електричного поля $E_д$ в стовпі дуги.*

41. *Статичні характеристики електричної дуги (H_2, повітря, пари ртуті).*

42. *Залежність електричної напруженості стовпа від швидкості дуги.*

43. *Вольт-амперні характеристики дуги в динамічних режимах.*

44. *Залежність опору динамічної дуги при синусоїдальному струмі.*

45. *Теплова стала часу дуги та питома потужність для низьковольтних та високовольтних апаратів.*

46. *Послідовність процесів при погашенні дуги в вимикачах.*

47. *Визначення ПВН.*

48. *Спосіб гасіння електричної дуги швидким збільшенням відстані між електродами.*

49. *Спосіб гасіння електричної дуги розділенням стовпа дуги на окремі проміжки.*

50. *Спосіб гасіння електричної дуги охолодженням стовпа у вузькому проміжку.*

51. *Спосіб гасіння електричної дуги дуттям газу.*

52. *Спосіб гасіння електричної дуги охолодженням стовпа в рідині.*

53. *Спосіб гасіння електричної дуги під впливом магнітного поля.*

54. *Спосіб гасіння електричної дуги підвищенням тиску.*

55. *Спосіб гасіння електричної дуги зниженням тиску.*

56. *Спосіб гасіння електричної дуги багаторазовим розривом електричного кола.*

57. *Спосіб гасіння електричної дуги підсиленням процесів деіонізації.*

58. *Електричний контакт. Визначення.*

59. *Розбірні контакти.*

60. *Комутуючі контакти.*

61. *Ковзні контакти.*

62. *Класифікація контактних з'єднань за формою контактування.*

63. *Визначення площі контактування.*

64. *Перехідний опір електричного контакту та його залежність від сили натиску.*

65. *Залежність перехідного опору від температури.*

66. *Порівняння характеристик контактів на основі міді та срібла.*

67. *Явище зварювання контактів.*

68. *Умова відсутності зварювання контактів.*

69. *Види виконання контактів.*

70. *Головні та дугогасні контакти.*

71. *Матеріали контактів.*

72. *Розрахунок магнітних кіл при постійному та змінному струмі без врахування потоків розсіювання.*

73. *Основні відмінності між електромагнітами постійного та змінного струмів.*
74. *Обчислення сил і моментів електромагніта.*
75. *Принцип дії короткозамкненого витка.*
76. *Статичні тягові характеристики електромагнітів і механічні характеристики апаратів.*
77. *Динамічні характеристики електромагнітів.*
78. *Принцип дії напівпровідникових електричних апаратів.*
79. *Типи напівпровідникових електричних апаратів.*
80. *Переваги та недоліки напівпровідникових електричних апаратів.*
81. *Застосування напівпровідникових електричних апаратів в електроенергетиці.*

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)