



ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Теоретичні основи електротехніки. Частина 2 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>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>Освітній компонент 2: 2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Всього 4 кредити ECTS / 120 годин; лекції – 36 години; практики – 18 годин; лабораторні роботи – 18 годин; самостійна робота – 48 години</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Освітній компонент 2: Екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i>час і місце проведення аудиторних викладені на сайті roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н, доцент, Перетятко Юлія Вікторівна, peretyatko.julia@gmail.com Практичні: к.т.н, доцент, Перетятко Юлія Вікторівна, peretyatko.julia@gmail.com Лабораторні:</i>
Розміщення курсу	Матеріали до курсу розміщені в розділі Навчання на сайті http://www.toe.fea.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

Курс ТОЕ є базою для спеціальних електротехнічних дисциплін, в яких вивчають застосування електричних і магнітних явищ для різних практичних цілей.

Метою дисципліни є формування і конкретизація знань з теоретичних основ електротехніки з метою застосування отриманої інформації для вирішення професійних завдань в області технічної експлуатації електроенергетичного обладнання та енергетиці.

Завданнями вивчення дисципліни є:

- отримання наукових знань з теорії електричних кіл і методів їх аналізу, з основних понять теорії електромагнітного поля;
- навчитися застосовувати отримані знання при вивченні спеціальних дисциплін та в подальшій практичній діяльності на виробництві;
- придбання навичок вміння користуватися електротехнічною термінологією, символікою і електровимірвальними приладами.

Предметом вивчення курсу ТОЕ є основні поняття і закони електромагнітного поля і теорії електричних і магнітних кіл; теорія лінійних електричних кіл (кіл постійного, синусоїдального і несинусоїдного струмів), методи аналізу лінійних кіл з двополюсними і багатопольсними

елементами; трифазні кола; перехідні процеси в лінійних колах і методи їх розрахунку; нелінійні електричні і магнітні кола постійного і змінного струму.

Предметом вивчення освітнього компоненту 1, Теоретичні основи електротехніки. Частина 1, є основні поняття, терміни, закони, принципи, теореми, виведені на теорії електромагнітного поля, які описують роботу електричних і магнітних кіл; теорія однофазних лінійних кіл постійного та синусоїдного струмів; методи аналізу лінійних кіл з двополюсними і багатопольсними елементами; магнітнозв'язані кола; резонансні явища.

Програмні компетентності:

з числа загальних –

ЗК2 - Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК7 - здатність працювати в команді.

ЗК8 - здатність працювати автономно.

з числа фахових –

ФК2 - здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

Програмні результати навчання:

ПРН5. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПРН7. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПРН8. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показникам

В результаті вивчення курсу ТОЕ студент повинен

знати:

- основні поняття і закони електромагнітного поля і теорії електричних і магнітних кіл;
- методи аналізу лінійних кіл постійного і змінного струмів в усталеному режимі роботи кола;
- закони комутації;
- методи аналізу перехідних процесів у лінійних колах постійного і змінного струмів;
- особливості перебігу енергетичних процесів в електричних колах;
- *особливості перебігу електромагнітних процесів у нелінійних електричних колах і методи їх розрахунку.*

вміти:

- читати електротехнічну літературу зі знанням символіки, розумінням термінології і т. п.;
- користуватися сучасними методами розрахунку перехідних і усталених процесів в лінійних і нелінійних електричних колах;
- розуміти сутність фізичних процесів в найпростіших електричних, електронних і магнітних колах і електромагнітних полях;
- орієнтуватися в основних властивостях, схемах функціонування, можливості та призначення розглянутих найпростіших пристроїв;
- приводити в дію найпростіші пристрої, керуючись інструкціями і правилами (включати, відключати, регулювати, констатувати відхилення від норм, оцінювати результати та інше);
- оцінювати роль електричної енергії в житті сучасного суспільства;
- оцінювати успіхи розвитку вітчизняної електроенергетики;

- користуватися загальними і фундаментальними відомостями, без яких не можливо ефективно використовувати електротехнічні та електронні прилади та пристрої, а тим більше їх проектувати по заданим вимогам;
- застосовувати знання техніки безпеки при експлуатації найпростішого електротехнічного обладнання;
- вибирати електротехнічні пристрої для вирішення конкретних технічних завдань при дослідженні, проектуванні і експлуатації відповідного обладнання;
- використовувати паспортні дані для визначення номінальних режимів роботи обладнання;
- контролювати цілісність кіл електротехнічних пристроїв, правильність їх налаштування;
- дослідним шляхом визначати параметри схем заміщення;
- забезпечити безпечну роботу персоналу з електроустановками;
- проводити дослідницьку роботу.

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 «Теоретичні основи електротехніки» є базовою дисципліною в структурі освітньої програми.

Для вивчення дисципліни ТОЕ необхідно засвоєння перерахованих нижче розділів з курсів вищої математики і фізики.

Вища математика:

- математичний аналіз: функція, наближені обчислення, межа і безперервність, розкриття невизначеностей;
- лінійна алгебра: матриці і дії з ними, рішення алгебраїчних рівнянь, лінійні залежності і перетворення, власні вектори лінійного перетворення, рівняння ліній, умови паралельності та перпендикулярності, комплексні числа і дії з ними;
- диференціальне й інтегральне числення: диференціювання та інтегрування, рішення звичайних диференціальних рівнянь, рішення однорідних і неоднорідних диференціальних рівнянь, рівняння в частинних похідних і їх рішення, чисельні методи рішення на ЕОМ, ряди Фур'є;
- операційне числення: пряме і зворотне перетворення Лапласа, теорема розкладання;
- векторна алгебра: системи координат, їх взаємозв'язок, операції дивергенція, градієнт, ротор, оператор Набла, операції подвійного диференціювання, поверхневі та об'ємні інтеграли, рівняння Пуассона та ін. В інтегральній та диференціальній формах.

Загальна фізика:

- термінологія і фізичний зміст електротехнічних величин (струм, напруга, ЕРС, потенціал і т. д.); закони електромагнітної індукції, Кулона, Біо-Савара-Лапласа; одиниці вимірювання електричних величин, визначення напрямку векторних величин електричного поля, механічні прояви електричного і магнітного полів, взаємодія провідників зі струмами в магнітному полі, закон Джоуля - Ленца, баланс потужностей, принципи безперервності струму і магнітного потоку, закони Ома і Кірхгофа, закон повного струму, обчислення еквівалентних опорів при послідовно-паралельному з'єднанні резисторів; термоелектричні явища, принцип дії електронних і напівпровідникових приладів.

Дисципліна ТОЕ є основною для дисциплін з циклу основної підготовки «Електричні машини», «Електрична частина станцій та підстанцій», «Електроенергетичні мережі та системи», «Основи метрології та електричних вимірювань», «Електропривод», «Релейний захист та автоматизація енергосистем».

3. Зміст навчальної дисципліни

Освітній компонент 1 (ОК 1)

«Теоретичні основи електротехніки. Частина 1»

Розділ 1. Лінійні електричні кола постійного струму

Тема 1.1 Основні поняття та закони електричного кола

Вступ. Предмет і мета курсу. Значення електрофікації, електротехніки, електроніки, енергозбереження в умовах науково-технічної революції XXI сторіччя. Зв'язок дисципліни з іншими загальнотеоретичними і спеціальними дисциплінами. Організація навчальної роботи. Рекомендована література.

Базова теорія електромагнітного поля. Введення понять напруженості, напруги, потенціалу, струмів та його видів. Система рівнянь Максвелла.

Електричне коло, його елементи та способи їх з'єднання. Вольтамперна характеристика (ВАХ) елементів. Лінійні і нелінійні елементи. Джерела енергії: джерело напруги, джерело струму. Схеми заміщення і ВАХ джерел енергії. Умови еквівалентності схем заміщення. Закон Ома: для пасивної ділянки кола, для вітки з джерелом, для замкненого кола. Закони Кірхгофа для струмів та напруг.

Тема 1.2 Методи розрахунку електричних кіл постійного струму

Метод рівнянь Кірхгофа. Метод контурних струмів. Власні і міжконтурні опори. Баланс потужностей в електричному колі. Метод вузлових потенціалів, метод вузлової напруги. Власні і міжвузлові провідності. Принцип і метод накладання дії джерел енергії. Вхідні і взаємні провідності віток, коефіцієнти передачі напруги та струму. Властивість взаємності і її використання. Теорема компенсації. Перетворення пасивних ділянок електричного кола: послідовне та паралельне з'єднання. Перетворення зірки і трикутника опорів. Перетворення ділянок кола з джерелами енергії. Перенесення ЕРС.

Теорема про активний двополюсник. Схеми Тевенена і Нортена. Метод еквівалентного генератора і його використання для розрахунку кола.

Передача енергії від активного двополюсника до пасивного. Напруги і потужності при зміні навантаження лінії передачі. ККД лінії передачі електроенергії, умови передавання максимальної потужності від генератора до споживача.

Розділ 2. Лінійні електричні кола однофазного синусоїдного струму

Тема 2.1 Властивості та розрахунок електричних кіл синусоїдного струму

Джерела синусоїдних напруг і струмів. Миттєві значення струму, напруги, фаза коливань, початкова фаза, кут зсуву фаз. Часові діаграми. Діючі (ефективні) значення синусоїдних напруг і струмів. Векторні діаграми. Синусоїдний струм у колі з послідовним і паралельним сполученням RLC - елементів. Зображення синусоїдних величин із використанням векторів та комплексних чисел. Закони Ома і Кірхгофа в комплексній формі.

Миттєва потужність і коливання енергії у колі синусоїдного струму. Активна, реактивна і повна потужності. Комплексна потужність. Баланс потужностей.

Пасивний двополюсник і його еквівалентні схеми заміщення у колі синусоїдного струму. Трикутники напруг і опорів. Трикутники струмів і провідностей. Активні і реактивні напруги і струми, активні і реактивні опори і провідності. Комплексні опори і провідності.

Розрахунок складних електричних кіл синусоїдного струму МРК, МКС, МВП, МН, МEG із використанням комплексного обчислення. Топографічні діаграми.

Тема 2.2 Електричні кола з індуктивно-зв'язаними елементами

Потоки і потікозчеплення самоіндукції і взаємоіндукції. Параметри індуктивно-зв'язаних елементів електричного кола. Однойменні полюси індуктивно-зв'язаних елементів. Розрахунок розгалужених кіл з індуктивними зв'язками. Розв'язання індуктивного зв'язку. Послідовне і паралельне з'єднання індуктивно-зв'язаних котушок. Векторні діаграми у разі узгодженого і

неузгодженого з'єднання. Еквівалентні опори котушок. Ефект "хибної" ємності. Передача активної потужності між індуктивно-зв'язаними елементами. Трансформатор з лінійними характеристиками. Ідеальний трансформатор.

Тема 2.3 Резонансні явища і частотні характеристики

Загальні умови резонансу. Резонанс у послідовному і паралельному коливальних контурах. Векторна діаграма резонансного стану. Добротність і смуга пропускання коливального контуру. Частотні характеристики послідовного і паралельного контурів. Енергетичні процеси при резонансі.

Частотні характеристики реактивних двополюсників. Нулі і полюси вхідного опору реактивних двополюсників. Синтез реактивних двополюсників. Резонанс в індуктивно-зв'язаних контурах. Вплив активних опорів на частотну характеристику кола. Практичне значення резонансу в електричних колах.

Тема 2.4 Основи теорії чотиріполюсників

Класифікація чотиріполюсників Види рівнянь пасивних чотиріполюсників. Коефіцієнти і матриці параметрів. Умови симетрії і оберненості.

Еквівалентні схеми заміщення пасивних і активних чотиріполюсників. Вхідні і передавальні функції. Характеристичні параметри. Аналітичне та експериментальне визначення коефіцієнтів чотиріполюсника. Рівняння чотиріполюсника, записані через гіперболічні параметри. Вхідні опори чотиріполюсника.

Схеми з'єднань чотиріполюсників. Еквівалентні параметри.

Освітній компонент 2 (ОК 2)

«Теоретичні основи електротехніки. Частина 2»

Розділ 3. Трифазні електричні кола

Тема 3.1 Аналіз трифазних електричних кіл

Багатофазні кола і системи та їх класифікація, види з'єднання фаз. Розрахунок трифазних кіл в симетричних і несиметричних режимах. Застосування методу двох вузлів та методу еквівалентних перетворень. Окремі види несиметричних режимів. Приклади розрахунку. Суміщені векторні діаграми напруг та струмів.

Розрахунок трипровідного трифазного кола за відомими лінійними напругами генератора. Використання методу контурних струмів для розрахунку трифазного кола. Приклади розрахунків, векторні діаграми напруг і струмів.

Активна потужність і її вимірювання у трифазних колах. Метод двох ватметрів. Вимірювання реактивної потужності симетричного 3-фазного кола.

Обертове магнітне поле. Принцип дії асинхронної і синхронної електричної машини.

Тема 3.2 Метод симетричних складових

Симетричні складові трифазних систем напруг та струмів. Основні властивості трифазних кіл стосовно симетричних складових напруг і струмів. Опори симетричного трифазного кола для струмів різних послідовностей. Розрахунок симетричних трифазних кіл методом симетричних складових.

Симетричні складові напруг і струмів у несиметричному трифазному колі. Розрахунок трифазних кіл з несиметричним навантаженням.

Розрахунок трифазних кіл з несиметричною ділянкою в лінії.

Розділ 4. Несинусоїдні періодичні процеси в лінійних електричних колах

Тема 4.1 Електричні кола несинусоїдного періодичного струму

Дискретні спектри періодичних несинусоїдних струмів і напруг. Величини і коефіцієнти, що характеризують періодичні несинусоїдні сигнали. Особливості вимірювання періодичних несинусоїдних струмів і напруг.

Розрахунок миттєвих значень усталених напруг і струмів в електричних колах з періодичними несинусоїдними ЕРС. Визначення діючих значень струмів та напруг. Залежність форми кривої струму від параметрів кола у разі несинусоїдної напруги. Резонанс у колі з несинусоїдною ЕРС. Резонансні частотні фільтри. Модульовані коливання.

Потужність у колі періодичного несинусоїдного струму.

Вищі гармоніки в симетричних трифазних колах. Складові прямої, зворотної та нульової послідовностей фаз в несинусоїдних фазних та лінійних напругах і струмах симетричного трифазного кола у разі з'єднання в зірку чи трикутник. Співвідношення між фазними і лінійними напругами і струмами. Вплив схеми з'єднання обмоток трифазного генератора чи трансформатора на гармонічний склад струмів споживача.

Розділ 5. Перехідні процеси в лінійних електричних колах

Тема 5.1 Класичний метод розрахунку перехідних процесів

Виникнення перехідних процесів і закони комутації, початкові умови і їх визначення. Класичний метод розрахунку перехідних процесів. Перехідний, вимушений і вільний режими. Розрахунок вільних складових методом алгебризації диференціальних рівнянь. Види вільних процесів. Загальний алгоритм розрахунку перехідних процесів класичним методом.

Перехідні процеси у RL і RC колах першого порядку з джерелами постійних і синусоїдних напруг. Постійна часу.

Особливості розрахунку перехідних процесів у колах з некоректно заданими початковими умовами.

Перехідні процеси у RLC колах другого порядку з джерелами постійних і синусоїдних напруг. Перехідні процеси в послідовному RLC колі. Особливості аперіодичних і коливальних перехідних процесів. Аперіодичний розряд/заряд конденсатора у послідовному колі RLC. Граничний аперіодичний розряд/заряд конденсатора. Коливальний розряд/заряд конденсатора. Рівняння для струму та напруг на елементах кола, часові графіки струму та напруг. Декремент коливальних та логарифмічний декремент. Часові графіки струму та напруг.

Тема 5.2 Оператор метод розрахунку перехідних процесів

Пряме перетворення Лапласа та його основні властивості. Оригінали та їх операторні зображення. Закон Ома та закони Кірхгофа в операторній формі. Еквівалентні операторні схеми. Рівняння електричних кіл в операторній формі. Загальний алгоритм розрахунку перехідних процесів операторним методом. Визначення оригіналу за операторним зображенням. Схемні функції в операторній формі.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Бойко В.С. Теоретичні основи електротехніки. Частина 1. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмами «Електричні системи і мережі», «Електричні станції» «Електричні машини і апарати», «Управління, захист та автоматизація енергосистем» «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність», «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» / В. С. Бойко, Л. Ю. Спінул, М. П. Бурик, В. Ю. Лободзтнський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,35 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 199 с.
2. Бойко В. С. Теоретичні основи електротехніки. Підручник: У 3 т.; Т. 1: Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими параметрами / В.С. Бойко, Ю.Ф. Видолоб, І.А. Курило та ін. – К.:

ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2004. – 272 с. 3. Бойко В. С. Теоретичні основи електротехніки. Підручник: У 3 т.; Т. 2: Перехідні процеси у лінійних електричних колах із зосередженими параметрами. Нелінійні та магнітні кола / В.С. Бойко, Ю.Ф. Видолоб, І.А. Курило та ін.– К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2008. – 224 с.

3. Бойко В. С., Видолоб Ю. Ф., Курило І.А. та ін. Теоретичні основи електротехніки. Підручник: У 3 т.; Т. 3: Електричні кола з розподіленими параметрами. Теорія електромагнітного поля / В.С. Бойко, Ю.Ф. Видолоб, І.А. Курило та ін.– К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2013. – 224 с.

4. Бурик М.П. Лінійні електричні кола постійного струму: Розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізацій «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод», «Електричні машини і апарати», «Інжиніринг та автоматизація електротехнічних комплексів» й «Мехатроніка енергоємних виробництв» / М П. Бурик, Л. Ю. Спінул ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,51 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 46 с.

5. Бурик М.П. Лінійні електричні кола однофазного синусоїдного струму: Розрахунково- графічна робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмами «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси», «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії», «Електричні станції», «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» та «Електричні машини і апарати» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / М П. Бурик, Л. Ю. Спінул, В. Ю. Лободзинський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 19,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 150 с.

6. Теоретичні основи електротехніки - 1. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмою «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси», «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії», «Електричні станції», «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод», «Електричні машини і апарати», спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; М. П. Бурик, Л. Ю. Спінул, В. Ю. Лободзинський, Ю.В. Перетятко – Електронні текстові данні (1 файл: 5,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 96 с

7. Воєйков А.М. Теоретичні основи електротехніки: [підруч.]/А. М. Воєйков, С. В. Астапов, І. Я. Лізан, В. В. Коломієць. –Х., 2007. –364 с.

8. Балан П.О. Теоретичні основи електротехніки: [підруч.] /Г. П. Балан, П. О. Кравченко, Ю. Ф. Свєргун, О. Є. Щєрбаков. –К. : Інтас, 2007. –325 с.

9. Корощєнко О.В. «Теоретичні основи електротехніки. Збірник задач: навчальний посібник» / укл. О.В.Корощєнко, В.Ф.Дєнник, О.А.Журавель та ін.; за заг.ред. О.В.Корощєнко.- Дєнецьк, ДВНЗ «ДонНТУ», 2012.- 673 с.

10. Намацалюк І.Н. Теоретичні основи електротехніки. Збірник задач [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І. Н. Намацалюк, Ю. В. Перетятко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,43 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 113 с.

11. Дистанційний курс «Теоретична електротехніка» <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=40>, <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=41>.

Додаткова література:

1. Курс лекцій з дисципліни “Теоретичні основи електротехніки” для галузі знань “Електрична інженерія” спеціальності “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” всіх форм навчання (Частина 1) / Уклад.: Ю.В. Перетятко – К.: НТУУ “КПІ” 2016.– 326 с. (гриф “Рекомендовано Вченою Радою факультету” № 8 від 28.03.2016)

2. Курс лекцій з дисципліни “Теоретичні основи електротехніки” для галузі знань “Електрична інженерія” спеціальності “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” всіх форм

навчання (Частина 2) / Уклад.: Ю.В. Перетятко – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського 2017.– 294 с. (гриф “Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського ” № 9 від 24.05.2018)

3. Теоретичні основи електротехніки – 1. Електричні кола постійного та змінного струму. Чотириполосники. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А. А. Щерба, Ю. В. Перетятко. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,16 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 116 с.

4. Теоретичні основи електротехніки: Нелінійні системи. Перехідні процеси. [Електронний ресурс]: практикум. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ю. В. Перетятко. А. А. Щерба – Електронні текстові дані (1 файл: 20,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 140 с.

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в мережі Інтернет. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими методами та технологіями: методи проблемного навчання (дослідницький метод); візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Методика викладання дисципліни поєднує наочні методи навчання з поясненням. Викладання проводиться у формі лекцій, практичних та лабораторних занять.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
Розділ 3. ТРИФАЗНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА	
1.	Базові поняття та основні визначення Визначення багатофазних систем. Утворення симетричної системи ЕРС трифазного генератора: послідовність чергування фаз; аналітичне подання систем трифазних ЕРС у формі миттєвих значень та комплексних чисел; часові та векторні діаграми. Симетричні та несиметричні системи ЕРС, напруг, струмів. Симетричне та несиметричне навантаження. Завдання на СРС: Повторити систему рівнянь Максвелла. Встановити на базі якого з законів побудовано трифазний генератор.
2.	Класифікація багатофазних систем та розрахунок симетричних трифазних кіл Зв'язані та незв'язані системи. Види з'єднань трифазного електричного кола. Розрахунок симетричних трифазних кіл у разі з'єднання зірка в зірку та трикутник в трикутник. Приклади розрахунків, векторні діаграми напруг і струмів. Баланс потужностей симетричного трифазного кола. Завдання на СРС: Довести справедливість співвідношень між фазними напругами та струмами відповідно для симетричних трифазних кіл при з'єднанні фаз навантаження зіркою, а потім трикутником.
3.	Розрахунок несиметричних трифазних кіл зі статичним навантаженням. Розрахунок несиметричного трифазного кола при відомій системі фазних ЕРС генератора, при відомій системі лінійних напруг генератора. Приклади розрахунків, векторні діаграми напруг і струмів. Поняття реверсу та принцип роботи вказівника чергування фаз.

	Завдання на СРС: Виконати аналіз розглянутих на лекції кіл МКС
4.	<p>Особливі випадки розрахунку несиметричних трифазних кіл зі статичним навантаженням.</p> <p>Аварійні режими. Коротке замикання в одній з фаз навантаження. Розрив фаз. Розрахунок трифазного трипровідного кола за заданими лінійним напругами.</p> <p>Завдання на СРС: Порівняти висновки зроблені на лекціях 2-4 із висновками зробленими під час виконання лабораторної роботи 31 відповідно до режиму роботи трифазного кола. Законспектувати порівняння.</p>
5.	<p>Потужності трифазного кола. Вимірювання активної потужності</p> <p>Комплексна потужність 3-фазного генератора при відомій системі фазних та/або лінійних напругах. Баланс потужностей для трифазних симетричних та несиметричних кіл. Вимірювання активної потужності 3-фазного кола одним, двома чи трьома ватметрами.</p> <p>Завдання на СРС: Законспектувати всі можливі способи підключення ватметрів для вимірювання активної потужності для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - трифазного трипровідного та чотирипровідного симетричних кіл при з'єднанні фаз споживача зіркою; - трифазного трипровідного та чотирипровідного несиметричних кіл при з'єднанні фаз споживача зіркою.
6.	<p>Метод симетричних складових</p> <p>Симетричні складові 3-фазної системи. Опори 3-фазного кола для прямої, зворотної і нульової послідовностей; розрахункові схеми.</p> <p>Завдання на СРС: Повторити метод накладання дії джерел</p>
7.	<p>Метод симетричних складових</p> <p>Розрахунок симетричного споживача при несиметричній системі вхідних напруг. Розрахунок 3-фазного кола з поперечною та повздожньою несиметрією.</p> <p>Завдання на СРС: Ознайомитись із утворенням обертового магнітного поля та принципом дії асинхронної і синхронної електричних машин.</p>
Розділ 4. НЕСИНУСОЇДНІ ПЕРІОДИЧНІ ПРОЦЕСИ В ЛІНІЙНИХ КОЛАХ	
8.	<p>Визначення миттєвих та діючих значень струмів в лінійному колі з несинусоїдною ЕРС</p> <p>Розкладання періодичної несинусоїдної ЕРС в тригонометричний ряд Фур'є. Розрахунок кола при дії джерела несинусоїдної ЕРС: алгоритм розрахунку; визначення миттєвих та діючих значень струмів та напруг.</p> <p>Завдання на СРС: З додаткової літератури встановити негативний вплив несинусоїдності в електричних колах. Подати дослідження у вигляді короткої доповіді під час аудиторного заняття.</p>
9.	<p>Потужності кола несинусоїдною струму та коефіцієнти, що характеризують несинусоїдні струми (напруги)</p> <p>Активна, реактивна та повна потужності несинусоїдного струму. Потужність спотворення. Коефіцієнти, що характеризують несинусоїдні струми (напруги). Приклад аналізу кола несинусоїдного струму, визначення показів приладів різних систем.</p> <p>Завдання на СРС: Встановити аналог кута зсуву фаз у колах несинусоїдного струму, що він характеризує та як обраховується.</p>
10.	<p>Вплив реактивних елементів на форму кривої струму у разі дії несинусоїдної ЕРС</p> <p>Вплив резистивного, індуктивного, ємнісного елементів на форму кривої струму у разі дії несинусоїдної ЕРС.</p>

	<p>Резонанс в електричному колі з несинусоїдною ЕРС. Резонансні фільтри гармонічних складових.</p> <p>Завдання на СРС: Встановити практичне використання впливу параметрів кола на форму кривої струм у несинусоїдних колах</p>
11.	<p>Вищі гармоніки в трифазному колі</p> <p>Особливості аналізу трифазного кола при дії симетричної несинусоїдної системи ЕРС. Системи прямої, зворотної та нульової послідовностей фаз в несинусоїдних фазних та лінійних напругах і струмах симетричного трифазного кола при з'єднанні в зірку чи трикутник. Співвідношення між фазними і лінійними напругами і струмами.</p> <p>Приклад аналізу трифазного кола при дії симетричної несинусоїдної системи ЕРС.</p> <p>Завдання на СРС: З додаткової літератури встановити негативний вплив появи несинусоїдності в трифазних електричних колах. Подати дослідження у вигляді короткої доповіді під час аудиторного заняття.</p>
РОЗДІЛ 5. ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ	
12.	<p>Перехідний, вимушений і вільний режими електричного кола</p> <p>Причини виникнення перехідних процесів. Закони комутації. Початкові умови. Перехідний, вимушений і вільний режими електричного кола. Послідовність розрахунку перехідного процесу класичним методом.</p> <p>Завдання на СРС: Повторити аналіз однорідних та неоднорідних диференційних рівнянь першого та другого порядків.</p>
13.	<p>Перехідні процеси в колі з одним накопичувачем енергії</p> <p>Перехідні процеси в колі RL: характеристика вільного режиму, вмикання кола на постійну та синусоїдну ЕРС. Коротке замикання кола RL.</p> <p>Завдання на СРС: Дослідити вплив зміни опору резистора на швидкість перехідного процесу у разі заряду та короткого замикання у колі RL.</p>
14.	<p>Перехідні процеси в колі з одним накопичувачем енергії</p> <p>Перехідні процеси в колі RC: характеристика вільного режиму, вмикання кола з незарядженим конденсатором на постійну та синусоїдну ЕРС. Коротке замикання кола RC.</p> <p>Завдання на СРС: Дослідити вплив зміни опору резистора на швидкість перехідного процесу у разі заряду та короткого замикання у колі RC.</p>
15.	<p>Керування перехідними процесами</p> <p>Розрахунок добротності коливального контуру. Умови створення аперіодичного, граничного аперіодичного та коливального контурів.</p> <p>Регулювання швидкістю перехідного процесу.</p> <p>Розряд конденсатора на RL навантаження</p> <p>Аперіодичний розряд конденсатора: рівняння для струму та напруг на елементах кола, часові графіки струму та напруг. Коливальний розряд конденсатора: умови виникнення коливального розряду, рівняння для струму та напруг на елементах кола, часові графіки струму та напруг. Декремент коливань та логарифмічний декремент.</p> <p>Завдання на СРС: Дослідити перехідні процеси у колах першого порядку при включенні до джерела постійного/синусоїдного струму.</p>
16.	<p>Вмикання кола RLC на джерело постійної ЕРС</p> <p>Рівняння для струму та напруг на елементах кола при аперіодичному та коливальному заряді конденсатора. Часові графіки струму та напруг.</p> <p>Класичний метод розрахунку перехідних процесів у колах другого порядку</p>

	<p>Порядок розрахунку. Визначення початкових умов. Способи розрахунку коренів характеристичного рівняння.</p> <p>Вплив сталих інтегрування на вільну складову перехідної функції.</p> <p>Завдання на СРС: Дослідити перехідні процеси при вмиканні кола на джерело синусоїдної ЕРС.</p>
17.	<p>Пряме перетворення Лапласа та його основні властивості</p> <p>Операторне зображення функції, її похідної та інтегралу; зображення напруги па індуктивності та ємності при відомому зображенні струму. Закон Ома та закони Кірхгофа із операторній формі. Операторні схеми.</p> <p>Завдання на СРС: Повторити пряме та обернене перетворення Лапласа.</p>
18.	<p>Розрахунок перехідного процесу в електричному колі операторним методом</p> <p>Перехід від зображень струмів до оригіналів. Формула розкладання. Порядок розрахунку перехідного процесу операторним методом.</p> <p>Завдання на СРС: Підготовка до іститу.</p>

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
Розділ 3. ТРИФАЗНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА	
1.	<p>Розрахунок трифазного симетричного кола при з'єднанні споживачів "зіркою", "трикутником" та з різними видами з'єднання фаз споживачів</p> <p>Розрахункова схема на фазу симетричного 3-фазного кола. Визначення струмів і напруг в розрахунковій схемі та у всіх фазах кола. Розрахунок показів приладів. Перевірка розрахунків за балансом потужностей. Суміщена векторна діаграма струмів і топографічна діаграма напруг симетричного трифазного кола.</p> <p>Завдання на СРС: індивідуальне завдання – виконати аналіз симетричного режиму заданого кола. Скласти баланс потужностей. Побудувати векторну діаграму.</p>
2.	<p>Розрахунок несиметричного трифазного кола при з'єднанні споживачів "зіркою" та "трикутником"</p> <p>Використання методу еквівалентних перетворень для спрощення 3-фазного кола. Розрахунок спрощеного кола та знаходження струмів і напруг у вихідній схемі.</p> <p>Розрахунок несиметричного трифазного кола при з'єднанні споживачів "зіркою": а) з нейтральним проводом; б) без нейтрального проводу.</p> <p>Розрахунок несиметричного трифазного кола при з'єднанні споживачів "трикутником". Розрахунок показів приладів. Баланс потужностей.</p> <p>Завдання на СРС: індивідуальне завдання – виконати аналіз несиметричного режиму заданого кола. Скласти баланс потужностей. Побудувати векторну діаграму.</p>
3.	<p>Розрахунок трифазних кіл за показами приладів</p> <p>Аналіз трифазних кіл на базі показів приладів.</p> <p>Розрахунок симетричного споживача при несиметричній системі вхідних напруг (динамічне навантаження)</p> <p>Визначення симетричних складових несиметричної системи напруг. Побудова розрахункових схем для симетричних складових. Визначення струмів і напруг симетричних</p>

	<p>складових та розрахунок результуючих струмів і напруг.</p> <p>Завдання на СРС: індивідуальне завдання – виконати аналіз несиметричного режиму заданого кола методом симетричних складових. Скласти баланс потужностей.</p>
Розділ 4. НЕСИНУСОЇДНІ ПЕРІОДИЧНІ ПРОЦЕСИ В ЛІНІЙНИХ КОЛАХ	
4.	<p>Розрахунок однофазного лінійного кола з несинусоїдною ЕРС</p> <p>Аналіз однофазного кола при дії джерела несинусоїдної ЕРС. Розрахунок миттєвих струмів та напруг. Визначення показів приладів. Визначення потужностей кола несинусоїдного струму та складання балансу потужностей.</p> <p>Аналіз однофазного кола при одночасній дії джерела несинусоїдної ЕРС та поспідної ЕРС із наявністю резонансних явищ. Розрахунок миттєвих струмів та напруг. Визначення показів приладів. Визначення потужностей кола несинусоїдного струму та складання балансу потужностей.</p> <p>Завдання на СРС: індивідуальне завдання – виконати аналіз однофазного кола при дії джерела несинусоїдної ЕРС. Розрахувати коефіцієнти несиметрії, несинусоїдності, гармонік. Скласти баланс потужностей.</p>
5.	МКР: Розрахунок однофазного кола несинусоїдного струму
РОЗДІЛ 5. ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ	
6.	<p>Розрахунок перехідного процесу у колі з одним накопичувачем енергії при дії постійних джерел енергії</p> <p>Аналіз кіл першого прядку: RL та RC. Розрахунок усталених режимів до та після комутації. Складання характеристичного рівняння кола та визначення його коренів. Розрахунок початкових умов для струмів і напруг. Знаходження розв'язків для вільних складових струмів та напруг. Побудова часових графіків перехідних струмів і напруг.</p> <p>Завдання на СРС: Розв'язок двох задач. Задачі надаються викладачем.</p>
7.	<p>Розрахунок перехідного процесу у колі з двома накопичувачами енергії при дії постійних джерел енергії</p> <p>Розрахунок усталених режимів до та після комутації. Складання характеристичного рівняння кола та визначення його коренів. Особливості розрахунку початкових умов для струмів і напруг при двох накопичувачах енергії. Знаходження розв'язків складових при дійсних та комплексно-спряжених коренях. Запис загальних розв'язків, побудова часових графіків перехідних струмів та напруг.</p> <p>Завдання на СРС: Для заданого викладачем кола синусоїдного струму виконати розрахунок вимушених складових, початкових умов та коренів характеристичного рівняння.</p>
8.	<p>Операторний метод розрахунку перехідного процесу в електричному колі з двома накопичувачами енергії</p> <p>Розрахунок усталеного режиму до комутації та визначення незалежних початкових умов. Побудова операторної розрахункової схеми. Складання рівнянь для зображень струмів (напруг) та знаходження зображень шуканих величин. Знаходження оригіналів струмів (напруг).</p> <p>Завдання на СРС: Підготовка до іспиту</p>

Лабораторні заняття

№ п/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд.год
Розділ 3. ТРИФАЗНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА.		

1.	Дослідження пасивного чотириполюсника змінного струму.	2
2.1.	Дослідження трифазного електричного кола при з'єднанні джерела і споживача "зіркою" з нейтральним проводом.	2
2.2.	Дослідження трифазного електричного кола при з'єднанні джерела і споживача "зіркою" без нейтрального проводу	2
3.	Дослідження резистивно-реактивного трифазного електричного кола при з'єднанні споживача "трикутником".	2
4.	Дослідження симетричних складових трифазної системи напруг.	2
Розділ 4. НЕСИНУСОЇДНІ ПЕРІОДИЧНІ СТРУМИ ТА ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ		
5.1.	Дослідження перехідного процесу у колі RC , RL	2
5.2.	Дослідження перехідного процесу у колі RLC .	2

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи
1	Підготовка до лекційних занять
2	Підготовка до практичних занять
3	Підготовка до лабораторних занять та проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях
4	Виконання розрахунково-графічної роботи
5	Підготовка до МКР
6	Підготовка до екзамену

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 та практичних заняттях.
- обов'язковою умовою допуску до екзамену є
 - відпрацювання, оформлення протоколу та захист всіх лабораторних робіт з дисципліни;
 - виконання та обов'язковий усний захист РГР;
 - сумарна кількість балів за семестр має бути в межах від 30 до 60 балів.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних, практичних та лабораторних заняттях, 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;
- 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.
- правила захисту індивідуальних завдань (РГР): захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється обов'язково та індивідуально. Питання для захисту формуються на базі теорії за темою РГР. Без захисту РГР робота оцінюється у 50% від максимальної кількості балів передбачених РСО за РГР;

- політика дедлайнів та перескладань:
 - несвоєчасне виконання РГР, несвоєчасний захист лабораторних робіт та повторне написання МКР передбачають зменшення максимального балу зазначеного у РСО за відповідний контрольний захід до 75 %. Мінімальний бал не змінюється.
 - якщо студент не з'явився на МКР/ лабораторну роботу/захист без поважних причин, його результат оцінюється у 0 балів. Поважна причина підтверджується довідкою, після чого студент допускається до написання МКР / відпрацювання лабораторної роботи / захисту лабораторних робіт чи РГР.
 - перескладання захисту лабораторних робіт та РГР не передбачено;
- 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 участь у факультетських та університетських олімпіадах з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки», участь у наукових конференціях;
- 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 дисципліни «Теоретичні основи електротехніки»; 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: експрес-опитування, МКР, лабораторні роботи

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт.

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

- відповіді під час проведення опитувань на лекціях/практиках;
- виконання та захист восьми лабораторних робіт;
- виконання двох частин у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Контрольний захід	Кількість контрольних заходів	Максимальний бал за один контрольний захід	Всього балів
Опитування на лекціях / практиках	6	1	6
Лабораторні роботи	8 робіт	4	32
МКР	2 частини по 45 хв	11	22
			60

Відповіді під час проведення опитувань на лекційних та практичних заняттях

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 1 бали * 6 = 6 бали.

Мінімальна кількість балів на всіх лекціях – 1 бали * 6*60%≈ 4 бали.

Критерії оцінювання

- вільне володіння темою заняття (вільне знання та розуміння визначень, законів, методів, теорії їх отримання, вміння застосовувати закони та методи); розв'язування задачі з отриманням кінцевого результату; вміння перевірити правильність розрахунку – $(0,9..1)*1$ бали;
- володіння темою заняття (вільне знання та розуміння визначень, законів, методів, обмежене розуміння теорії їх отримання та вміння їх застосовувати); правильне розв'язування задачі без обчислення кінцевого результату – $(0,89..0,75)*1$ балів ;
- часткове володіння темою заняття (часткове знання та розуміння визначень, законів, методів, обмежене розуміння теорії їх отримання та вміння застосовувати); представлення розв'язку задачі у символічному вигляді, або з незначними помилками – $(0,74..0,6)*1$ балів;
- присутність на практичному занятті, пасивна участь у роботі – 0 балів.

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 3.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи – 3 бали * 8 =24 балів.

Мінімальна кількість балів за всі лабораторні роботи – 3 бали * 8 *60%≈ 15 балів.

Критерії оцінювання

- якісна 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 – $(0,9..1)*3$ бали;
- добра підготовка до лабораторної роботи, активна участь у виконанні досліджень, несуттєві помилки при обробці результатів дослідів, неповні відповіді на контрольні питання – $(0,89..0,75)* 3$ бали;
- недостатня підготовка до лабораторної роботи, пасивна участь у виконанні досліджень, значні помилки при обробці результатів дослідів, часткові відповіді на контрольні питання – $(0,74..0,6)*3$ бали;
- неготовність до лабораторної роботи, пасивна участь у виконання досліджень, неякісна обробка результатів, невірні відповіді на контрольні питання за темою роботи – 0 балів.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з двох частин: "Лінійні кола постійного струму" та "Однофазні кола синусоїдного струму" відповідно. Завдання кожної контрольної роботи складається з однієї задачі.

Ваговий бал кожної частини МКР – 5 балів.

Максимальний бал за МКР – 2 *5=10 балів.

Критерії оцінювання

- вибір оптимального методу розрахунку, правильне виконання розрахунків з повним поясненням, перевірка результатів розв'язку, побудова вказаних в умові діаграм – $(0,9..1)*5$ балів;
- правильне складання системи рівнянь та її розв'язання, перевірка отриманих результатів, відсутність вказаних в умові діаграм – $(0,89..0,75)* 5$ балів;
- правильне складання системи рівнянь та її розв'язок, відсутність перевірки отриманих результатів та вказаних в умові діаграм – $(0,74..0,6)*5$ балів;

- розв'язання задачі з принциповими помилками – 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

Екзаменаційна робота складається з трьох завдань.

Кожне завдання включає задачу та вимогу детального опису теорії, яка застосовується для аналізу заданого кола.

Критерії оцінювання екзамену

Максимальний рейтинг екзамену - 40 балів.

Рейтинг екзамену 38 – 40 балів – студент правильно розв'язав задачі та здійснив якісне їх оформлення, дав чіткі визначення всіх понять і величин та вичерпні теоретичні обґрунтування аналізів заданих електричних кіл, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену 34 – 37 балів – студент правильно розв'язав задачі та здійснив якісне їх оформлення, дав чіткі визначення всіх понять і величин та неповне теоретичні обґрунтування аналізів заданих електричних кіл, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену 30 – 33 балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; дав чіткі визначення всіх понять і величин та часткове теоретичні обґрунтування аналізів заданих електричних кіл, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену 26 – 29 балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє суть аналізу заданих кіл

Рейтинг екзамену 24 – 25 балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання основних понять і величин дисципліни, але недостатньо розуміє суть порядку аналізу заданих кіл. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену 0 – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання. Або хоча б одна із задач не виконана.

Остаточний рейтинг студента складає сума балів отриманих за семестр та 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 доцент кафедри теоретичної електротехніки, к.т.н, доцент, Перетятко Юлія Вікторівна

Ухвалено кафедрою теоретичної електротехніки (протокол №12 від 25.05.2022)

Ухвалено кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів протокол №23 від 14.06.22р.

Погоджено Методичною комісією ІЕЕ (протокол №12 від 24.06. 2022)