



МЕТОДИ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЦІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електромеханічні системи автоматизації та електромобільність;</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Всього 4 кредити ECTS / 120 годин; аудиторних – 72 години: лекції – 36 годин; практики – 18 годин; лабораторні роботи – 18 годин; самостійна робота – 42 години</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / ДКР, МКР</i>
Розклад занять	<i>час і місце проведення аудиторних викладені на сайті rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н, професор, Бойко Валерій Степанович, vsboiko@bigmir.net Практичні: д.т.н, професор, Бойко Валерій Степанович Лабораторні: к.т.н., доцент, Бурик Микола Петрович, burykm@ukr.net</i>
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Курс «Методи електродинаміки в електротехніці та електромеханіці» (МЕЕЕ) фактично є завершальною узагальнюючою частиною теоретичного курсу ТОЕ і споріднених з ним курсів, що створює базу застосування електричних і магнітних явищ для наукових досліджень та різних практичних цілей.

Метою навчальної дисципліни «Методи електродинаміки в електротехніці та електромеханіці» є засвоєння студентами основних положень класичної теорії однієї з найважливіших форм матерії - електромагнітного поля - та з додатками цієї теорії, спрямованих на її практичне застосування.

Завданнями вивчення дисципліни є:

- оволодіння математичним апаратом класичної електродинаміки та спеціальної теорії відносності на основі рівнянь Максвелла та матеріальних рівнянь;
- створення шляху між теорією та прикладними питаннями курсу, де особлива увага приділяється фізиці енергетичних процесів, передачі енергії, сучасній теорії миттєвих потужностей та процесам у трифазних системах при їх несиметрії і наявності вищих гармонік.

Предметом вивчення курсу МЕЕЕ є постановка і розв'язок задач теоретичного і прикладного характеру в галузі електротехніки, електроенергетики, радіотехніки, електроніки, оптики, астрофізики та астрономії.

В спеціальній теорії відносності, яка є органічною частиною класичної електродинаміки, викладається чотиривимірний математичний апарат, на основі якого надається коваріантне (релятивістське) формулювання основних рівнянь електродинаміки. Якраз за такого підходу проявляється нерозривна єдність електричних і магнітних явищ, як з погляду їх фізичної сутності, так і з погляду їх математичної трактовки.

В результаті вивчення курсу МЕЕЕ студент повинен

знати:

- закони збереження в класичній електродинаміці;
- основні поняття теорії електродинаміки суцільних середовищ;
- основні положення спеціальної теорії відносності;
- особливості перебігу електромагнітних процесів при передачі енергії від джерела до споживача;
- нормовані показники якості електричної енергії;
- методи визначення складових повної і миттєвої потужності;
- основні поняття щодо реактивної (неактивної) потужності;
- вплив несинусоїдності та несиметрії вхідного сигналу на електромагнітні та енергетичні процеси у трифазних колах;
- способи компенсації реактивної потужності;

вміти:

- вільно орієнтуватися в основних принципах теорії електромагнітного поля;
- застосовувати основні положення електродинаміки для розв'язання задач розрахунку характеристик електромагнітного поля;
- визначити основну сутність фізичних явищ та межі застосування законів електромагнітного поля при їх практичному використанні;
- самостійно визначити напрями спрощення у певних випадках загальної задачі теорії електромагнітного поля;
- застосовувати положення теорії балансу енергії в електромагнітному полі та вектора Пойнтінга для аналізу процесу передачі енергії в електротехнічних пристроях;
- розраховувати складові повної потужності та складання енергетичних балансів в електричних колах;
- подавати періодичні несинусоїдні сигнали рядом Фур'є;
- застосовувати методи підвищення симетрії трифазних кіл та способів компенсації вищих гармонік з метою підвищення якості електричної енергії мережі живлення;
- 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 «Методи електродинаміки в електротехніці та електромеханіці» є базовою дисципліною в структурі освітньої програми.

Для вивчення дисципліни МЕЕЕ 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, Лапласа та ін. в інтегральній та диференціальній формах.

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.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Базові поняття класичної електродинаміки.

Тема 1.1. Основні поняття електродинаміки з погляду класичної теорії електромагнітного поля.

Взаємодія тіл. Metали. Швидкість упорядкованого руху зарядів. Електричний опір. Діелектрики. Електричне поле. Картина поля. Джерела напруженості. Магнітне поле. Вектор магнітної індукції і його вихор. Джерела і вихори поля. Вектор електричної індукції. Вектор напруженості електричного поля. Основні рівняння електромагнітного поля в інтегральній формі. Теорема Остроградського і Стокса. Повна система рівнянь електромагнітного поля.

Тема 1.2. Електростатичне поле.

Безвихорний характер електростатичного поля. Градієнт електричного потенціалу. Визначення потенціалу за заданим розподілом зарядів. Рівняння Пуассона та Лапласа. Граничні умови на поверхні провідників, на поверхні поділу двох діелектриків.

Тема 1.3. Стаціонарне електромагнітне поле.

Рівняння електричного поля струмів. Електричне поле біля провідників з постійним струмом. Електричне поле струмів у провіднику. Граничні умови на поверхні поділу двох провідникових середовищ. Аналогія електричного поля в провіднику з електростатичним полем. Приклади розрахунку електричного поля. Скалярний і векторний магнітний потенціали. Визначення магнітного потоку через векторний магнітний потенціал. Загальна задача розрахунку магнітного поля. Граничні умови на поверхні поділу двох середовищ з різними магнітними проникностями. Поле лінійного проводу, поле проводу кругового перерізу, поле двопровідної лінії передачі.

Тема 1.4. Змінне електромагнітне поле.

Характеристика змінного електромагнітного поля. Система основних рівнянь та матеріальні рівняння. Змінне електромагнітне поле в діелектрику. Рівняння Даламбера, загальне рішення рівняння. Плоска електромагнітна хвиля в діелектрику, швидкість поширення хвилі.

Розділ 2. Енергетичні процеси в електроенергетичних системах.

Тема 2.1. Баланс енергій в електромагнітному полі та в електричних системах.

Теорема Умова-Пойнтінга, вектор Пойнтінга. Приклади використання теореми. Потік енергії у провіднику. Потужності при синусоїдних та несинусоїдних енергетичних процесах. Методи визначення складових повної і миттєвої потужності. Потужність у колах з періодичними несинусоїдними струмами та напругами. Класичний метод. Концепція К. Будяну. Концепція С. Фрізе. Проблеми вищих гармонік в сучасних системах електроживлення. Ефекти, викликані вищими гармоніками напруги і струму.

Тема 2.2. Трифазні системи.

Аналіз процесів у різних режимах роботи. Потужність трифазних систем. Вплив несиметрії та вищих гармонік на енергетичні показники трифазних систем. Способи придушення гармонік струму і напруги в системах електроживлення. Включення лінійних дроселів. Застосування пасивних фільтрів. Застосування силових активних фільтрів. Застосування активних кондиціонерів гармонік. Вимоги до ефективного використання технічних засобів покращення якості електроживлення технологічних споживачів.

Тема 2.3. Сучасні теорії миттєвої потужності.

Сутність крос-векторної теорії миттєвої потужності. Система просторових координат, що застосовується. Вектори миттєвого активного та реактивного струму. Миттєві активна та реактивна потужність трифазної системи. Основи теорії $p-q-0$ та $p-q-r$ миттєвих потужностей. Перетворення систем координат при побудові систем корекції потужності. Пряме перетворення Кларка. Миттєва потужність нульової послідовності, миттєві активна і реактивна потужності. Алгоритм функціонування системи керування активним фільтром на основі прямого і зворотного перетворення Кларка. Особливості застосування теорії миттєвих потужностей для трифазних чотирипровідних систем.

Розділ 3. Основи узагальненої електродинаміки та спеціальної теорії відносності

Тема 3.1. Основи узагальненої електродинаміки

Критичні зауваження щодо класичної Максвелівської електродинаміки. Відмінності сучасної системи рівнянь електромагнітного поля від запропонованої Максвелом. Співвідношення між фізичною природою величин та підпорядкування їх математичній формі. Висновки Канна щодо впливу теорії електромагнітного поля на хід розвитку електродинаміки. Недоліки загально прийнятної теорії електромагнетизму. Роботи А.К. Томіліна по створенню узагальненої електродинаміки. Система диференціальних рівнянь узагальненої електродинаміки. Симетрія та інваріантність. Узагальнений закон збереження енергії електромагнітного поля та його порівняння з теоремою Умова-Пойнтінга.

Тема 3.2. Основи спеціальної теорії відносності.

Математичні основи спеціальної теорії відносності. Електродинамічні потенціали. Світові координати та чотиривимірний оператор Лапласа. Рівняння чотиривимірного простору. Чотиривимірний оператор Даламбера. Перша та друга система рівнянь Максвела для чотиривимірного простору. Постулати спеціальної теорії відносності Ейнштейна. Принцип відносності і перетворення Лоренца. Порівняння основних положень класичної механіки і СТВ. Координати подій у чотиривимірному просторі-часі Мінковського. Геометричне представлення перетворення Лоренца. Фізична інтерпретація перетворення Лоренца: лоренцеве скорочення довжини.; збільшення проміжку часу; відносність одночасності. Основний висновок спеціальної теорії відносності – взаємозалежність простору і часу.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Бойко В. С., Бойко В. В., Видолоб Ю. Ф. та ін. Теоретичні основи електротехніки. Підручник: У 3 т.; Т. 1: Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими параметрами. – К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2004. – 272 с.
2. Бойко В. С., Бойко В. В., Видолоб Ю. Ф. та ін. Теоретичні основи електротехніки. Підручник: У 3 т.; Т. 3: Кола з розподіленими параметрами. Теорія електромагнітного поля. – К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2013. – 241 с.
3. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н. Современная электродинамика, Ч. 1, Микроскопическая теория: учебное пособие, - Москва-Ижевск: ИКИ, 2002, 736 с.
4. Зильберман Г.Е. Электричество и магнетизм: учебное пособие. - М.: 1963, 382 с.
5. Измайлов С.В. Курс электродинамики: учебное пособие. Учпедгиз. - М.: 1962, 440 с.
6. Новожилов Ю.В., Яппа Ю.А. Электродинамика: учебное пособие, Гл. ред. ф-м лит. - М.: Издательство "Наука", 1978, 352 с.
7. Elektrodynamik von Arnold Sommerfeld *Professor Emeritus fur Theoretische Physik an der Universitat Munchen*: Akademische Verlagsgesellschaft Geest&Porting K.-G, LEIPZIG, 1958, 505 p.
8. Тонкаль В.Е., Денисюк С.П., Жуйков В.Я. и др. Баланс энергий в электрических цепях: АН Украины. Ин-т проблем энергосбережения. - К.: Наук. думка, 1992, 312 с.
9. Васецький Ю.М. Електродинаміка. Основні поняття, потенціальні та квазістаціонарні поля: К.: НАУ-друк., 2009. - 160 с.
10. Воробьев Г.С. Теория электромагнитного поля и основы техники СВЧ: учебное пособие/ Соколов С.В., Писаренко Л.Д., Жарба В.О. - Сумы: Изд-во СумГУ, 2010. - 420 с.
11. Батыгин В.В. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности [Электронный ресурс]: учебн. пособие/ В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин. - Электрон. текстовые дан. - Спб.: Лань, 2010. - 544 с.

Державні стандарти

12. ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення.
13. ДСТУ 2815-94 Електричні та магнітні кола та пристрої.
14. ДСТУ 3120-95 Електротехніка. Літерні позначення основних величин.

Додаткова література:

15. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. – М.: "Высшая школа", 1978.
16. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей. – М. "Энероатомиздат", 1989. – 528 с.
17. Зернов Н.В., Карпов В.Г. Теория радиотехнических цепей. – Л.: "Энергия", 1972. – 815 с.
18. Слободян Л.Р., Шеховцов В.І Електромагнітні поля електротехнічних установок: Навч. посібник. – К.: Либідь, 1994. – 176с.
19. Томилин А.К. Основы обобщенной электродинамики. – 2009. - 129 с.: ил.
20. F.Z.Peng, J.S.Lai "Generalized instantaneous reactive power theory for three-phase power systems". IEEE Trans. Instrum. Meas., vol.45, no 1, pp. 293-297, 1996.
21. Z. Peng, G.W. Ott, D.J. Adams "Harmonics and reactive power compensation based on the Generalized instantaneous reactive power theory for three-phase four-wire systems". IEEE Trans. Power Electronics, vol.13, no 6, pp. 1174-1181, 1998.
22. Домнин И. Ф., Жемеров Г. Г., Крылов Д. С., Сокол Е. И. Современные теории мощности и их использование в преобразовательных системах силовой электроники // Техн. електродинаміка. Темат. випуск "Проблеми сучасної електротехніки". – 2004. – Ч. 1. – С. 80–91.
23. В.М.Михальський, В.М.Соболев, В.В.Чопик, І.А.Шаповал Стратегія мінімізації небажаних складових миттєвої потужності із застосуванням різних топологій паралельних активних фільтрів // Техн. електродинаміка. – 2014. – № 1. – С. 41-50.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
Розділ 1. Базові поняття класичної електродинаміки.	
1.	Основні поняття електродинаміки з погляду класичної теорії електромагнітного поля. Взаємодія тіл. Metали. Швидкість упорядкованого руху зарядів. Електричний опір. Діелектрики. Електричне поле. Картина поля. Джерела напруженості. Магнітне поле. Вектор магнітної індукції і його вихор. Джерела і вихори поля. Вектор електричної індукції. Вектор напруженості електричного поля
2.	Система рівнянь Максвелла - основа класичної електродинаміки. Основні рівняння електромагнітного поля в інтегральній формі. Теореми Остроградського і Стокса. Повна система рівнянь електромагнітного поля.
3.	Електростатичне поле. Безвихорний характер електростатичного поля. Градієнт електричного потенціалу. Визначення потенціалу за заданим розподілом зарядів. Рівняння Пуасона та Лапласа. Граничні умови на поверхні провідників, на поверхні поділу двох діелектриків.
4.	Електричне поле постійних струмів. Рівняння електричного поля струмів. Електричне поле біля провідників з постійним струмом. Електричне поле струмів у провіднику. Граничні умови на поверхні поділу двох провідникових середовищ. Аналогія електричного поля в провіднику з електростатичним полем. Приклади розрахунку електричного поля.
5	Магнітне поле постійних струмів. Скалярний і векторний магнітний потенціали. Визначення магнітного потоку через векторний магнітний потенціал. Загальна задача розрахунку магнітного поля. Граничні умови на поверхні поділу двох середовищ з різними магнітними проникностями. Поле лінійного проводу, поле проводу кругового перерізу, поле двопровідної лінії передачі.
6	Рівняння змінного електромагнітного поля. Характеристика змінного електромагнітного поля. Система основних рівнянь та матеріальні рівняння. Змінне електромагнітне поле в діелектрику. Рівняння Даламбера, загальне рішення рівняння. Плоска електромагнітна хвиля в діелектрику, швидкість поширення хвилі.
Розділ 2. Енергетичні процеси в електроенергетичних системах.	
7	Баланс енергій в електромагнітному полі та в електричних системах. Теорема Умова-Пойнтінга, вектор Пойнтінга. Приклади використання теореми. Потік енергії у провіднику. Потужності при синусоїдних та несинусоїдних енергетичних процесах.
8	Баланс енергії в електричних колах. Методи визначення складових повної і миттєвої потужності. Потужність у колах з періодичними несинусоїдними струмами та напругами. Класичний метод. Концепція К. Будяну
9	Баланс енергії в електричних колах. Концепція С. Фрізе. Проблеми вищих гармонік в сучасних системах електроживлення. Ефекти, викликані вищими гармоніками напруги і струму.
10	Трифазні системи. Аналіз процесів у різних режимах роботи. Потужність трифазних систем. Вплив несиметрії та вищих гармонік на енергетичні показники трифазних систем.
11	Сучасні теорії миттєвої потужності. Сутність крос-векторної теорії миттєвої потужності. Система просторових координат, що застосовується. Вектори миттєвого активного та реактивного струму. Миттєві активна та реактивна потужність трифазної системи.

12	Основи теорії р-q-0 та р-q-г миттєвих потужностей. Перетворення систем координат при побудові систем корекції потужності. Пряме перетворення Кларка. Миттєва потужність нульової послідовності, миттєві активна і реактивна потужності. Алгоритм функціонування системи керування активним фільтром на основі прямого і зворотного перетворення Кларка. Особливості застосування теорії миттєвих потужностей для трифазних чотирипровідних систем.
13	Способи придушення гармонік струму і напруги в систем ах електроживлення. Включення лінійних дроселів. Застосування пасивних фільтрів. Застосування силових активних фільтрів. Застосування активних кондиціонерів гармонік. Вимоги до ефективного використання технічних засобів покращення якості електроживлення технологічних споживачів.
Розділ 3. Основи узагальненої електродинаміки та спеціальної теорії відносності	
14	Критичні зауваження щодо класичної Максвелівської електродинаміки. Відмінності сучасної системи рівнянь електромагнітного поля від запропонованої Максвелом. Співвідношення між фізичною природою величин та підпорядкування їх математичній формі. Висновки Канна щодо впливу теорії електромагнітного поля на хід розвитку електродинаміки. Недоліки загально прийнятної теорії електромагнетизму.
15	Основи узагальненої електродинаміки. Роботи А.К. Томіліна по створенню узагальненої електродинаміки. Система диференціальних рівнянь узагальненої електродинаміки. Симетрія та інваріантність. Узагальнений закон збереження енергії електромагнітного поля та його порівняння з теоремою Умова-Пойнтінга.
16	Математичні основи спеціальної теорії відносності (СТВ). Математичні основи спеціальної теорії відносності. Електродинамічні потенціали. Світові координати та чотиривимірний оператор Лапласа. Рівняння чотиривимірного простору. Чотиривимірний оператор Даламбера. Перша та друга система рівнянь Максвела для чотиривимірного простору.
17	Постулати спеціальної теорії відносності Ейнштейна. Принцип відносності і перетворення Лоренца. Порівняння основних положень класичної механіки і СТВ. Координати подій у чотиривимірному просторі-часі Мінковського.
18	Загальні висновки спеціальної теорії відносності. Геометричне представлення перетворення Лоренца. Фізична інтерпретація перетворення Лоренца: лоренцеве скорочення довжини.; збільшення проміжку часу; відносність одночасності. Основний висновок спеціальної теорії відносності – взаємозалежність простору і часу.

Практичні заняття

Розділ 1. Базові поняття класичної електродинаміки.	
1.	Розрахунок основних характеристик електростатичного поля
2.	Електричне поле постійних струмів.
3.	Магнітне поле постійних струмів.
Розділ 2. Енергетичні процеси в електроенергетичних системах.	
4.	Розрахунок несиметричних трифазних кіл.
5.	Вищі гармоніки в трифазних колах. Роль нульового проводу.
6.	Енергетичні процеси в трифазних колах за наявності несиметрії та несинусоїдності.
7.	Модульна контрольна робота за розділом 2.
Розділ 3. Основи електродинаміки та спеціальної теорії відносності	
8.	Принцип відносності і перетворення Лоренца. Властивості простору-часу та інтервал.
9.	Енергія та імпульс. Кінематичні задачі.

Лабораторні заняття

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. год
-------	---------------------------	--------------------

1.	Дослідження симетричних складових трифазної системи напруг	3
2.	Дослідження несиметричного трифазного електричного кола при з'єднанні споживачів «зіркою» та «трикутником»	3
3.	Дослідження усталених режимів однорідної лінії	3
4.	Моделювання електричного поля двопровідної лінії полем струму у провідному листі	3
5.	Моделювання електричного поля діелектричного та провідного циліндра на ЕОМ	3
6.	Моделювання електричного поля діелектричної та провідної кулі в однорідному зовнішньому електростатичному полі на ЕОМ	3

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи
1	Підготовка до практичних занять
2	Підготовка до лабораторних занять та проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях
3	Виконання домашньої контрольної роботи
4	Підготовка до МКР
5	Підготовка до заліку

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 лабораторних робіт з дисципліни;
 - написання МКР;
 - виконання ДКР (2 частини).
- 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: захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки РГР (за умови дотримання календарного плану виконання 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, його результат оцінюється у 0 балів.
- 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 (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, ДКР, лабораторні роботи

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за виконання домашньої розрахункової роботи та зарахування усіх лабораторних робіт.

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

- самостійну роботу над текстом лекцій;
- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання та захист шести лабораторних робіт;
- виконання двох частин у рамках індивідуальної роботи (ДКР);
- виконання двох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Опрацювання лекцій	Розв'язання задач	Лаб. роботи	РГР	МКР	R _{зал}
7	9	18	16	10	40

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 0,2.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 0,2 бали * 36 = 7 балів.

Мінімальна кількість балів на всіх лекціях – 0,2 бали * 36 * 30% = 2 бали.

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 0,25.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 0,25 бали * 36 = 9 балів.

Мінімальна кількість балів на практичних заняттях – 0,25 бали * 36 * 60% = 5,4 бали.

Критерії оцінювання

- вільне володіння темою заняття, розв'язування задачі з отриманням кінцевого результату; вміння перевірити правильність розрахунку – $(0,9..1)*0,25$ бали;
- вільне володіння темою заняття, правильне розв'язування задачі без обчислення кінцевого результату – $(0,89..0,75)*0,25$ балів ;
- часткове володіння темою заняття, представлення розв'язку задачі у символічному вигляді, або з незначними помилками – $(0,74..0,6)*0,25$ 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 * 6 =18 балів.

Мінімальна кількість балів за всі лабораторні роботи – 3 бали * 6 *60%= 10,8 бали.

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.

Індивідуальне семестрове завдання (ДКР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує домашню контрольну роботу. ДКР складається з двох частин

Максимальна кількість балів за виконання однієї частини ДКР – 8 балів.

Мінімальна кількість балів за виконання однієї частини ДКР – 5 балів.

Критерії оцінювання

- вибір оптимального методу розрахунку, правильне виконання розрахунків з повним поясненням, перевірка результатів розв'язку, побудова вказаних в умові діаграм – $(0,9..1)*8$ балів;
- правильне складання системи рівнянь та її розв'язок, перевірка отриманих результатів, відсутність вказаних в умові діаграм – $(0,89..0,75)* 8$ балів;
- правильне складання системи рівнянь та її розв'язок, відсутність перевірки отриманих результатів та вказаних в умові діаграм – $(0,74..0,6)*8$ балів;
- розв'язання задачі з принциповими помилками – 0 балів.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота виконується за темою "Розрахунок трифазного кола з несинусоїдними струмами і напругами". Завдання складається з однієї задачі.

Ваговий бал МКР – 10 балів.

Максимальний бал за МКР – $1 * 10 = 10$ балів.

Критерії оцінювання

- вибір оптимального методу розрахунку, правильне виконання розрахунків з повним поясненням, перевірка результатів розв'язку, побудова вказаних в умові діаграм – $(0,9..1) * 10$ балів;
- правильне складання системи рівнянь та її розв'язання, перевірка отриманих результатів, відсутність вказаних в умові діаграм – $(0,89..0,75) * 10$ балів;
- правильне складання системи рівнянь та її розв'язок, відсутність перевірки отриманих результатів та вказаних в умові діаграм – $(0,74..0,6) * 10$ 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 – залік

Залікова робота складається з трьох завдань.

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

Критерії оцінювання залікового завдання

Максимальний рейтинг залікового завдання - 40 балів.

Рейтинг залікового завдання 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 і магнітних кіл, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг залікового завдання 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 і магнітних кіл, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг залікового завдання 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 і магнітних кіл, відповіді логічні і послідовні.

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

Рейтинг залікового завдання 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 залікового завдання 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 залікову роботу.

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

Увага! Залікова робота не є обов'язковою для усіх студентів. Студент, який протягом семестру проявляв активність, своєчасно виконував завдання, передбачені робочою програмою, набув ґрунтовні знання і отримав високі бали поточної успішності, **за бажанням** може отримати остаточну рейтингову оцінку виходячи з результатів поточної успішності, згідно даних наступної таблиці.

Таблиця відповідності рейтингових балів поточної успішності заліковим оцінкам:

Кількість балів поточної успішності	Оцінка
60-57	Відмінно
56-51	Дуже добре
50-45	Добре
44-39	Задовільно

Для студентів, які набрали протягом семестру 38-31 балів поточної успішності, виконання залікової роботи є обов'язковим.

Студенти, які набрали протягом семестру 30 балів поточної успішності і менше, вважаються такими, що не виконали навчальний план і до складення заліку не допускаються.

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 професор кафедри теоретичної електротехніки, д.т.н, професор, Бойко Валерій Степанович

Ухвалено кафедрою теоретичної електротехніки (протокол № 11 від 29.06.2021)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № __ від _____)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.