



ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ТА ПРОЦЕСІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics)</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>час і місце проведення аудиторних викладені на сайті http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Островерхов Микола Якович, E-mail: n.ostroverkhov@hotmail.com , тел.: 050-2541067 Практичні: д.т.н., проф. Островерхов Микола Якович, E-mail: n.ostroverkhov@hotmail.com , тел.: 050-2541067
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/u/1/c/MTg3OTU4MzQzODA1

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Фундаментальні основи теорії електромагнітного поля та процесів» складено відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» підготовки доктора філософії спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Мета навчальної дисципліни – формування у аспірантів компетенцій в області законів перетворення енергії електромагнітного поля та методів дослідження електромагнітних процесів.

Предмет навчальної дисципліни – закони перетворення енергії електромагнітного поля та методи дослідження електромагнітних процесів.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (СК01) здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання в електричній інженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з електричної інженерії та суміжних галузей; (СК03) здатність вирішувати проблеми підвищення надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем, зумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку.

Знання: (РН01) передові концептуальні та методологічні знання з електричної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і

прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

Уміння: (PH05) глибоко розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосовувати їх у власних дослідженнях у галузі електричної інженерії та у викладацькій практиці.

Після засвоєння матеріалу дисципліни аспіранти отримають знання в області фундаментальних законів класичної теорії електромагнітного поля, принципів та методів електростатики та магнітостатики, законів електродинаміки суцільного середовища, теорії випромінювання поширення електромагнітних хвиль; набудуть уміння застосовувати здобуті фундаментальні знання теорії електромагнітного поля при розробці нових наукових методик та в новітніх промислових технологіях і зразках нової техніки, для пояснення отриманих даних і передбачення нових наукових результатів, розв'язувати рівняння Максвелла, розраховувати електромагнітні поля в вакуумі та в суцільних середовищах, складати математичні моделі електромагнітних процесів та кіл; отримають досвід практичного застосування методів розрахунку електромагнітних процесів у технічних пристроях, принцип дії яких заснований на використанні енергії електромагнітного поля, проведення досліджень і узагальнення їх результатів в області явищ і процесів, пов'язаних з перетворенням енергії електромагнітного поля, самостійної роботи з навчальною, науковою та довідковою літературою у області теорії електромагнітного поля на українській та іноземних мовах.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти «Іноземною мовою для наукової діяльності», оскільки значна частина новітніх технологій описується в науковій літературі англійською мовою. Компетенції, знання, уміння та досвід, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого вивчення дисциплін «Методи дослідження, формування та керування інтелектуальними енергетичними системами та комплексами», «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії в електроенергетичних системах та електротехнічних комплексах», а також для якісного виконання наукових досліджень за темою дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на 7 розділів:

Розділ 1. Основи фундаментальних законів класичної теорії електромагнітного поля.

Розділ 2. Електростатика.

Розділ 3. Магнітостатика.

Розділ 4. Випромінювання та поширення електромагнітних хвиль.

Розділ 5. Електродинаміка суцільного середовища.

Розділ 6. Теорія поширення електромагнітних хвиль.

Розділ 7. Квазістаціонарні електромагнітні поля.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Шокало В.М. та ін. Основи теорії електромагнітного поля: Підручник для студентів ВНЗ / В.М. Шокало, В.І. Правда, В.А. Усін, В.С. Вунтесмері, Д.В. Грецьких; За заг. ред. В.М. Шокало та В.І. Правди. – Х.: ХНУРЕ, Колегіум, 2009. – 286 с.
2. Жданов В.І. Класична теорія електромагнітного поля. – Київ: НТУУ "КПІ", 2014. – 84 с.

3. Теорія електромагнітного поля і основи техніки НВЧ: Навчальний посібник / С.В. Соколов, Л.Д. Писаренко, В.О. Журба; За заг. ред. Г.С. Воробйова. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 393 с.
4. Васецький Ю.М. Електродинаміка. Основні поняття, потенціальні та квазістаціонарні поля. – Київ: Вид-во «НАУ-ДРУК», 2009. – 160 с.
5. Зависяк І.В., Мартиш Є.В. Електродинаміка НВЧ: Збірник задач. – Київ: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2002. – 80 с.
6. Островерхов М. Я. Фундаментальні основи теорії електромагнітного поля та процесів. Практикум: Навчальний посібник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 101 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48310>

Допоміжна література:

1. Токарський П.Л. Фізика. Теорія електромагнітного поля: Конспект лекцій. – Харків: ХНУРЕ, 2002. – 104 с.
2. Венгер Є.Ф., Грибань В.М., Мельничук О. Г. Основи електродинаміки і теорії відносності. – К.: Вища школа, 2009. – 352 с.
3. Макарець М.В., Решетняк В.Ю., Романенко О.В. Задачі з класичної електродинаміки. – Київ: ВПЦ «Київський національний університет», 2006. – 150 с.
4. Jackson J.D. Classical Electrodynamics: 3 edition, 1998. – 792 p.

Інформаційні ресурси

1. Матеріали Массачусетського Технологічного Інституту (США). Курс лекцій «Електромагнітна теорія» проф. Л.Левітова (Prof. Leonid Levitov, MIT USA): <http://ocw.mit.edu/courses/physics/8-311-electromagnetic-theory-spring-2004/>
2. Матеріали з теорії поля відеокурсів проф. Р.Шанкара Йельського університету (R.Shankar, Yale University). Основи фізики I та Основи фізики II: <http://oyc.yale.edu/physics/phys-200> , <http://oyc.yale.edu/physics/phys-201>
3. Науково-прикладний журнал «Технічна електродинаміка», який входить до наукометричної бази Scopus: <http://techned.org.ua/>
4. Енциклопедія фізики та техніки: <http://femto.com.ua/>
5. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: <http://www.nbuv.gov.ua/>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно-когнітивний та професійно орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться аспірант – суб'єкт навчання і майбутній науковець.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Розділ 1. Основи фундаментальних законів класичної теорії електромагнітного поля Тема 1.1. Рівняння класичної електродинаміки Закон Кулона. Принцип суперпозиції. Струм. Індукція магнітного поля. Сила, що діє на струм в магнітному полі. Закон Біо-Савара. Закон Ампера Закон електромагнітної індукції. Електрорушійна сила. Рівняння класичної електродинаміки у вакуумі. Системи одиниць. Тема 1.2. Мікроскопічні та макроскопічні рівняння електродинаміки Мікроскопічні та макроскопічні рівняння електродинаміки. Поляризація середовища, зв'язані та вільні заряди. Електрична індукція. Намагнічування середовища, поляризаційний струм та струм намагнічування. Напруженість

	<i>магнітного поля. Рівняння неперервності.</i>
2	<i>Тема 1.3. Закон збереження заряду, енергії, імпульсу</i> <i>Закон збереження електричного заряду. Сила Лоренца. Закон збереження енергії. Об'ємна густина енергії електромагнітного поля. Вектор Пойнтінга. Закон збереження імпульсу. Максвелівський тензор натягу. Закон збереження моменту імпульсу.</i> Розділ 2. Електростатика <i>Тема 2.1. Скалярний потенціал</i> <i>Скалярний потенціал. Напруженість електричного поля. Теорема Гауса.</i>
3	<i>Рівняння Лапласа й рівняння Пуассона. Методи розв'язування задач електростатики. Розклад скалярного потенціалу по мультиполях..</i> <i>Тема 2.2. Електричний диполь</i> <i>Електричний диполь. Квадруполь. Енергія диполя у зовнішньому полі. Диполь-дипольна взаємодія.</i>
4	<i>Тема 2.3. Енергія системи заряджених провідників</i> <i>Енергія системи заряджених провідників. Ємність.</i> Розділ 3. Магнітостатика <i>Тема 3.1. Векторний потенціал</i> <i>Вектор магнітної індукції. Векторний потенціал. Розклад векторного потенціалу по мультиполях. Скалярний магнітний потенціал.</i>
5	<i>Скалярний магнітний потенціал. Енергія магнітного поля для магнітостатичних явищ. Коефіцієнти взаємної та само індукції.</i> <i>Тема 3.2. Магнітний диполь</i> <i>Магнітний диполь. Енергія магнітного диполя у зовнішньому магнітному полі. Магнітна диполь-дипольна взаємодія.</i>
6	<i>Тема 3.3. Взаємодія системи струмів із зовнішнім магнітним полем</i> <i>Взаємодія системи струмів із зовнішнім магнітним полем. Гіромагнітне відношення. Теорема Лармора.</i> Розділ 4. Випромінювання та поширення електромагнітних хвиль <i>Тема 4.1. Калібрувальна інваріантність рівнянь Максвелла</i> <i>Калібрувальна інваріантність рівнянь Максвелла. Калібрування Лоренца, Кулона і Гамільтона. Запізнювальні та випереджаючі потенціали.</i>
7	<i>Тема 4.2. Спектральний розклад</i> <i>Спектральний розклад. Спектральний та кутовий розподіл енергії випромінювання. Плоска монохроматична хвиля. Закон дисперсії. Поляризація, інтенсивність електромагнітної хвилі. Зв'язок між енергією й імпульсом плоскої електромагнітної хвилі. Електромагнітне поле як сукупність гармонійних осциляторів. Вираз енергії, імпульсу та векторного потенціалу через координати та імпульси осциляторів електромагнітного поля.</i>
8	<i>Тема 4.3. Електромагнітне поле на великій відстані від джерела</i> <i>Електромагнітне поле на великій відстані від джерела. Кутовий та спектральний розподіл електромагнітного випромінювання заданим струмом. Електричне дипольне й квадрупольне магнітне дипольне випромінювання. Електромагнітне поле в ближній та дальній зонах.</i> <i>Тема 4.4. Електромагнітне поле заряду, який рухається прискорено</i> <i>Електромагнітне поле заряду, який рухається прискорено. Потенціали Лієнара-Віхерта. Енергія, випромінювана частинкою, що рухається прискорено.</i>
9	<i>Тема 4.5. Розсіяння електромагнітних хвиль</i> <i>Розсіяння електромагнітних хвиль. Ефективний переріз розсіяння. Формула Томпсона. Реакція випромінювання. Радіаційна ширина спектральних ліній.</i>

	Дифракція електромагнітних хвиль. Формула Гріна. Дифракція лінійно поляризованої хвилі на круглому отворі. Розділ 5. Електродинаміка суцільного середовища Тема 5.1. Діелектрики та магнетики Діелектрики. Вектор поляризації. Вектор електричної індукції. Тензор поляризованості.
10	Тема 5.2. Поляризація діелектриків Поляризація неполярних діелектриків. Локальне поле. Формула Клаузіуса-Мосотті. Поляризація полярних діелектриків у постійному електричному полі. Дисперсія діелектричної проникності. Тема 5.3. Зв'язок між діелектричною та магнітною проникностями й енергією, яка поглинається Зв'язок між діелектричною та магнітною проникностями й енергією, яка поглинається в середовищі. Співвідношення Крамерса-Кроніга. Частотна дисперсія газу із заряджених гармонійних осциляторів.
11	Розділ 6. Теорія поширення електромагнітних хвиль Тема 6.1. Плоскі хвилі в діелектриках Плоскі хвилі в діелектриках. Хвильове рівняння. Плоска монохроматична хвиля. Хвильовий вектор. Дисперсійне рівняння. Фазова швидкість електромагнітної хвилі. Співвідношення між амплітудами напруженостей електричного та магнітного полів. Тема 6.2. Потік енергії електромагнітної хвилі Потік енергії електромагнітної хвилі. Поляризація електромагнітних хвиль. Поширення електромагнітних хвиль у диспергуючому середовищі. Групова швидкість.
12	Відбиття й заломлення електромагнітних хвиль. Формули Френеля. Коефіцієнт відбиття та проходження. Кут Брюстера. Повне внутрішнє відбиття. Тема 6.3. Поширення електромагнітних хвиль у провідниках Поширення електромагнітних хвиль у провідниках. Поширення електромагнітних хвиль в анізотропному середовищі. Звичайна та незвичайна хвилі. Геометрична оптика. Ейкональне наближення. Випромінювання Черенкова-Вавилова.
13	Тема 6.4. Електромагнітне поле у хвильоводах та резонаторах Електромагнітне поле у хвильоводах та резонаторах. Поперечно-магнітні та поперечно-електричні хвилі. Електромагнітні хвилі в прямокутному хвильоводі. Прямокутний резонатор. Розділ 7. Квазістаціонарні електромагнітні поля Тема 7.1. Квазістаціонарні явища в лінійних провідниках Умови квазістаціонарності. Квазістаціонарні явища в лінійних провідниках. Квазістаціонарне наближення для магнітного поля. Тема 7.2. Скін-ефект. Магнітний резонанс Скін-ефект. Магнітний резонанс. Правила Кірхгофа. Довгі лінії.

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Рівняння Максвела Напруженість електричного та магнітного поля. Скалярне поле об'ємної густини електричного заряду та векторне поле об'ємної густини електричного струму. Електрична та магнітна стала. Диференціальна форма запису закону

	<i>Ома та Ампера. Теорема Пойнтинга.</i>
2	Плоскі електромагнітні хвилі <i>Рівняння Гельмгольца. Фазовий фронт та швидкість хвилі. Коефіцієнт заломлення. Характеристичний опір середовища. Коефіцієнт еліптичності. Питоме загасання.</i>
3	Хвилеводи <i>Хвилі електричного та магнітного типу. Вирішення рівняння Гельмгольца. Поздовжнє хвильове число. Характеристичний опір хвилеводу. Загасання хвиль у хвилеводах. Потужність, що переноситься хвилею.</i>
4	Діелектричні хвилеводи <i>Поверхневі хвилі. Фазова швидкість хвиль. Вирішення рівняння Гельмгольца.</i>
5	Лінії передачі з хвилями типу «Т» <i>Поперечні електромагнітні хвилі. Характеристичний опір хвилі в лінії без втрат. Хвильовий опір. Коефіцієнт ослаблення хвилі Коаксіальна лінія передачі. Смушкові лінії передачі.</i>
6	Об'ємні резонатори <i>Конфігурація об'ємного резонатора. Резонансна частота коливаль. Добротність об'ємного резонатора.</i>
7	Розповсюдження електромагнітних хвиль у різних середовищах <i>Особливості розповсюдження електромагнітних хвиль у певному середовищі. Однорідні ізоотропні іонізовані середовища. Однорідні анізотропні середовища. Гіротропні середовища. Ефект Фарадея.</i>

6. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота здобувача наукового ступені доктора філософії є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	35
3	Підготовка до МКР	6
4	Підготовка до заліку	10

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- 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.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних 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;
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів 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;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах 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: опитування за темою заняття, МКР, ДКР.

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

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: зарахована ДКР.

На першому занятті аспіранти ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі «Положення про систему оцінювання результатів навчання», https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf

Рейтинг аспіранта з дисципліни складається з балів, які він отримує у семестрі за:

- 1) 13 лекцій;
- 2) 7 практичних занять;
- 3) 1 модульну контрольну роботу (МКР);
- 4) 1 домашню контрольну роботу (ДКР).

Система рейтингових балів

1) Лекції. Ваговий коефіцієнт дорівнює 4. Максимальна кількість балів за всі 13 лекцій становить $4 \times 13 = 52$ бала. Нарахування балів за одну лекцію:

- | | |
|----------------------------|------|
| - повний конспект лекції | 4 |
| - неповний конспект лекції | 0..3 |

2) Практичні заняття. Ваговий коефіцієнт дорівнює 3. Максимальна кількість балів за всі 7 занять становить $3 \times 7 = 21$ бал. Нарахування балів за одне заняття:

- | | |
|-----------------------------|------|
| - повний конспект заняття | 3 |
| - неповний конспект заняття | 0..2 |

3) Модульна контрольна робота (МКР). Ваговий коефіцієнт дорівнює 9. Максимальна кількість балів за контрольну роботу становить $9 \times 1 = 9$ балів. Нарахування балів за контрольну роботу:

- | | |
|---|------|
| - «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) | 8..9 |
| - «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) | 6..7 |
| - «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) | 5 |
| - «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) | 0 |
| - неявка без поважних причин | 0 |

4) Домашня контрольна робота (ДКР). Ваговий коефіцієнт дорівнює 18. Максимальна кількість балів за контрольну роботу становить $18 \times 1 = 18$ балів. Нарахування балів при захисті ДКР:

- | | |
|--|--------|
| - повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) | 16..18 |
| - достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) | 14..15 |

- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 11..13
- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0

Критерії залікового оцінювання. Аспіранти, які набрали протягом семестру рейтинг менше 60 балів, зобов'язані виконати залікову контрольну роботу. Студенти, які набрали не менше 60 балів, отримують залікову оцінку так званим «автоматом» відповідно до набраного рейтингу або за власним бажанням виконують залікову контрольну роботу з метою підвищення оцінки. Стартова рейтингова оцінка аспірантів, які виконують залікову контрольну роботу, складається з суми балів за модульну та домашню контрольну роботу. Завдання містить три теоретичні питання і одну практичну задачу, кожне з яких оцінюється у 18 балів.

Нарахування балів за відповіді на теоретичні питання:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 16..18
- достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) 14..15
- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 11..13
- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0

Нарахування балів за відповідь на практичну задачу:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 17..19
- достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) 14..16
- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 11..13
- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Основні положення теорії електромагнітного поля.
2. Закон збереження заряду
3. Закон взаємодії точкових зарядів
4. Закон нерозривності магнітних силових ліній.
5. Закон електромагнітної індукції
6. Закон повного струму
7. Система рівнянь Максвелла та їх фізичний зміст
8. Класифікація електромагнітних явищ
9. Граничні умови для нормальних компонент векторів поля
10. Граничні умови для тангенціальних компонент векторів поля
11. Комплексна діелектрична та магнітна проникність

12. Теорема Умова-Пойнтінга
13. Швидкість розповсюдження електромагнітної енергії
14. Внутрішня та зовнішня задачі електродинаміки
15. Теорема взаємності
16. Теорема еквівалентності
17. Теорема Гріна
18. Електростатичне поле. Скалярний потенціал
19. Стаціонарне електричне поле. Рівняння Пуассона
20. Стаціонарне магнітне поле. Векторний потенціал
21. Провідники в електростатичному полі. Ємність
22. Хвильовий характер електромагнітного поля
23. Динамічні характеристики електромагнітних хвиль
24. Поляризація електромагнітних хвиль
25. Плоскі хвилі в діелектриках
26. Плоскі хвилі в провідниках
27. Відображення та переломлення електромагнітних хвиль
28. Ефект Допплера

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № 7-177 від 01.10.2020 р. «Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ».

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено завідувачем кафедри теоретичної електротехніки, д.т.н., проф. Островерховим М.Я.

Ухвалено кафедрою теоретичної електротехніки (протокол № 10 від 24.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)