



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Теорія електромагнітних полів в електроізоляційній, кабельній та оптоволоконній техніці

Шифр та назва спеціальності

141 - Електроенергетика,
Електротехніка та Електромеханіка

Інститут

Навчально-науковий інститут
енергетики, електроніки та
електромеханіки

Освітня програма

Електроенергетика

Кафедра

Електроізоляційна та кабельна техніка
(133)

Рівень освіти

Перший (бакалаврський)

Тип дисципліни

Вільного вибору профільної підготовки

Семестр

5

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Безпрозванних Ганна Вікторівна

Hanna.Bezprozvannukh@khpі.edu.ua

Доктор технічних наук, професорка, професорка кафедри
“Електроізоляційна та кабельна техніка”

Досвід роботи - 37 років. Авторка понад 200 наукових та
навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін:
“Фізика діелектриків”, “Теорія електромагнітних полів в
електроізоляційній, кабельній та оптоволоконній техніці”,
“Основи оптоволоконної техніки: кабелі зв'язку”, “Фізичні
основи оптоволоконної техніки”, «”Проблеми та перспективи
розвитку електроенергетики та електромеханіки”

Детальніше про викладача на сайті кафедри

Загальна інформація

Анотація

Розуміння природи електромагнітних полів необхідно для засвоєння електрофізичних процесів в силових та волоконно-оптичних кабелях, електричній ізоляції електричних машин та інших електроізоляційних конструкціях. Методи дослідження електричних полів передують створенню будь-якої електроізоляційної конструкції. Різноманітність електродних систем породжує безліч різних методів дослідження електричних полів між ними. Методи теорії електромагнітних полів необхідні для розрахунку важливих електромагнітних параметрів

електроізоляційних та кабельних конструкцій, таких як електрична ємність, індуктивність, активний опір. Без застосування сучасних методів теорії електромагнітних полів неможливий розгляд питань випромінювання та розповсюдження електромагнітних хвиль різного діапазону частоти в силових і волоконно-оптичних кабелях, у електроізоляційних конструкціях та втрат електромагнітної енергії.

Мета та цілі дисципліни

Формування системного підходу у дослідженнях однієї з найважливіших форм матерії - електромагнітного поля з додатками класичної теорії, спрямованої на практичне застосування з визначенням важливих електромагнітних параметрів на стадії створення та експлуатації електроізоляційних, кабельних та оптоволоконних конструкцій.

Вивчення особливостей електростатичного, стаціонарного і змінного електромагнітного полів, методів їх дослідження у електроізоляційних та кабельних конструкціях.

Освоєння аналітичних методів дослідження електростатичних полів: методу суперпозиції, методу відображення, методу конформних перетворень.

Набуття практичних навичок щодо застосування чисельних методів дослідження, зокрема, методу вторинних джерел.

Освоєння методів аналізу характеристик електростатичного поля за коефіцієнтом неоднорідності поля у різноманітних електродних системах для оптимізації електроізоляційних та кабельних конструкцій.

Формат занять

Лекції, практичні та лабораторні заняття, індивідуальне розрахункове завдання, консультації. Підсумковий контроль – іспит.

Компетентності

Загальні компетентності

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

K06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Спеціальні (фахові) компетентності

K12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

K13. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.

K19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

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

K27. Отримання та використання професійних знань та розумінь, пов'язаних з процесами створення і використання безпечних та ефективних електроізоляційних, кабельних та оптоволоконних систем.

Результати навчання

ПР05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР06. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПР08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

ПР10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.

ПР18. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

ПР26. Знати і розуміти процеси створення і використання безпечних та ефективних електроізоляційних, кабельних та оптоволоконних систем.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 48 год., практичні заняття – 16 год., лабораторні заняття – 16 год., самостійна робота – 70 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного оволодіння дисципліною необхідно мати базові знання та практичні навички з дисциплін загальної та професійної підготовки: Для успішного оволодіння дисципліною необхідно мати базові знання та практичні навички з дисциплін загальної та професійної підготовки: ЗП 8. Хімія, ЗП 9. Вища математика, ЗП 10. Фізика, СП 2. Електротехнічні матеріали, СП 4. Теоретичні основи електротехніки ч.1, СП 5. Теоретичні основи електротехніки ч.2., ВВП4. Прикладне програмування в електроізоляційній та кабельній техніці, ВВП9. Фізика діелектриків

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Застосовується методологія інтерактивного та активного форматів проведення занять. Виступи, доповнення, дискусії є основою інтерактивного навчання. Спрямованість на високу організованість та самостійність при виконанні індивідуального розрахункового завдання підвищує ефективність навчання. Проведення міждисциплінарних занять у вигляді навчальних конференцій розширює процес пізнання та активізує самостійну пошукову діяльність студентів.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Математичний апарат теорії електромагнітного поля.

Поняття про поле. Ключові моменти з історії практичного використання електромагнітних явищ. Скалярні та векторні поля та їх опис. Похідна поля – градієнт. Оператор набла. Дивергенція та ротор вектора. Визначення фізичного поля.

Тема 2. Концепція електромагнітного поля. Електромагнітне поле як єдність електричного та магнітного полів.

Рівняння електромагнітного поля. Рівняння Максвелла у диференціальній формі. Рівняння Максвелла у інтегральній формі.

Тема 3. Електростатичне поле і його характеристики.

Основні властивості електростатичного поля. Рівняння електростатичного поля. Електростатичне поле і його напруженість. Принцип суперпозиції електростатичних полів. Потік вектора напруженості. Теорема Остроградського-

Гаусса для електростатичного поля у вакуумі. Циркуляція вектора напруженості електростатичного поля. Теорема Стокса. Потенціал електростатичного поля. Зв'язок між напруженістю електростатичного поля і потенціалом. Зв'язок між напруженістю електростатичного поля і потенціалом. Рівняння Пуассона та Лапласа. Основна задача електростатики. Теорія єдиності розв'язку. Граничні умови на поверхні провідника. Граничні умови на поверхні поділу двох діелектриків.

Тема 4. Методи розрахунку електростатичних полів.

Аналітичні методи розрахунку. Фундаментальні рішення диференціальних рівнянь Лапласа. Метод дзеркальних зображень. Метод конформних відображень. Чисельні методи розрахунку. Метод еквівалентних зарядів. Метод вторинних джерел.

Тема 5. Стаціонарне електромагнітне поле і його характеристики.

Рівняння стаціонарного електричного та стаціонарного магнітного поля. Аналогія стаціонарного електричного поля у провіднику та електростатичного поля у діелектрику.

Тема 6. Змінне електромагнітне поле.

Граничні умови для векторів поля. Хвильове рівняння для векторів електромагнітного поля. Одновимірне хвильове рівняння. Плоскі електромагнітні хвилі в ідеальному діелектрику та в діелектрику з втратами. Гармонічні плоскі хвилі в провідному середовищі. Явище поверхневого ефекту. Активний опір та внутрішня індуктивність круглого провідника.

Теми практичних занять

Тема 1. Системи координат

Зв'язок між декартовою, циліндричною та сферичною системами координат при розгляді електроізоляційних конструкцій.

Тема 2. Потенціальні та вихрові поля

Визначення умови існування потенціальних та вихрових полів.

Тема 3. Теорема Гаусса та принцип суперпозиції електростатичних полів

3.1. Розробка моделі електростатичного поля довгої рівномірно зарядженої осі (проводу).

3.2. Визначення електростатичного поля електричного диполя молекули води.

Тема 4. Плоско паралельні електростатичні поля та методи їх розрахунку

4.1. Розробка моделі електростатичного поля у коаксіальному кабелі з однорідною ізоляцією на підставі рішення диференціального рівняння Лапласа.

4.2. Розробка моделі електростатичного поля у пазу статора електричної машини методом конформного перетворення.

Тема 5. Аналогія стаціонарного електричного поля у провіднику та електростатичного поля у діелектрику

Визначення провідності ізоляції в кабелі коаксіальної конструкції на підставі методу електростатичної аналогії.

Тема 6. Особливості електромагнітних полів.

Визначення частотної залежності активного опору та внутрішньої індуктивності одиночного проводу циліндричної конструкції за умови прояву різкого поверхневого ефекту.

Теми лабораторних робіт

Тема 3. Зв'язок між напруженістю електростатичного поля і потенціалом.

3.1. Дослідження розподілу потенціалу електростатичного поля довгої рівномірно зарядженої осі (проводу).

3.2. Дослідження розподілу потенціалу електростатичного поля електричного диполя.

Тема 4. Аналітичні методи розрахунку електростатичних полів

4.1. Дослідження розподілу напруженості електростатичного поля у силовому кабелі коаксіальної конструкції з двошаровою ізоляцією.

4.2. Дослідження розподілу потенціалу електростатичного поля у пазу статора електричної машини.

4.3. Дослідження розподілу потенціалу та напруженості електростатичного поля на краю плаского конденсатора та визначення оптимального профілю електроду.

Тема 5. Метод вторинних джерел.

5.1. Дослідження розподілу напруженості електростатичного поля у екранованому двожильному силовому кабелі за умови однорідної ізоляції.

5.2. Дослідження розподілу напруженості електростатичного поля у екранованому двожильному силовому кабелі за умови неоднорідної ізоляції.

Тема 6. Особливості електромагнітних полів.

Дослідження впливу питомої провідності матеріалу провідників на коефіцієнт вихрових струмів.

Самостійна робота

Самостійна робота включає опрацювання лекційного матеріалу, Підготовка до практичних (лабораторних) занять, Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях та виконання індивідуального розрахункового завдання з моделювання та розрахунку електростатичного поля силових кабелів та електроізоляційних конструкцій різного конструктивного виконання у безкоштовному програмному середовищі Octave.

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Карпов Ю. О., Ведміцький Ю. Г., Кухарчук В. В. Теоретичні основи електротехніки. Електромагнітне поле: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. 407с.
2. Багацька О. В., Бутрим О. Ю., Колчигін М. М. Теоретична електродинаміка: підручник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. 414 с.
3. Жданов В.І. Класична теорія електромагнітного поля. Мікроскопічна теорія. Київ: НТУУ "КПІ", 2014. 84 с.
4. Ryan Hugh M. High-voltage engineering and testing. London: The Institution of Engineering and Technology, 2013. 960 p.

Додаткова література

5. Hippel R. Dielectrics and Waves. Boston, London: Artech House, 1954. 280 p.
6. Савченко В.М., Маций О.Б., Мнушка О.В. Системний аналіз та математичне моделювання в GNU Octave: навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2020. 129 с.
7. Eaton J.W., Bateman D., Hauberg S., Wehbring R. GNU Octave A high-level interactive language for numerical computations. Boston: MA, 2017. 1004 p.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді екзамену (40%) та поточного оцінювання (60%).

Екзамен: письмове завдання (2 запитання з теорії + розв'язання задачі) та усна доповідь.

Поточне оцінювання: онлайн тест та лабораторні роботи (по 30%).

Шкала оцінювання

| Сума балів | Національна оцінка | ЕСТ S |
|------------|---|-------|
| 90-100 | Відмінно | A |
| 82-89 | Добре | B |
| 75-81 | Добре | C |
| 64-74 | Задовільно | D |
| 60-63 | Задовільно | E |
| 35-59 | Незадовільно (потрібне додаткове вивчення) | FX |
| 1-34 | Незадовільно (потрібне повторне вивчення) | F |

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХП»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.

Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХП» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис

Завідувач кафедри
Олександр КЕССАЄВ

Дата погодження, підпис

Гарант ОП
Галина ОМЕЛЯНЕНКО