



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Фізика діелектриків

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

4

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Безпрозваних Ганна Вікторівна

Hanna.Bezprozvannukh@khpi.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

Сучасний розвиток електроенергетики, електротехніки та електромеханіки неможливий без дослідження діелектриків, здатними працювати в електромагнітних полях різної частоти із збереженням електричних, фізико-хімічних, теплових та оптичних властивостей. Розглянуто сучасні уявлення про основні фізичні процеси, а також нові фізичні явища в діелектриках при знаходженні у зовнішньому електричному полі. Особливу увагу приділено поляризації, електропровідності, діелектричним втратам, електричній міцності та старінню діелектриків, у тому числі при дії іонізуючого випромінювання.

Мета та цілі дисципліни

Формування системного підходу і сучасних уявлень про фізичні процеси при взаємодії електричного поля з діелектриками, а саме: поляризацію,

електропровідність, діелектричні втрати, електричну міцність, та їх вплив на електричні, фізико-хімічні, теплові та оптичні властивості діелектриків. Вивчення макро- та мікроскопічних механізмів та моделей поляризації, освоєння методів визначення діелектричної проникності та діелектричних втрат; формування навичок пошуку, систематизації та обробки наукової інформації з розділів дисципліни із застосуванням сучасних інформаційних баз даних та цифрових ресурсів; набуття практичних навичок щодо проведення фізичного експерименту із застосуванням основних методик вивчення властивостей діелектриків; освоєння методів аналізу теоретичних і експериментальних даних та складання звіту за результатами дослідження.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, курсова робота, самостійна робота, 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.
- ПР19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

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

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 180 год. (6 кредитів ECTS): лекції – 48 год., практичні заняття – 16 год., лабораторні заняття – 16 год., самостійна робота – 84 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

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 1. Основи метрології та електричних вимірювань, СП 2. Електротехнічні матеріали, СП 4. Теоретичні основи електротехніки ч.1, СП 5. Теоретичні основи електротехніки ч.2.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться у інтерактивному форматі шляхом запитань, відповідей перед початком та кінцем кожного заняття, дискусій щодо не очевидних фізичних явищ. Застосовується методологія ігрового проектування з презентацією результатів виконаної курсової роботи з дисципліни. На міждисциплінарних заняттях формується образне уявлення про спеціалізацію, що розширює процес пізнання та активізує самостійну пошукову діяльність студентів.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Загальна характеристика діелектриків. Структура діелектриків.

Основні відомості про побудову речовини. Природа зв'язків атомів у твердих діелектриках. Основні види хімічних зв'язків у діелектрику. Полярність зв'язку. Енергія зв'язку.

Тема 2. Зонна теорія твердого тіла.

Зона провідності, валентна зона та заборонена зона. Класифікація твердих тіл відповідно до зонної теорії.

Тема 3. Макроскопічна теорія поляризації діелектриків.

Макроскопічна теорія поляризації діелектриків в статичних електричних полях. Діелектрики в макроскопічній електродинаміці. Діелектрики в електричному полі. Вектор поляризації. Вектор зміщення. Діелектрична проникність.

Тема 4. Механізми поляризації діелектриків.

Види пружної поляризації діелектриків. Електронна пружна поляризація. Залежності поляризованості та вектора поляризації від температури. Іонна пружна поляризація. Релаксаційні види поляризації. Дипольно-релаксаційна поляризація. Міграційна поляризація в неоднорідних діелектриках.

Тема 5. Особливості поляризації активних діелектриків.

Спонтанна поляризація. Сегнетоелектрики. Діелектричний гістерезис. Закон Кюрі – Вейса.

Тема 6. Діючі електричні поля в діелектриках.

Наближення Лорентца при розрахунку внутрішнього поля. Рівняння Клаузіуса-Мосотті-Лорентца. Локальне поле відповідно до теорії Онзагера. Рівняння Онзагера.

Тема 7. Електропровідність діелектриків.

Характеристика процесу електропровідності діелектриків. Природа наскрізного струму (струму витoku). Струм абсорбції. Особливості електропровідності газів, рідких та твердих діелектриків. Вплив температури та напруженості електричного поля на електропровідність діелектриків. Нелінійна провідність в умовах інжекції носіїв заряду. Частотна залежність електропровідності.

Тема 8. Діелектричні втрати.

Фізичні джерела втрат. Тангенс кута діелектричних втрат. Комплексна діелектрична проникність та її зв'язок з діелектричними втратами. Дисперсійні співвідношення Крамерса – Кронинга. Діелектричні втрати, обумовлені електропровідністю. Діелектричні втрати при тепловій поляризації. Залежності діелектричної проникності і тангенса кута діелектричних втрат від температури та частоти змінної напруги. Діаграма Коул – Коула. Діелектричні втрати в неоднорідних діелектриках. Схеми заміщення та еквівалентні схеми діелектриків з втратами.

Тема 9. Старіння та пробій діелектриків.

Основні закономірності старіння діелектриків. Механічне старіння. Формула Журкова. Теплове старіння. Електрична міцність діелектриків. Пробій газів в однорідному і неоднорідному електричному полі. Закон Пашена. Пробій рідких діелектриків. Електричний пробій рідких діелектриків. Електротепловий пробій твердих діелектриків. Електродеградація (старіння) діелектриків. Радіаційна стійкість діелектриків.

Тема 10. Неоднорідні діелектрики.

Узагальнена електропровідність. Діелектрична проникність та тангенс кута діелектричних втрат на підставі формул узагальненої провідності. Електричне поле в двошаровому діелектрику з послідовним включенням прошарків.

Теми практичних занять

Тема 1. Хімічний зв'язок як основа будови речовини.

Вивчення видів хімічних зв'язків в залежності від будови та енергії взаємодії між атомами та молекулами речовини.

Тема 2. Ширина забороненої зони.

Визначення умов набуття атомом вуглецю з шириною забороненої зони 5,3 еВ властивостей провідника.

Тема 3. Поляризація діелектриків - основна властивість діелектриків у зовнішньому електричному полі.

Визначення діелектричної проникності за результатами вимірювань ємності зразків твердих діелектриків.

Тема 4. Особливості релаксаційної теплової поляризації

4.1. Перевірка умов застосування функції Ланжевена у визначенні дипольної теплової поляризації діелектриків.

4.1. Визначення видів поляризації за результатами вимірювань ємності і тангенса кута діелектричних втрат у діапазоні частоти 100 Гц — 100 кГц зразків твердих діелектриків.

Тема 5. Мікроскопічна теорія поляризації діелектриків.

Визначення напруженості електричного поля, що діє у діелектрику, на підставі моделі Лоренца.

Тема 6. Особливості електропровідності рідких діелектриків.

Перевірка виконання закону Пісаржевського -Вальдена для рідких діелектриків.

Тема 7. Тангенс кута діелектричних втрат — інтегральний показник втрат електричної енергії

Розробка моделі частотної залежності тангенсу кута діелектричних втрат на підставі багатоланцюгової схеми заміщення твердого діелектрика.

Теми лабораторних робіт

Тема 1. Поляризація діелектриків - основна властивість діелектриків у зовнішньому електричному полі.

1.1. Дослідження видів поляризації у широкому діапазоні частоти рідких неполярних діелектриках. Вплив температури на діелектричну проникність.

1.2. Дослідження процесів поляризації у твердих діелектриках на підставі візуалізації залежності між напруженістю електричного поля та вектором поляризації у зразках конденсаторів з неполярним та полярним діелектриками.

Тема 2. Особливості поляризації активних діелектриків

Дослідження частотних залежностей діелектричної проникності та тангенсу кута діелектричних втрат активних діелектриків на прикладі сегнетоелектрика. Вплив температури на діелектричну проникність.

Тема 3. Електропровідність твердих діелектриків

3.1. Дослідження температурної залежності електропровідності твердих діелектриків.

3.2. Дослідження впливу значення прикладеної напруги на електропровідність твердих діелектриків.

Тема 4. Іонізаційні процеси у твердих діелектриках

Дослідження впливу значення прикладеної змінної напруги частоти 50 Гц на тангенс кута діелектричних втрат твердого неоднорідного діелектрика.

Тема 5. Електрична міцність твердих діелектриків.

Дослідження електричної міцності твердих діелектриків у однорідному і неоднорідному електричному полі.

Тема 6. Радіаційне зміцнення твердих діелектриків.

Дослідження впливу дози радіаційного опромінення на електричні, механічні, теплові та оптичні властивості твердих діелектриків.

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 індивідуальних завдань з курсової роботи за темою “«Визначення електричних та електрофізичних параметрів, які пов’язані з фізичними процесами у діелектриках»”:

Електричні та електрофізичні параметри, які характеризують процес поляризації у діелектриках.

Електричні та електрофізичні параметри, які характеризують процес електропровідності у діелектриках.

Діелектричні втрати у діелектриках та параметри, які їх характеризують. Електрична міцність та пробій діелектриків.

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Поплавко Ю.М. Фізика діелектриків. К: НТУУ «КПІ», 2015. 572 с.
2. Поплавко Ю.М. , Переверзева Л.П., Воронов С.О., Якименко Ю.І. Фізичне матеріалознавство. Частина друга. Діелектрики. К.: НТУУ «КПІ», 2007. 592 с.
3. Hippel R. Dielectrics and Waves. Boston, London: Artech House, 1954. 280 p.

Додаткова література

4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Фізика діелектриків». Дніпро: Дніпропровський національний університет, 2001. 18 с.
5. Савченко В.М., Маций О.Б., Мнушка О.В. Системний аналіз та математичне моделювання в GNU Octave: навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2020. 129 с.
6. 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: курсова робота 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 «ХПІ»: 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 «ХПІ» 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