



Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



Електромагнітний, магнітний та вихорострумний неруйнівний контроль

Шифр та назва спеціальності

175 Інформаційно-вимірювальні технології

Інститут

ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма

Метрологія та інформаційно вимірювальна техніка

Кафедра

Комп'ютерні та радіоелектронні системи контролю та діагностики (171)

Рівень освіти

Бакалавр

Тип дисципліни

Спеціальна (фахова), вибіркова

Семестр

7

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Зайцева Лілія Василівна

liliia.zaitseva@khp.edu.ua

Кандидат технічних наук, доцент

Має більш ніж 80 наукових та навчально-методичних праць, з них 17 у виданнях включених до наукометричних баз Scopus та Web of Science, , 1 підручник, 5 навчальних посібників, 6 методичних вказівок та 2 патентів України на корисну модель.

Основні дисципліни:

- «Електромагнітний, магнітний та вихорострумний неруйнівний контроль »;
- «Проектування контрольно-діагностичних приладів»;
- «Комп'ютерне моделювання контроль діагностичних систем»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна «Електромагнітний, магнітний та вихорострумний неруйнівний контроль» відноситься до циклу професійної підготовки. Дана дисципліна необхідна для формування у студентів знань про електричні, магнітні поля та електромагнітні поля вихрових струмів, їх взаємодію з матеріалами і виробами, методи їх реєстрації та інтерпретації результатів. Розглянутий матеріал дасть змогу майбутньому фахівцю створювати та застосовувати сучасні комп'ютерно-інтегровані технології та проводити автоматизацію процесів оцінювання стану об'єктів за результатами взаємодії з електромагнітним полем. Набуті під час вивчення дисципліни знання, вміння та досвід можуть бути використані студентами в подальшому при вивченні спеціальних дисциплін.

Мета та цілі дисципліни

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатності:

- застосовувати знання фізики, електротехніки та електроніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях для задач електромагнітного, магнітного та вихорострумowego неруйнівного контролю.
- Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:
- вміти розв'язувати типові задачі та проблеми автоматизації процесів в системах Електромагнітного, магнітного та вихорострумowego неруйнівного контролю.

Формат занять

Лекції, практичні роботи, лабораторні роботи, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – іспит.

Компетентності

ФК3. Здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови обчислювальних компонент засобів вимірювальної техніки.

ФК4. Здатність використовувати сучасні інженерні та математичні пакети для створення моделей приладів і систем вимірювань.

ФК5. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при конструюванні модулів, деталей та вузлів засобів вимірювальної техніки та їх обчислювальних компонент і модулів.

Результати навчання

PHC3-5. Знати і вміти обґрунтовано обирати та розробляти конструктивні елементи приладів і систем електромагнітного, магнітного та вихорострумowego контролю.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 16 год., лабораторні роботи 32 год., індивідуальні роботи у формі курсової роботи 38 год., самостійна робота – 70 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Знання, навички та попередні дисципліни, необхідні для успішного проходження курсу: «Аналогова схемотехніка», «Загальна фізика. Частина 1-3», «Візуальний та вимірювальний контроль», «Основи метрології», «Основи електроніки», «Фізико-механічні властивості матеріалів», «Сенсори контролю та вимірювання фізичних та механічних величин», «Вступ до спеціальності»

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На лабораторних заняттях студенти мають змогу ознайомитись з приладами контролю та їх роботою для визначення якості продукції, акцентується увага на застосуванні електромагнітний, магнітних та вихорострумowych методів в залежності від сфери та умов застосування. Навчальні матеріали доступні студентам через OneDrive Office 365..

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Вступ. Основні поняття, визначення та теоретичні засади теорії магнетизму.

Призначення та область застосування МНК. Теоретичні основи МНК. Магнітне поле у вакуумі. Магнітне поле у речовині. Магнетики та їх класифікація. Намагнічування феромагнетиків. Криві намагнічування феромагнетиків. Намагнічування феромагнітних тіл кінцевих розмірів. Коефіцієнт розмагнічування.

Тема 2. Технологія магнітної дефектоскопії.

Загальні відомості про дефектоскопію. Характерні типи дефектів феромагнітних ОК. Фізичні

основи магнітної дефектоскопії: граничні умови для магнітного поля на межі поділу двох середовищ; магнітні поля розсіювання дефектів. Намагнічування ОК. Класифікація способів намагнічування. Циркулярне, повздожнє та комбіноване намагнічування. Розрахунок магнітного поля намагнічування Розмагнічування ОК.

Тема 3. Методи магнітної дефектоскопії: магнітопорошковий, магнітографічний, магнітодіодний, магнітотранзисторний та індукційний.

Поділ методів магнітної дефектоскопії за сенсорами та індикаторами магнітного поля. Магнітопорошкова дефектоскопія. Етапи виконання контролю технологія отримання магнітограм. Магнітографічна дефектоскопія. Запис магнітного рельєфу ОК на магнітоносій та перетворення магнітного відбитку у електричний сигнал. Магнітодіодний, магнітотранзисторний та індукційний методи магнітної дефектоскопії.

Тема 4. Гальваноманітні методи магнітної дефектоскопії та метод вібрзонда.

Гальваноманітні ефекти та їх використання в магнітній дефектоскопії. Метод ефекта Холла. Електрорушійна сила. Постійна Холла матеріалів для перетворювачів. Ефект Гауса, його суть та фізичне обґрунтування. Магніторезистори, рівняння перетворення, схеми включення.

Тема 5. Ферозондовий метод магнітної дефектоскопії.

Недиференціальний і диференціальний ферозонди з повздожнім збудженням. Рівняння перетворення. Поняття диференціальної магнітної проникності. Способи включення диференціальних ферозондів з повздожнім збудженням. Чутливість диференціальний ферозонди з повздожнім збудженням. Методика розрахунку диференціального ферозонду з повздожнім збудженням.

Тема 6. Магнітна товщинометрія та магнітна структуроскопія.

Методи магнітної товщинометрії: пондеромоторний, магнітостатичний, індукційний, індуктивний. Рівняння перетворення, чутливість, первинні вимірювальні перетворювачі, особливості реалізації та застосування цих методів. Зв'язок методів механічної та хіміко-термічної обробки феромагнітних сталей з їх магнітними характеристиками. Магнітні структуроскопи.

Тема 7. Загальні відомості про електричний неруйнівний контроль. Ємнісний метод ЕНК.

Загальні відомості про ЕНК. Характерні особливості ЕНК. Класифікація методів електричного НК Основні фізичні поняття та визначення. Загальна характеристика електроємнісного методу ЕНК. Типи ємнісних вимірювальних перетворювачів та їх конструкції. Основні розрахункові формули ємності перетворювачів. Схеми вмикання електроємнісних перетворювачів. Особливості побудови ємнісних приладів НК та ємнісних перетворювачів.

Тема 8. Термоелектричний та трибоелектричний методи та засоби ЕН.

Термоелектричний метод НК. Фізичні основи методу. Використання термоелектричного методу для контролю марки сплавів. Термоелектричний метод контролю товщини захисного металічного покриття на металічній основі. Трибоелектричний метод НК. Електростатичний дефектоскоп плівкових виробів.

Тема 9. Електроіскровий та електропотенціальний методи ЕНК.

Електроіскровий метод НК. Фізичні основи методу. Електричні розряди в газах: коронний та іскровий розряди. Електроіскровий дефектоскопи контролю труб з діелектричних матеріалів. Електроди для електроіскрового методу НК. Електропотенціальний метод ЕНК: фізична сутність, область застосування, використання для оцінювання глибини поверхневих тріщин. Приклади приладів НК, що реалізують електроіскровий і електропотенціальний методи.

Тема 10. Загальні відомості про вихрострумний НК (ВСНК).

Фізична сутність, задачі та характерні особливості ВСНК. Область застосування ВСК. Взаємодія електропровідних ОК з електромагнітним полем, аналогія з процесами, що відбуваються в індуктивно зв'язаних контурах. Параметри та характеристики ОК для контролю методами ВСНК. Класифікація вихрострумних перетворювачів (ВСП). Типи прохідних, накладних та комбінованих вихрострумних перетворювачів. Параметричні та трансформаторні ВСП.

Тема 11. Фізичні закони та рівняння електростатики та електродинаміки.

Силкові характеристики електромагнітного поля. Закон Кулона. Електричний потенціал, різниця потенціалів. Рівняння Максвела в інтегральній і диференціальній формах як теоретична основа вихрострумного неруйнівного контролю. Закон повного струму. Закон електромагнітної індукції. Теорема Гауса. Принцип неперервності магнітного потоку.

Тема 12. Теоретичні основи вихрострумного неруйнівного контролю.

Поширення плоскої електромагнітної хвилі (ЕМХ) у провідному напівпросторі. Проходження плоскої ЕМХ межі розділу «діелектрик – провідник». Характеристики ЕМХ у електропровідному

середовищі: довжина, фазова швидкість, кут заломлення на межі діелектрик – провідник, глибина проникнення вихрових струмів в провідне середовище, хвильовий характеристичний опір середовищ.

Тема 13. Аналіз системи «довгий електропровідний пруток – ВСП прохідного типу».

Постановка задачі. Розрахунок складових ЕМХ у електропровідному прутку. Магнітний потік у електропровідному прутку. Поняття ефективної магнітної проникності. Способи визначення ефективної магнітної проникності: табличний, графічний, програмний.

Тема 14. Контроль параметрів об'єктів циліндричної форми у прохідному ВСП.

Вихідні сигнали прохідних трансформаторних ВСП при контролі прутків з електропровідних матеріалів. Методика розрахунку прохідних трансформаторних ВСП. Графоаналітичний метод розрахунку прохідних ВСП. Годографи відносної внесеної напруги при контролі прутка у прохідному ВСП. Годограф відносної внесеної напруги при контролі труби з електропровідного немагнітного матеріалу у зовнішньому прохідному ВСП. Методика розрахунку сигналів зовнішніх прохідних ВСП.

Тема 15. Комплексна чутливість ВСП до контрольованих параметрів. Контроль об'єктів плоскої форми накладними ВСП.

Поняття абсолютної та відносної комплексної чутливості ВСП. Чутливість прохідних ВСП до радіусу прутка, електропровідності та магнітної проникності. Годографи векторів комплексної чутливості прохідних ВСП. Контроль об'єктів плоскої форми накладними ВСП. Аналіз сигналів в системі «ВСП накладного типу – ОК». Методика графоаналітичного методу розрахунку накладних ВСП. Рекомендації щодо вибору робочої частоти та значень параметрів системи «ВСП – ОК».

Тема 16. Схеми вмикання ВСП та методи і засоби опрацювання сигналів ВСП.

Схеми вмикання параметричних та трансформаторних ВСП. Методи опрацювання сигналів вихрострумів контролю та оцінювання їх інформативних параметрів: амплітудний, фазовий та метод проєкцій. Типова структурна схема приладу ВСК, що реалізує амплітудний спосіб виділення інформації.

Тема 17. Багатопараметровий ВСНК. Метод фазової дискримінації.

Загальні питання багатопараметрового ВСНК. Сутність методу фазової дискримінації. Апаратна реалізація методу фазової дискримінації. Визначення параметрів гармонічних сигналів за допомогою синхронних детекторів. Дослідження простору параметрів ОК розмірності більше за два.

Тема 18. Вихрострумова дефектоскопія та структуроскопія.

Аналіз годографів сигналів накладних ВСП від переметрів дефектів. Аналіз залежності параметрів сигналів прохідних ВСП від дефектів. Типова функціональна схеми вихрострумів дефектоскопу. Приклади сучасних вихрострумів дефектоскопів. Загальні питання та завдання вихрострумової структуроскопії. Використання вихрострумової структуроскопії для оцінювання ступені деградації металів та сплавів в авіації. Електропровідність як структурно-чутливий параметр. Деградація алюмінієвих сплавів під час експлуатації авіаційної техніки.

Теми практичних занять

Тема 1. Загальні відомості про магнітний НК. Взаємодія зарядженої частинки з електромагнітним полем. Розрахунок магнітного поля намагнічування. Розрахунок заряду частинок до та після взаємодії з полем.

Тема 2. Магнітна дефектоскопія за способом ефекту Холла. Магнітна дефектоскопія за способом ефекту Гауса. Розрахунок перетворювача Холла та Гауса для вимірювання магнітного поля розсіювання дефектів. Задачі на закріплення матеріалу.

Тема 3. Ферозондовий метод магнітної дефектоскопії. Апаратна реалізація ферозондових дефектоскопів. Розрахунок ферозондових перетворювачів для вимірювання магнітного поля розсіювання дефектів. Розрахунок інших перетворювачів.

Тема 4. Магнітна товщинометрія. Розрахунок перетворювачів магнітних товщиномірів пондеромоторного, електростатичного, індукційного типів. Розрахунок перетворювачів магнітних товщиномірів індуктивного типу.

Тема 5. Контрольна робота 1. Плоска електромагнітна хвиля у провідному середовищі. Розрахунок параметрів електромагнітної хвилі у провідному середовищі. Задачі на закріплення матеріалу.

Тема 6. Електромагнітна хвиля у циліндрі. Ефективна магнітна проникність. Розрахунок параметрів електромагнітної хвилі у провідному середовищі. Задачі на закріплення матеріалу.

- Тема 7. Комплексна чутливість ВСП. Розрахунок комплексної чутливості вихорострумових перетворювачів. Годографи векторів комплексних чутливості прохідних ВСП.
- Тема 8. Контроль ОК за допомогою накладних ВСП. Графоаналітичний метод розрахунку вихорострумового перетворювача накладного типу. Задачі на закріплення матеріалу.
- Тема 9. Контроль ОК за допомогою накладних ВСП. Розрахунок вихорострумового перетворювача прохідного типу. Інші методи розрахунку ВСП прохідного типу.
- Тема 10. Контрольна робота 2.

Теми лабораторних робіт

- Тема 1. Вступне заняття з техніки безпеки й правил поведінки в лабораторії.
- Тема 2. Основи вихорострумового методу неруйнівного контролю.
- Тема 3. Вихорострумовий метод неруйнівного контролю авіаційних конструкцій.
- Тема 4. Дослідження вихорострумового методу та приладу контролю товщини металізації отворів друкованих плат.
- Тема 5. Контроль товщини немагнітних покриттів на магнітній основі.
- Тема 6. Дослідження роботи зовнішніх прохідних параметричних вихорострумових перетворювачів.
- Тема 7. Дослідження роботи зовнішніх прохідних трансформаторних вихорострумових перетворювачів.
- Тема 8. Дослідження дефектів вихорострумовим методом.
- Тема 9. Методи обчислення та експериментального визначення ефективної магнітної проникності.
- Тема 10. Дослідження індукційного струму накладного вихорострумового перетворювача.

Самостійна робота

- Самостійна робота студента виконується у вигляді розрахунково-графічної роботи (на вибір):
- РГР 1: Вимірювання і аналітичне опрацювання темнових вольт-амперних характеристик кремнієвих фотоелектричних перетворювачів.
- РГР 2: Вимірювання і аналітичне опрацювання темнових вольт-фарадних характеристик плівкових фотоелектричних перетворювачів.
- РГР 3: Визначення фотоструму і вихідних параметрів фотоелектричних перетворювачів за світловою вольт-амперною характеристикою.
- РГР 4: Визначення параметрів основних носіїв заряду в напівпровідниках шляхом виміру електрорушійної сили Холла.
- РГР 5: Визначення питомого електричного опору однорідних тонких напівпровідникових шарів чотиризондовим методом.

Література та навчальні матеріали

Основна література:

1. Акустичний контроль [Текст] : навч. посібник / І. П. Білокур. - К. : ІЗМН, 1997. - 244 с
 2. Прилади і методи акустичного контролю [Текст] : навч. посібник / Г. М. Сучков [та ін.] ; Харківський політехнічний ін-т, нац. техн. ун-т. - Харків : НТУ "ХПІ", 2011. - 218 с.
 3. Основи ультразвукового неруйнівного контролю: Підручник/ В.К. Цапенко, Ю.В. Куц. – К.: НТУУ «КПІ». – 2009. – 439 с., рис. 187.
- Акустичний неруйнівний контроль
4. Акустичний контроль : навч. посіб. / Г.М. Сучков, Е.Л. Ноздрачова. – Х. : НТУ "ХПІ", 2013. – 138 с.
 5. Неруйнівні методи контролю: навч. посіб. / Л.М. Сусліков, І.П. Студеняк. – Ужгород : Видавництво УжНУ, 2016. - 192 с.
 6. ДСТУ 2389-94 Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. – Чин. від 01.07.95 К.: Держстандарт України, 1995. – 75с.
 7. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. –Чин. від 01.01.96. –К.: Держстандарт України, 1996. –62 с3.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Підсумкова оцінка складається із наступних обов'язкових частин:

1. Звіти за результатами виконання лабораторних робіт 10 робіт - 5 балів кожна (50%).
2. Звіти за результатами розрахунків практичних занять 1-7 - 5 балів кожний (35%).
3. Звіт за результатами індивідуальної РГР - 15 балів (15%%).

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
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

Завідувач кафедри
Юрій ХОМЯК

Гарант ОП
Сергій Плєснецов