



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Надійність та діагностика

Шифр та назва спеціальності

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма

Електроенергетика

Рівень освіти

Магістр

Семестр

2

Інститут

Навчально-науковий інститут енергетики, електроніки та електромеханіки

Кафедра

Електроізоляційна та кабельна техніка

Тип дисципліни

Спеціальна (фахова), Обов'язкова

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Щебенюк Леся Артемівна

Lesia.Shchebeniuk@khpri.edu.ua

Кандидат технічних наук, доцент, професор НТУ ХПІ, професор

Кількість публікацій 102, основні курси: Основи кабельної техніки, Прикладне математичне та фізичне моделювання в електроізоляційній, кабельній та оптоволоконній техніці, Надійність та діагностика.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

В рамках курсу надаються фундаментальні знання про сучасний рівень забезпечення надійності та діагностики електроенергетичних і електромеханічних систем і пристроїв для забезпечення працездатності електроізоляційних, кабельних та оптоволоконних систем і пристроїв у поєднанні з практичною спрямованістю застосування цих знань для забезпечення розвитку електроенергетичних і електромеханічних систем і пристроїв.

Мета та цілі дисципліни

Метою курсу "Надійність та діагностика" є надання фундаментальних знань про сучасний рівень забезпечення надійності та діагностики електроенергетичних і електромеханічних систем і пристроїв для забезпечення працездатності електроізоляційних, кабельних та оптоволоконних систем і пристроїв у поєднанні з практичною спрямованістю застосування цих знань для забезпечення розвитку електроенергетичних і електромеханічних систем і пристроїв.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – іспит

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.
- K11. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР).
- K12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.
- K17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.
- 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.
- K21. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

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.
- ПР09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.
- ПР10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.
- ПР12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.
- ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.
- ПР20. Вирішувати професійні задачі з проектування, монтажу та експлуатації електроенергетичних, електротехнічних, електромеханічних комплексів та систем.
- ПР26. Знати і розуміти процеси створення і використання безпечних та ефективних електроізоляційних, кабельних та оптоволоконних систем.
- ПР28. Знати і розуміти процеси роботи електрофізичних високовольтних установок для наукових досліджень та промислових технологій, а також установок відновлюваної енергетики.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні роботи – 32 год., самостійна робота – 86 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Знання та навички, необхідні для успішного проходження курсу, сформовані при вивченні попередніх дисципліни: "Вища математика", "Фізика діелектриків", "Хімія діелектриків", "Кабельна техніка", "Прикладне програмування в електроізоляційній та кабельній техніці" Прикладне математичне моделювання в електроізоляційній, кабельній та оптоволоконній техніці".

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Особливості дисципліни в першу чергу пов'язані з особливостями функціонування електроізоляційних пристроїв в сучасних електроенергетичних системах. Ці системи є настільки складні і інтегровані, що розрахунок їх надійності як єдиного цілого за результатами математичного моделювання спеціалісти визнають практично неможливим. Тому загальний підхід до аналізу надійності функціонування цих систем – це розділення на підсистеми: електричні станції, системи генерації, електричні мережі, лінії електропередачі, електроенергетичні системи об'єднані з лініями зв'язку (приклади адекватної оцінки надійності об'єднаних систем відомі для локальних замкнутих систем), підстанції і пункти переключень. В більшості названих підсистем електроізоляційні пристрої є найбільш вразливими елементами, показники надійності яких мають бути серед основних врахованих при аналізі надійності функціонування цих підсистем.

Основним методом розрахунку надійності електроізоляційних пристроїв на етапах проектування і конструкторської і технологічної підготовки виробництва присвячено теоретичну складову дисципліни. При цьому на основі методів дискретної математики в основі розрахунків є ймовірнісне моделювання як конструктивних параметрів системи включно з параметрами міцності елементів, так і ймовірнісне моделювання параметрів навантаження: методи оцінювання параметричної надійності. Ймовірнісне моделювання параметрів систем ізоляції пристроїв є ключовою складовою для аналізу надійності підсистем і базується на наявних результатах наукових і прикладних досліджень щодо ймовірнісних фізико-математичних моделей відмов систем ізоляції електрообладнання.

Результати аналізу параметричної надійності на етапах проектування і конструкторської і технологічної підготовки виробництва мають бути перевірені випробуваннями. Оцінювання надійності за результатами випробувань і спостережень в умовах експлуатації це по суті задачі діагностики, які в масовому виробництві і експлуатації пов'язані з економічними обмеженнями. Аналіз надійності електроізоляційних пристроїв, які є найбільш вразливими елементами електротехнічних систем, необхідно включає вирішення задач оптимізації резервування їх елементів, що є практичною спрямованістю застосування цих результатів для забезпечення ефективності роботи електроенергетичних і електромеханічних систем.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Вступ. Економічний та соціальний аспекти надійності електроенергетичних об'єктів. Поняття оптимальної надійності в електроенергетиці.

Підтеми / Six Sigma methodology – методологія управління економічним і соціальним аспектами надійності масової продукції.

Тема 2. Класичні методи статистичного контролю параметрів систем ізоляції. Критерій максимальної однорідності продукції.

Підтеми / Проблема адекватності статистичної моделі емпіричним масивам технічних параметрів масової продукції.

Тема 3. Відмова електрообладнання як випадкова подія. Методи визначення ймовірності випадкових подій і достовірність оцінювання ймовірностей.

Підтеми / Ризик та вірогідність при визначенні ймовірності.

Тема 4. Види контролю технічних параметрів ізоляційних пристроїв: за кількісною ознакою, за якісною ознакою. Контроль за альтернативною ознакою при випробуваннях електрообладнання на відмову.

Підтеми / Роль класичних методів статистичного контролю.

Тема 5. Пробій ізоляції. Пробивна напруга та електрична міцність

Підтеми / «Криві життя» ізоляції. Види пробую.

Тема 6. Вибіркові випробування. Плани одновибіркового контролю. Оперативна характеристика плану контролю.

Підтеми / Параметри одновибіркового плану контролю.

Тема 7. Функція розподілу випадкової величини - фізико-математична модель характеристики електрообладнання. Дискретні випадкові величини . Математичне сподівання. Властивості математичного сподівання.

Підтеми / Контрольна карта - інструмент підвищення надійності технологічних систем . Види контрольних карт.

Тема 8. Основні неперервні закони розподілу – моделі відмов ізоляції електрообладнання. Нормальний розподіл - модель сумарного ефекту. Експоненційний розподіл - модель відмов об'єктів, які не старіють.

Підтеми / Роль нормативної документації.

Тема 9. Логарифмічно-нормальний розподіл – модель відмов, спричинених старінням ізоляції. Розподіл Вейбулла – модель електричної міцності ізоляції.

Підтеми / Оброблення, аналіз і використання результатів ресурсних випробувань електричної ізоляції на моделях систем ізоляції.

Тема 10. Прогнозування експлуатаційних затрат в силових кабельних лініях середньої напруги на основі баз даних про відмови кабелів в експлуатації.

Підтеми / Гарантійний ресурс і гарантійний строк служби.

Тема 11. Загальна класифікація відмов. Стаціонарний потік відмов – основа прогнозування параметрів надійності в експлуатації складних електротехнічних систем, відмови яких переважно пов'язані з деградацією ізоляції.

Підтеми / Аналогія загальної класифікації відмов і зростання експлуатаційних затрат в електроенергетичних системах.

Тема 12. Основні схеми надійності електроустановок та їх розрахунок. Резервування елементів.

Підтеми / Характеристики надійності відновлюваних елементів.

Тема 13. Повна група подій відмови. Формула повної ймовірності в задачах перевірки статистичних гіпотез.

Підтеми / Електротеплові схеми заміщення в кабельній техніці.

Тема 14. Поняття вірогідного інтервалу. Класичні співвідношення методу вірогідних інтервалів для оцінювання ймовірностей подій. Інтервальні статистичні моделі.

Підтеми / Інтервальні статистичні моделі.

Тема 15. Функція відновлення та коефіцієнт готовності обладнання. Профілактичний та ремонтний способи технічного обслуговування систем з гарячим резервом.

Підтеми / Роль нормативної документації.

Тема 16. Планування обслуговування систем із резервом. Перерозподіл навантажень при відмовах елементів складних систем.

Підтеми / Задачі та методи неруйнівного контролю ізоляції.

Теми практичних занять

Тема № 1. Попереднє статистичне оброблення і його графічне представлення для результатів еталонного вимірювання в умовах виробництва електричного опору жили силового кабелю постійному струмові: оцінювання середнього, середньоквадратичного відхилення, вірогідного інтервалу для математичного сподівання.

Тема № 2. Повторні незалежні випробування. Формула Бернуллі. Класичний та статистичний способи визначення ймовірностей. Аналіз точності статистичного оцінювання ймовірності за результатами експерименту в повторних незалежних спробах.

Тема № 3: Ризик та вірогідність при визначенні ймовірності в повторних незалежних спробах. Дослідження залежності кількості пробів повітряного проміжку з однорідним електричним полем від кількості повторних незалежних спроб.

Тема № 4: Експериментальне визначення і аналіз залежності електричної міцності ізоляції від часу дії напруги. Побудова і аналіз "кривої життя" ізоляції.

Тема № 5: Вибіркові випробування. Плани одновибіркового контролю. Розрахунок і графічне зображення оперативної характеристики плану одновибіркового контролю.

Тема № 6: Оптимізація вибірових випробувань. Узгодження ризиків виробника і замовника. Побудова плану двохвибіркового контролю за заданими параметрами.

Тема № 7: Види контрольних карт. Визначення контрольних границь для контрольних карт середнього і розмаху. Побудова контрольної карти розмаху за результатами вимірювань тангенсу кута діелектричних втрат силового кабелю на напругу 10 кВ.

Тема № 8: Графоаналітичний метод вибору моделі розподілу відмов. Визначення параметрів розподілу відмов за допомогою лінеаризації системи координат

Теми лабораторних робіт

За даним курсом не передбачені лабораторні роботи

Самостійна робота

Самостійна робота включає опрацювання лекційного матеріалу, Підготовка до практичних занять, самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях та виконання індивідуального розрахункового завдання на одну з тем практичних занять.

Література та навчальні матеріали

Рекомендована основна навчальна література (підручники, навчальні посібники, інші видання).

1. М.С. Сегеда. Електричні мережі та системи: підручник. – Львів: «Львівська політехніка». – 2009.- 488 с.
2. Л.А.Щебенюк, О.В.Голик. Математичні основи надійності ізоляції електрообладнання. Навчально-методичний посібник – Харків: НТУ «ХПІ». – 2005- 102с.
3. Л.А. Щебенюк. Контрольна карта – інструмент контролю якості кабельної продукції. С. 235 – 269 в зб.: Силові кабелі низької та середньої напруги. Конструювання, технологія, якість: [підруч. для студ. вузів] / В.П.Карпушенко, Л.А. Щебенюк, Ю.О. Антонєць, О.А. Науменко. – Харків.: Регіон-інформ, 2000. – 376 с.
4. R. Baiheld, P. Franken. Reliability and maintenance of technical systems. – Berlin: VEB Verlag Technik. – 1983. – 370 p.
5. Паранчук Я.С., Мороз В.І.Алгоритмізація та програмування. MathCAD. Навч. Посібник. – 2012. – 312 с.

Додаткова література

6. Mary Walton. The Deming Management Method. Foreword by W. Edward Deming. New York, NY 10016, Copyright 1986, p.262.
7. A Statistical model model of monitoring of insulation breakdown voltage stability in the process of enameled wires production. Gurin A.G., L. A. Shchebenjuk, Zolotarjov V. V., Antonets S.Yu., Grehko O.M. Electrical engineering & electro mechanics, 2019, no. 1, pp. 46-50.
8. Модель динаміки розвитку деформації при механічних випробуваннях наповнених полімерних матеріалів в умовах кабельного виробництва. В.В. Золотарєв, Є.С. Москвітін, М.Б. Зиков, А.А. Шурупова, Л.А. Щебенюк, О.В. Васильєва. – Вістник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2021. – № 2(6)
9. Гурін А.Г., Золотарьов В.М., та ін. Електротехнічні матеріали. Лабораторний практикум для студентів електротехнічних і електроенергетичних спеціальностей. Харків: НТУ «ХПІ», 2010 – 110 с.
10. Probability, computers, and a processing of experimental results. Tutubalin V.N. Uspechi Fizicheskikh Nauk, 1993 Vol. 163, No.7.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді іспиту (20%), виконання практичних робіт та розрахункового завдання (45%) та самостійної роботи студента (20%). Іспит: усне опитування та письмова задача. Поточне оцінювання: онлайн тест та практичні роботи.

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

Дата погодження, підпис

Завідувач кафедри
Олександр КЕССАЄВ

Дата погодження, підпис

Гарант ОП
Олександр ЛАЗУРЕНКО

Дата погодження, підпис

Гарант ОП
Ганна БЕЗПРОЗВАННИХ