



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Кабельна техніка

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

Рівень освіти

Бакалавр

Тип дисципліни

Спеціальна (фахова), Обов'язкова

Семестр

7, 8

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники

**Щебенюк Леся Артемівна**

Lesia.Shchebeniuk@khpі.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 «Кабельна техніка» забезпечується надання фундаментальних знань про сучасний рівень розвитку кабельної техніки у поєднанні з практичною спрямованістю застосування цих знань в галузі електричної інженерії для одержання базової цілісної інформації про кабельні вироби і їх застосування, як про основу дослідження, розроблення та застосування кабельних виробів у електротехнічному та електроенергетичному обладнанні

Мета та цілі дисципліни

Метою є надання фундаментальних знань про сучасний рівень розвитку кабельної техніки у поєднанні з практичною спрямованістю застосування цих знань в галузі електричної інженерії для одержання базової цілісної інформації про кабельні вироби і їх застосування, як про основу дослідження, розроблення та застосування кабельних виробів у електротехнічному та електроенергетичному обладнанні.

Формат занять

Лекції, практичні роботи, лабораторні роботи, курсовий проєкт (7 семестр), самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль - іспит.

Компетентності

- K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
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.
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.
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 складає:

7 семестр: 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 48 год., практичні роботи – 32 год., самостійна робота – 70 год.

8 семестр: 120 год. (4 кредити ECTS): лекції – 30 год., практичні роботи – 10 год., лабораторні роботи – 10 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: "Вища математика", "Фізика", "Фізика діелектриків", "Хімія", "Хімія діелектриків", "Теоретичні основи електротехніки", "Електротехнічні матеріали", "Прикладне програмування в електроізоляційній та кабельній техніці".

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. Проводяться лабораторні роботи в умовах виробництва.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

7 семестр

Тема 1. Вступ. Значення виробництва кабельних виробів для електроенергетики та інших галузей. Загальна характеристика світового та європейського ринків кабельних виробів.

Підтеми / Силові кабельні лінії та перспективи їх розвитку. Кабельні заводи України.
Тема 2. Кабелі та види їх класифікації.
Підтеми / Види кабельних виробів: кабелі, проводи, шнури.
Тема 3. Класифікація кабелів за областю застосування. Основні елементи конструкції кабелю.
Підтеми / Роль нормативної документації в кабельному виробництві.
Тема 4. Основні конструктивні параметри силових кабелів.
Підтеми / Конструкторська та технологічна підготовка виробництва кабельних виробів.
Принципи маркування кабельних виробів.
Тема 5. Основні розрахункові моделі для визначення максимальних значень електричних і теплових навантажень силових кабелів
Підтеми / Особливості виробництва кабельних виробів: гнучкість, матеріалоемність, нерозривність конструкції та технології виготовлення .
Тема 6. Визначення напруженості електричного поля в ізоляції кабелів: радіальне поле в однорідному діелектрику
Підтеми / Розрахункові моделі при змінній напрузі, при постійній напрузі.
Тема 7. Особливості електричних розрахунків високовольтних кабелів.
Підтеми / Врахування неоднорідності ізоляції.
Тема 8. Поняття критерію оптимізації ізоляції кабелю. Оптимізація ізоляції по максимальній напруженості електричного поля.
Підтеми / Коефіцієнт використання ізоляції кабеля та конструктивні способи його підвищення.
Тема 9. Визначення максимального допустимого струму силових кабелів.
Підтеми / Вплив умов прокладання на максимально допустимий струм силових кабелів.
Тема 10. Теплові розрахунки силових кабелів у нестационарних режимах.
Підтеми / Постійна нагрівання силового кабелю. Врахування градієнту температури в ізоляції кабелів.
Тема 11. Основні ізоляційні кабельні матеріали: потрібні властивості ізоляції: електричні, механічні, теплові, технологічні. Конструкції ізоляції кабелів.
Підтеми / Електричне поле в кабелі з поясною ізоляцією. Роль тангенційної складової поля.
Тема 12. Ізоляційні кабельні матеріали: імпрегнований кабельний папір, пластмаси, гуми, сучасна тверда полімерна ізоляція.
Підтеми / Врахування неоднорідності ізоляції. Конструктивно-технологічні параметри ізолювання обмотуванням, оптимізація комплексу технологічних параметрів.
Тема 13. Основні технологічні операції ізолювання: обмотування, сушка, імпрегнування, пресування, вулканізація
Підтеми / Випробування ізоляції. Роль та конструювання електропровідних екранів.
Тема 14. Сушіння та імпрегнування паперової ізоляції: призначення, фізична суть процесів, основні режими
Підтеми / Рецепттури та характеристики кабельних компаундів.
Тема 15. Особливості електричних розрахунків високовольтних кабелів із зшитою полімерною ізоляцією.
Підтеми / Види процесів вулканізації та їх порівняльна характеристика. Технологічні лінії неперервної вулканізації.
Тема 16. Конструктивно-технологічні параметри ізолювання екструзією. Особливості конструкцій кабелів з гумовою ізоляцією.
Підтеми / Фізичні та хімічні процеси при накладанні пластмас гарячим пресуванням, перспективні технології. Накладання гумової ізоляції.
Тема 17. Загальна технологічна схема кабельного виробництва. Класифікація кабельних виробів за технологічною однорідністю.
Підтеми / Організація вхідного та поточного технологічного контролю. Технологічна карта.

8 семестр

Тема 18. Конструкції, матеріали та основи виготовлення струмопровідних жил кабельних виробів.
Підтеми / Основні задачі конструювання жили: вибір матеріалу та перерізу, вибір класу жили,
Тема 19. Конструкції, матеріали та основи виготовлення струмопровідних жил кабельних виробів.
Підтеми / Властивості жил: електричний опір, гнучкість, механічна міцність, технологічність та оптимальна вартість.

Тема 20. Ущільнення багатопроволочних жил. Конструктивно-технологічні параметри скручування: кут, крок, укрутка.. Теоретичний та практичний коефіцієнт скрутки. Деформації при скручуванні.

Підтеми / Оптимізація конструкції жили. Точність розрахунків та роль емпіричних коефіцієнтів, що залежать від технологічних параметрів.

Тема 21. Основні технологічні операції виготовлення жил кабельних виробів: волочіння, пресування, скручування, відпалення. Форми жил силових кабелів.

Підтеми / Розрахунок геометричних параметрів фасонних жил. Розрахунок параметрів формуючого інструменту.

Тема 22. Оптимізація конструкції жили Коефіцієнт заповнення перерізу.

Підтеми / Точність розрахунків, роль емпіричних коефіцієнтів, що залежать від технологічних параметрів.

Тема 23. Конструювання та основи технології накладання захисних покривів кабелів.

Підтеми / Роль умов прокладання при конструюванні захисних покривів.

Тема 24. Металеві оболонки кабелів: матеріали для металевих оболонок.

Підтеми / Потрібні властивості. моделі для розрахунку товщини, конструкції оболонок.

Тема 25. Пластмасові та металопластикові оболонки кабелів: матеріали, потрібні властивості, конструкції, випробування.

Підтеми / Вимоги і випробування на герметичність.

Тема 26. Випробування пластмасових оболонок напругою прохід – масовий вид динамічного технологічного контролю в кабельному виробництві.

Підтеми / Розрахунок маси оболонки кабелю.

Тема 27. Єдині вимоги до захисних покривів за умовами експлуатації. Особливості захисних покривів для кабелів у пожежебезпечному виконанні.

Підтеми / Кисневий індекс полімерів і його залежність від температури.

Тема 28. Види бронепокривів: пласка стрічкова, проволочна та профільована сталева броня. Конструювання та накладання броні.

Підтеми / Втрати в броні та способи їх зменшення.

Тема 29. Стандартна та підсилені конструкції подушки під броню, конструкції зовнішніх захисних покривів. Вогнестійкі захисні покриття.

Підтеми / Методи випробувань на вогнестійкість.

Тема 30. Показники надійності кабелів, як елементів енергосистем.

Підтеми / Параметр потоку відмов як основна характеристика експлуатаційної надійності.

Тема 31. Види відмов силових кабелів за даними експлуатації. Економічні аспекти забезпечення надійності.

Підтеми / Строк служби силових кабелів.

Теми практичних занять

7 семестр

Тема 1. Основні елементи конструкції кабелю. Креслення ескізу та складання специфікації.

Технічні вимоги.

Тема 2. Розрахунок первинних та вторинних параметрів однорідної кабельної лінії без втрат як функцій частоти.

Тема 3. Загальна технологічна схема кабельного виробництва. Креслення схеми виробництва багатопроволочної струмопровідної жили.

Тема 4. Вибір коефіцієнту скручування та розрахунок конструктивно-технологічних параметрів: кут, крок, укрутка.

8 семестр

Тема 5. Комп'ютерне моделювання розрахунку конструктивних та технологічних параметрів секторної струмопровідної жили низьковольтного силового кабелю

Тема 6. Розрахунок максимальних значень напруженості електричного поля в ізоляції при змінній і постійній напрузі.

Тема 7. Моделювання параметрів втрат в системі ізоляції високовольтного кабелю з твердою полімерною ізоляцією.

Тема 8. Підсумкове заняття: аналіз результатів моделювання параметрів втрат в системі ізоляції високовольтного кабелю з твердою полімерною ізоляцією

Теми лабораторних робіт

Лабораторна робота № 1. Вимірювання розмірів системи ізоляції В/В ЗПЕ-кабелю.

Лабораторна робота № 2. Вимірювання розмірів елементів конструкції силових кабелів з паперовою імпрегнованою ізоляцією.

Лабораторна робота № 3: Експериментальне дослідження динаміки нагрівання силового кабелю при прокладанні у приміщеннях.

Лабораторна робота № 4: Визначення характеристик механічної міцності ізоляції емальпроводу з подвійною поліімідною ізоляцією.

Лабораторна робота № 5: Вимірювання електричного опору ізоляції зістареного трьохжильного кабелю

Лабораторна робота № 6: Металографічне дослідження поверхні кабельних провідників.

Лабораторна робота № 7: Випробування для визначення механічних властивостей кабельних пластмас.

Лабораторна робота № 8: Вимірювання електричного опору струмопровідних жил кабельних виробів.

Лабораторна робота № 9: Випробування для визначення механічних властивостей кабельних провідників.

Лабораторна робота № 10. Випробування на пробій зразків кабельних пластмас.

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 курсового проєкту (7 семестр), присвяченого розрахунку електричних та теплових параметрів силового кабелю.

Література та навчальні матеріали

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

1. Силові кабелі низької та середньої напруги. Конструювання, технологія, якість: [підруч. для студ. вузів] / В.П.Карпушенко, Л.А. Щебенюк, Ю.О. Антоненко, О.А. Науменко. – Харків.: Регіон-інформ, 2000. – 376 с.

2. IEC 60287-1-1:2001 Electric cables - Calculation of the current rating- Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General

3. IEC 60287-3-2:1996 + Am 1:1996 Electric cables - Calculation of the current rating - Part3: Sections on operating conditions -Section 2: Economic optimization of power cable size

4. Визначення навантажувальної здатності силових кабелів: Навчально-методичний посібник / А.Г. Гурін, Л.А. Щебенюк. – Харків.: «Підручник НТУ «ХПІ», 2013. – 136 с.

5. IEC 60287-2-1:2001 Electric cables - Calculation of the current rating - Part 2-1: Thermal resistance - Calculation of thermal resistance.

6. Обчислення у MATHCAD: Навчальний посібник / В.О. Коцаренко, Ю.Ф. Селіхов. – Харків.: «Підручник НТУ «ХПІ», 2011. – 192 с.

Додаткові джерела (довідники, нормативні видання, сайти, Інтернет, тощо)

7. Випробування для визначення механічних властивостей кабельних провідників. Методичні вказівки до лабораторних робіт за курсом «Кабельна техніка»/ [Уклад. В.М. Золотарьов, О.В. Голик]. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – 22 с.

8. Випробування для визначення механічних властивостей кабельних пластмас. Методичні вказівки до лабораторних робіт за курсом «Кабельна техніка»/ [Уклад. В.М. Золотарьов, О.В. Голик]. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – 22 с.

9. <http://library.kpi.kharkov.ua/>

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

7 семестр: 100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді: іспиту (30%), курсового проєкту (40%) та поточного оцінювання (30%).

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

Поточне оцінювання: онлайн тест (30%).

8 семестр: 100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді: іспиту (40%), захисту лабораторних робіт (30%) та поточного оцінювання (30%).

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

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

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
Галина ОМЕЛЯНЕНКО