



Силабус освітнього компонента
Програма навчальної дисципліни



Теплові, гідравлічні та аеродинамічні процеси в електричних машинах

Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

Спеціалізація

–

Освітня програма

Електромеханіка

Рівень освіти

Перший (Бакалаврський)

Семестр

7

Інститут

ННІ Електроенергетики, електроніки та
електромеханіки

Кафедра

Електричні машини (126)

Тип дисципліни

Вибіркова

Форма навчання

Денна

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Єгоров Андрій Володимирович

andrii.yehorov@khpi.edu.ua

Кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри електричних
машин

Автор та співавтор понад 70 наукових та методичних публікацій.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна вивчає спеціальні питання нагріву, вентиляції та способи охолодження електричних машин і трансформаторів, охоплюючи теоретичні засади й практичні методи моделювання температурних полів за допомогою еквівалентних теплових схем та методу скінченних елементів у стаціонарних і нестаціонарних режимах експлуатації.

Мета та цілі дисципліни

Метою вивчення дисципліни є набуття знань з принципів розрахунку джерел тепловиділення в електричній машині; складання еквівалентних гідравлічних схем; системи охолодження електричних машин; проведення вентиляційного розрахунку; основні процеси передачі теплоти; основи розрахунку температурних полів; метод еквівалентних теплових схем (ЕТС); теплові розрахунки електричних машин при стаціонарних теплових режимах; ЕТС асинхронних двигунів закритого і захищеного виконань; ЕТС машин постійного струму закритого і захищеного виконань; теплові розрахунки при стаціонарних та нестаціонарних режимах методом скінчених елементів.

Формат занять

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

Компетентності

Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

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

Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

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

Здатність використовувати сучасні методи розрахунків, моделювання, проектування та аналізу режимів роботи електричних машин.

Результати навчання

Знати принципи роботи електричних машин та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

Здійснювати аналіз процесів в електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

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

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

Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань.

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

Уміти обґрунтовувати прийняті рішення в процесі проектування, виготовлення, експлуатації, обслуговування та ремонту електричних машин.

Знати та використовувати пакети прикладних програм для проведення практичних розрахунків електричних машин.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредити ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 16 год., самостійна робота – 72 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Дисципліна базується на знаннях, отриманих в результаті вивчення дисциплін «Електричні машини», «Теоретичні основи електротехніки. ч. 1», «Теоретичні основи електротехніки. ч. 2», «Комп'ютерна графіка електричних машин», «Технологія електромашинобудування».

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. Застосовуються активні форми проведення занять: лекція, лекція-діалог, лекційне опитування, практичні заняття, співбесіда, консультація. На практичних заняттях використовується варіативний підхід до навчання, ігрові методи, акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій при розв'язанні задач з теплотехніки при вивченні електричних машин.

Програма навчальної дисципліни

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій	Кількість годин
Тема 1. Класифікація систем вентиляції Загальні відомості. Природна вентиляція. Штучна вентиляція.	2
Тема 2. Види систем вентиляції Аксіальна система вентиляції. Радіальна система вентиляції. Аксіально-радіальна система вентиляції. Система вентиляції в роторах турбогенераторів. Способи підвищення ефективності системи вентиляції. Розімкнений та замкнений цикл вентиляції.	2
Тема 3. Умове позначення систем охолодження електричних машин Структура міжнародного коду ІС. Позначення видів холодоагентів та їх властивостей. Позначення способів циркуляції та переміщення середовища.	2
Тема 4. Основні співвідношення у вентиляційних розрахунках та аеродинамічні опори Основні співвідношення. Аеродинамічні опори.	2
Тема 5. Вентиляційний розрахунок електричної машини Вентиляційна схема заміщення. Послідовність вентиляційного розрахунку.	2
Тема 6. Типи вентиляторів, що використовуються для охолодження електричних машин Типи вентиляторів. Відцентрові вентилятори. Статична характеристика відцентрових вентиляторів.	2
Тема 7. Класи нагрівостійкості та режими роботи електричних машин Класи нагрівостійкості ізоляційних матеріалів. Режими роботи.	2
Тема 8. Способи теплопередачі Теплопередача. Теплопровідність.	2
Тема 9. Коефіцієнт тепловіддачі з поверхні Визначення коефіцієнта тепловіддачі з поверхні. Визначення коефіцієнта за допомогою безрозмірних чисел подібності. Коефіцієнти тепловіддачі з поверхні існуючих електричних машин.	2
Тема 10. Процеси нагрівання та охолодження Нагрівання однорідного тіла. Охолодження однорідного тіла.	2
Тема 11. Теплова схема заміщення Принципи складання. Порядок розрахунку.	2
Тема 12. Теплова схема заміщення асинхронного двигуна серії 4А Вихідні дані для теплового розрахунку та напрями теплопередачі. Теплова схема заміщення.	2
Тема 13. Методика розрахунку теплових схем заміщення Застосування методу вузлових потенціалів для розрахунку теплових схем заміщення. Уточнена теплова схема заміщення.	2
Тема 14. Теплова схема заміщення асинхронного двигуна зі ступенем захисту IP23 Теплова схема заміщення асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором серії 4А зі ступенем захисту IP23. Теплова схема заміщення асинхронного двигуна типу ДАЗО.	2
	2

Тема 15. Перепад температури в ізоляції обмотки якоря та її вплив на зовнішню поверхню

Спрощені оцінки нагрівання електричних машин. Перепад температури в ізоляції обмотки якоря. Перевищення температури зовнішньої поверхні.

Тема 16. Процес нагрівання обмоток електричних машин 2

Перевищення температури лобових частин. Перевищення температури обмоток. Місцеві перегріву. Спрощений розрахунок несталої режиму нагрівання.

Загальна кількість годин 32

Практичні заняття

Теми практичних занять

Кількість
годин

Вагові
коефіцієнти a

Тема 1. Розрахунок задач по тепловим процесам в електричних машинах.

4

1

Визначення кількості охолоджуючого повітря, коефіцієнта теплопровідності, терміну служби ізоляції. Визначення значень теплового потоку, теплового опору пазової ізоляції, перевищення температури колектора.

Тема 2. Розрахунок відцентрового вентилятора

4

1

Величина зовнішньої окружної швидкості вентилятора. Визначення розмірів та числа лопаток колеса вентилятора. Методика розрахунку відцентрового вентилятора.

Тема 3. Розрахунок задач по вентиляційним процесам в електричних машинах

2

1

Визначення гідравлічного опору каналу та коефіцієнтів місцевого опору і тертя.

Тема 4. Схема заміщення вентиляційного тракту двигуна постійного струму

2

1

Опис схеми вентиляції. Складання схеми заміщення вентиляційного тракту.

Тема 5. Схема заміщення вентиляційного тракту асинхронного двигуна

2

1

Опис схеми вентиляції. Складання схеми заміщення вентиляційного тракту.

Тема 6. Схема заміщення вентиляційного тракту синхронного двигуна

2

1

Опис схеми вентиляції. Складання схеми заміщення вентиляційного тракту.

Загальна кількість годин 16 $\sum_{i=1}^n a_i = 6$

Контрольні роботи

Комплексний тест з теплових, гідравлічних та аеродинамічних процесів в електричних машинах

Вагові
коефіцієнти b

Тема. Вентиляційні та теплові розрахунки електричних машин

1

Питання охоплюють способи охолодження, теплові та вентиляційні розрахунки електричних машин.

Загальна кількість годин $\sum_{i=1}^n b_i = 1$

Самостійна робота

До самостійної роботи відноситься: опрацювання лекційного матеріалу з підготовкою до практичних занять та контрольної роботи; самостійне опрацювання теоретичного матеріалу, тем що не викладаються на лекціях та виконання індивідуального розрахункового завдання.

Опрацювання лекційного матеріалу та підготовка до занять

Теми для підготовки	Кількість годин
Тема 1. Опрацювання лекційного матеріалу	16
Тема 2. Підготовка до практичних занять	8
Тема 3. Підготовка до контрольної роботи	6
Загальна кількість годин	30

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення	Кількість годин
Тема 1. Теплові розрахунки електричних машин в програмному середовищі MATLAB системи Simulink	6
Тема 2. Програмні комплекси чисельного моделювання засновані на сучасних кінцево-елементних технологіях для розрахунку температурного поля	6
Загальна кількість годин	12

Тематика індивідуальних завдань

Дисципліна передбачає виконання індивідуального розрахункового завдання «Вентиляційний розрахунок двигуна постійного струму захищеного виконання із самовентиляцією» за методичними вказівками [7]. Розрахункове завдання оцінюється згідно шкали оцінювання з ваговим коефіцієнтом 0,3 і є складовою екзаменаційної оцінки.

Етапи індивідуального завдання

Етап 1. Видача завдання	
Етап 2. Детальний опис схеми вентиляції	
Етап 3. Складання схеми заміщення вентиляційного тракту	
Етап 4. Розрахунок вентиляційного тракту двигуна постійного струму	
Етап 5. Оформлення завдання	
Етап 6. Захист завдання	
Загальна кількість годин	30

Неформальна освіта

Здобувач має можливість перезарахувати окремі теми або курс шляхом: проходження професійних курсів чи тренінгів, онлайн-освіти, професійних стажувань, у сфері, що відповідає навчальним цілям дисципліни. Елементи неформальної освіти можуть бути зараховані за спрощеною процедурою без додаткової валідації результатів (створення предметної комісії). Для зарахування необхідно надати: сертифікат (електронний або друкований) про проходження курсу/стажування, опис програми тренінгу із зазначенням змісту тем, обсягу та тривалості.

Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

Основна література

1. Осташевський М. О. Теплові розрахунки електричних машин : навч. посібник / М. О. Осташевський, О. М. Петренко, О. Ю. Юр'єва – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2020. – 450 с.
2. Цуркан О. В. Основи теплотехніки і гідравліки. Навчальний посібник / О. В. Цуркан, Н. А. Прокопенко, Ю. А. Полевода, О. В. Маньківський – Вінниця : ТОВ «Друк», 2021. – 132 с.
3. Драганов Б.Х., Міщенко А.В., Борхаленко Ю.О. Основи теплотехніки і гідравліки. Київ, 2011. 495 с.
4. Миронов О.С., Брижа М.Р., Бойко В.Б. та ін. Теплотехніка: основи термодинаміки, теорія теплообміну, використання теплоти в с.-г. Дніпропетровськ, 2011. 424 с.
5. Шинкарик М.М., Кравець О.І. Основи теплотехніки: навч. посібник. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. 132 с.
6. Літерні позначення величин та параметрів електричних машин: методичні вказівки до використання в навчальному процесі кафедри «електричні машини» для викладачів і студентів усіх спеціальностей / Укладач В. І. Мілих. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007.
7. Методичні вказівки до виконання індивідуального завдання та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Теплові, гідравлічні та аеродинамічні процеси в електричних машинах» для студентів, що навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / укладач: А.В. Єгоров. – Харків : НТУ «ХПІ», 2024. – 28 с.

Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо відповідно до силабусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх вид навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показників k :

Поточний контроль (практичні заняття), k_1	Контрольні роботи (тести), k_2	Індивідуальне завдання (розрахункове), k_3	Підсумковий контроль (іспит), k_4
0,2	0,4	0,3	0,1

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю: $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$. Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.

Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

$$O = \Pi \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + \Pi_k \cdot k_4,$$

де: Π – середньозважена середня оцінка за поточний контроль,

K – середньозважена оцінка за контрольні роботи,

I – оцінка за виконання індивідуального завдання,

Π_k – оцінка за підсумковий контроль.

$$\Pi = \frac{\Pi_1 \cdot a_1 + \Pi_2 \cdot a_2 + \dots + \Pi_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^n a_i},$$

де: a_i - ваговий коефіцієнт за кожне практичне заняття.

$$K = \frac{K_1 \cdot b_1}{\sum_{i=1}^n b_i},$$

де: b_i - ваговий коефіцієнт за контрольну роботу.

Поточні оцінки за кожну складову (П, К, І, ...) виставляються за 100-бальною шкалою згідно з положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХПІ».

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої *O* з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

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

Здобувач вищої освіти 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

30.08.2025

Завідувач кафедри

Андрій ЄГОРОВ

30.08.2025

Гарант ОП

Олена ЮР'ЄВА