



Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



Проектування і технологія виробництва електричних мікромашин

Шифр та назва спеціальності
G3 – Електрична інженерія

Інститут
ННІ електроенергетики, електроніки та
електромеханіки

Освітня програма
Електромеханіка

Кафедра
Електричні машини (126)

Рівень освіти
Магістр

Тип дисципліни
Профільна, вільного вибору

Семестр
2

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники



Дунєв Олексій Олександрович

Oleksii.Duniev@khpi.edu.ua

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електричних машин

Автор та співавтор понад наукових та методичних 60 публікацій.
Викладає дисципліни: Інформаційні технології в електричних машинах,
Основи програмування та комп'ютерна графіка в електричних машинах,
Електричні машини автоматики та побутової техніки, Проектування і
технологія виробництва електричних мікромашин

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна вивчає спеціальні питання технології виробництва та проектування електричних машин малої потужності.

Мета та цілі дисципліни

Метою вивчення дисципліни є підготовка магістрів за спеціальністю G3 «Електрична інженерія», що передбачає здобуття теоретичних знань, умінь, навичок та інших компетентностей, достатніх для розуміння процесів та розв'язання комплексних проблем у галузі проектування і технології виробництва електричних мікромашин. Дисципліна передбачає для закріплення знань, умінь та навичок виконання практичних робіт та розрахункового завдання.

Формат занять

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

Компетентності

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, працювати самостійно та в команді.

Здатність продукувати нові ідеї, приймати обґрунтовані рішення, проявляти креативність та системне мислення, виявляти та оцінювати ризики.

Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи та відповідне програмне забезпечення для вирішення науково-технічних проблем та проводити наукові дослідження в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань, в т.ч. при проектуванні та експлуатації об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Здатність застосовувати аналітичні методи аналізу, математичне моделювання та виконувати фізичні, математичні і обчислювальні експерименти для розв'язання інженерних завдань та при проведенні наукових досліджень над електричними мікромашинами.

Результати навчання

Дотримуватися принципів та правил академічної доброчесності в освітній та науковій діяльності. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Відтворити процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх моделюванні на персональному комп'ютері.

Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

Брати участь у міжнародних наукових конференціях та семінарах, присвячених сучасним проблемам в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Знати технології виготовлення електричних мікромашин.

Володіти знаннями із проектування електричних мікромашин із постійними магнітами.

Знати методи організації, технологію та процеси виробництва електроенергії на основі традиційних та відновлюваних джерел енергії, та акумулювання енергії для маневрування і підтримання балансу в енергетичних системах.

Обсяг дисципліни

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

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Дисципліна базується на освітній програмі підготовки бакалавра.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. Застосовуються активні форми проведення занять: лекція, лекція-діалог, лекційне опитування, лабораторні заняття, практичні заняття, інженерний семінар, співбесіда, консультація.

Лабораторні роботи передбачають ознайомлення з технологічними методами виготовлення електричних машин малої потужності.

На практичних заняттях використовується варіативний підхід до навчання, акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій при проектуванні електричних машин малої потужності.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій

Кількість годин

Тема 1. Вступ. Детальна класифікація виробництва електричних мікромашин. Особливості технології виробництва електричних мікромашин. Типи виробництва та методи роботи	2
Тема 2. Опис технологічної послідовності виготовлення електричних мікромашин. Класифікація мікромашин і технологічна послідовність операцій при виготовленні електричних мікромашин.	2
Тема 3. Детальна характеристика та опис матеріалів для виробництва електричних мікромашин. Основні матеріали, які застосовують у виробництві електричних мікромашин.	2
Тема 4. Процес лиття і пресування для одержання заготовок при виробництві електричних мікромашин. Технологія одержання заготовок литтям і пресуванням кольорових металів і пластмас.	2
Тема 5. Технологія штампування електротехнічних сталей та конструкційних деталей Розглядається технологія штампування та її способи.	2
Тема 6. Технологія складання осердь статорів і роторів. Розглядається детальна технологія складання осердь статорів і роторів мікромашин.	2
Тема 7. Технологія механічної обробки деталей мікромашин Особливості механічної обробки різноманітних деталей та вузлів електричних мікромашин.	2
Тема 8. Технологія виготовлення колекторів мікромашин. Розгляд технології та видів виготовлення колекторів.	2
Тема 9. Етапи проектування електричних мікромашин. Загальні відомості про етапи проектування електричних мікромашин. Матеріали, що використовуються при виготовленні мікромашин. Застосування наноматеріалів.	2
Тема 10. Технологія балансування роторів та якорів мікромашин. Розглядаються види балансування – статичне та динамічне.	2
Тема 11. Особливості проектування крокових двигунів. Принцип дії та конструкція крокових двигунів. Умови керування кроковими двигунами.	2
Тема 12. Особливості розрахунку та конструювання асинхронних мікродвигунів з частотним керуванням. Закони частотного керування, особливості роботи асинхронних двигунів при управлінні за допомогою частотного перетворювача.	4
Тема 13. Технологія укладання обмоток якорів мікромашин Запитання в білетах, які стосуються цієї теми.	2
Тема 14. Технологія просочування та сушіння обмоток. Види просочування залежно від складності та вартості техпроцесу.	2

Тема 15. Технологія виготовлення короткозамкнутих роторів заливкою алюмінієм під тиском	2
Запитання в білетах, які стосуються цієї теми.	
Загальна кількість годин	32

Практичні заняття

Теми практичних занять	Кількість годин	Вагові коефіцієнти a
Тема 1. Розробка технологічного процесу виготовлення корпусу мікромашин.	2	1
Тема 2. Розробка технологічного процесу виготовлення осердя статора мікромашини.	2	1
Тема 3. Розробка технологічного процесу складання осердь статора і ротора мікромашини.	2	1
Тема 4. Розробка технологічного процесу штампування електротехнічних сталей та конструкційних матеріалів.	2	1
Тема 5. Знайомство з додатком RMXprt Ansys Maxwell при проектуванні мікромашин. Знайомство із інтерфейсом додатка та його можливостями.	2	1
Тема 6. Проектування БДПС у RMXprt: формування статора, ротора, властивостей матеріалу, аналіз та отримання результатів 2D розрахунку.	2	1
Тема 7. Розгляд можливостей програми ANSYS EM для 3D моделювання електромагнітних процесів, знайомство із інтерфейсом програми та правильною постановкою на розрахунок моделей на декількох базових прикладах електричних мікромашин.	2	1
Тема 8. Захист лабораторних робіт.	2	1
Загальна кількість годин	16	$\sum_{i=1}^n a_i = 8$

Контрольні роботи

Контрольна робота з технології виробництва та проектування електричних машин малої потужності.	Вагові коефіцієнти b
Тема. Особливості технології виробництва та проектування електричних машин малої потужності.	1
Загальна кількість годин	$\sum_{i=1}^n b_i = 1$

Самостійна робота

До самостійної роботи відноситься самостійне опрацювання теоретичного матеріалу та виконання індивідуального розрахункового завдання. Розрахункове завдання містить звіт з виконання розрахунку згідно обраного варіанту. Успішний захист розрахункового завдання оцінюється в 10 балів і входить до екзаменаційної оцінки. Студентам рекомендуються додаткові матеріали (відео, статті) для самостійного вивчення.

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення

Кількість годин

Тема 1. Адитивні технології (3D-друк) у виробництві мікромашин. Використання 3D-друку для створення складних корпусних деталей та активних частин (осердь). Матеріали для селективного лазерного спікання (SLS) та плавлення (SLM). Переваги швидкого прототипування при розробці нових моделей мікромашин.	6
Тема 2. Сучасні магнітотверді матеріали та технологія їх монтажу. Огляд високоенергетичних магнітів (неодим-залізо-бір, самарій-кобальт). Технологія закріплення магнітів на роторі: приклеювання, бандажування та використання композитних оболонок. Вплив температури на стабільність магнітних характеристик.	6
Тема 3. Контроль якості та технічна діагностика на виробництві. Методи контролю параметрів ізоляції та обмоток. Перевірка якості складання за допомогою тепловізійного аналізу та вимірювання рівня вібрації. Стандарти ISO в системі управління якістю електротехнічної продукції.	6
Тема 4. Автоматизація та роботизація складальних процесів. Застосування промислових роботів для укладання обмоток та зварювання контактів. Автоматизовані лінії для пресування та маркування. Концепція "Індустрія 4.0" у серійному виробництві електричних мікромашин.	6
Тема 5. Екологічні аспекти виробництва та утилізація. Технології рециклінгу міді та рідкоземельних металів з відпрацьованих мікромашин. Екологічно безпечні просочувальні лаки та смоли. Енергоефективність виробничих процесів та мінімізація відходів штампування.	6
Тема 6. Особливості конструкції та виробництва безконтактних двигунів постійного струму (БДПС). Конструктивні відмінності БДПС від класичних колекторних машин. Технологія встановлення датчиків положення ротора (датчики Холла, енкодери). Особливості виготовлення статорів із зовнішнім та внутрішнім ротором.	6
Тема 7. Теплові розрахунки та системи охолодження мікромашин. Класи ізоляційної стійкості матеріалів. Методи інтенсифікації тепловіддачі в мініатюрних пристроях. Моделювання теплових полів у програмних комплексах (ANSYS Ісерак або аналогічних) для запобігання перегріву.	6
Тема 8. Стандартизація та сертифікація за міжнародними нормами. Класифікація захисту оболонок (IP), методи випробувань на витривалість та надійність. Міжнародні стандарти IEC та NEMA для мікродвигунів. Маркування енергоефективності та вимоги до безпеки експлуатації.	6
Загальна кількість годин	48

Тематика індивідуальних завдань

Розрахункове завдання передбачає виконання студентом звіту з розрахункового завдання, який охоплює 4 теми і виконується відповідно до виданого викладачем варіанту. Звіт має бути оформлений відповідно до вимог стандарту Університету. Завдання виконується протягом навчальних тижнів і подається на перевірку до екзамену.

Розрахунок безколекторного двигуна постійного струму

Тема 1. Технічні умови.

Тема 2. Попередній розрахунок безколекторного двигуна постійного струму.

Тема 3. Остаточний розрахунок безколекторного двигуна постійного струму.
Корегування значень.

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.

Для зарахування необхідно надати: сертифікат (електронний або друкований) про проходження курсу/стажування, опис програми тренінгу із зазначенням змісту тем, обсягу та тривалості.

Рекомендовані курси, тренінги, стажування

Надається перелік курсів на платформі **UDEMY** (<https://www.udemy.com/>), з якою у НТУ «ХПІ» є домовленість про надання вільного доступу для навчання на будь-якому курсі для всіх студентів та співробітників.

1. Electric Motors: Types, Working and Applications.
<https://www.udemy.com/course/basics-of-electric-motor-for-mechanical-engineers/>
2. Mastering BLDC Motors (Brushless DC Motors).
<https://www.udemy.com/course/mastering-bldc-motors-brushless-dc-motors-from-scratch/>
3. Stepper Motors: Working, Principle and Control.
<https://www.udemy.com/course/stepper-motors-working-principle-and-control-schemes/>
4. Electrical Machines for Electrical Engineering.
<https://www.udemy.com/course/electrical-machines-for-electrical-engineering/>
5. Ansys Maxwell for Electrical Machines Design.
<https://www.udemy.com/course/ansys-maxwell-motor-design/>

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Юхимчук В.Д. Технологія виробництва електричних машин: Навч. пос./ В 2-х кн. - Х.: Тимченко, 2014. Кн.1. – 560 с.
2. Андрейко І. І., Біляковський І. Є., Денис Б. Д. Електричні мікромашини: У 2 т. — Т. 1: Електричні мікромашини постійного струму та мікротрансформатори. — Т. 2: Електричні мікромашини змінного струму: Навч. посібник.-Львів: НУ «ЛП», 2007.
3. Мілих В. І. Електротехніка та електромеханіка / В. І. Мілих. – К.: «Каравела», 2006.
4. Осташевський М. О. Електричні машини і трансформатори : навч. по-сібник / М. О. Осташевський, О. Ю. Юр'єва; за ред. В. І. Мілих. – Харків : ФОП Панов А. М., 2017.

Додаткова література

1. Finite Element Method Magnetics – FEMM User's Manual. Режим доступу: <https://www.femm.info/wiki/Documentation/>
2. Ansys Maxwell 2D – Electromagnetic and Electromechanical Analysis.: user's guide [Електронний ресурс] / Ansys Corporation - Pittsburg, 2012. Режим доступу: <https://www.ansys.com/academic>

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 роботи), k_1	Контрольні роботи (за наявності), k_2	Індивідуальне завдання (за наявності), k_3	Підсумковий контроль (для ОК з заліком), 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:

$$O = P \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + Pk \cdot k_4,$$

де: P – середньозважена середня оцінка за поточний контроль,

I – оцінка за виконання індивідуального завдання,

K – середньозважена оцінка за контрольні роботи,

Pk – оцінка за підсумковий контроль.

$$P = \frac{P_1 \cdot a_1 + P_2 \cdot a_2 + \dots + P_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^n a_i},$$

де: a_i – ваговий коефіцієнт за практичні роботи.

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

де: b_i – ваговий коефіцієнт за контрольну роботу.

Поточні оцінки за кожну складову ($P, K, I, \dots$) 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

