



Основи автоматизованого проектування електричних машин. Курсовий проєкт. Частина 2. Асинхронні двигуни

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ (ELECTRIC MACHINES AND APPARATUS)</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>45 годин / 1,5 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль / контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Керівник: к.т.н., доц. Цивінський Сергій Станіславович, 0984424965</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Основи автоматизованого проектування електричних машин. Курсовий проєкт. Частина 2. Асинхронні двигуни» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

***Метою навчальної дисципліни** є отримання теоретичних і практичних знань процесів електромеханічного перетворення енергії та формування у студентів здатностей:*

- у дослідницькій діяльності – здатність до пошуку та аналізу наукової, технічної та нормативно-технічної інформації в електроенергетичній галузі;*
- у проектно-конструкторській діяльності – здатність до виконання проектних розрахунків асинхронних двигунів та їх характеристик;*
- у управлінській діяльності – здатність до розроблення та складання технічної документації, забезпечення виконання робіт з урахуванням ефективності енерговикористання та якості продукції, вимог екології;*
- у прогностичній діяльності – здатність до прогнозування впливу діяльності енергооб'єктів на екологію, людину та суспільство;*

- у технологічній діяльності – здатність до виконання технічних та розрахункових задач на виробництві.

Предмет навчальної дисципліни – конструкція, принципи роботи, фізичні явища та процеси в асинхронних двигунах; типові методи проектування асинхронних двигунів; основні характеристики асинхронних двигунів.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (ЗК 2, 3, 5, 8) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово, Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, Здатність працювати автономно.

(ФК 17, 24, 25, 27) Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання, Здатність здійснювати теплові розрахунки електричних машин і трансформаторів, виконувати їх моделювання та аналіз, Здатність здійснювати розрахунки механічної частини електричних машин і апаратів, механічних перехідних процесів, розраховувати параметри електричних машин і апаратів, виконувати їх моделювання та аналіз, Здатність вирішувати комплексні практичні задачі, пов'язані з розробкою фізичних й математичних моделей досліджуваних машин, приводів, систем, процесів, явищ і об'єктів у професійній сфері, розробляти методики та організувати проведення експериментів з аналізом результатів.

(ПР 7, 22, 24, 28) Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах, Застосовувати сучасні методи математичного моделювання електричних машин і апаратів, електромеханічних перетворювачів енергії, електромеханічних комплексів, Розуміти особливості конструкції, технічних характеристик, принципів дії та режимів роботи електромеханічних пристроїв, електричних машин і апаратів, у тому числі потужних турбо- і гідрогенераторів, Вміти застосовувати сучасні пакети прикладних програм для моделювання електромагнітних полів електричних машин.

Знання:

- конструкції та принципів роботи асинхронних двигунів,
- фізичних явищ та процесів в асинхронних двигунах,
- типових методів дослідження асинхронних двигунів,
- основних характеристик асинхронних двигунів.

Уміння:

- аналізувати передовий вітчизняний та зарубіжний досвід щодо ефективного використання, технічного обслуговування і ремонту електрообладнання,
- досліджувати фізичні явища і процеси в асинхронних двигунах,
- використовувати сучасні інформаційні технології у професійній діяльності,
- дотримуватися вимог ГОСТ та ДСТУ під час розробки конструкторської документації,
- аналізувати дані та розробляти алгоритми вирішення інженерних задач професійної діяльності,
- оцінювати показники ефективності функціонування електроенергетичних об'єктів та застосовувати методи їх оптимізації,
- аналізувати процеси в енергетичному обладнанні,
- контролювати обладнання та впроваджувати заходи з підвищення надійності та ефективності його функціонування,
- виконувати технічні креслення електроенергетичного устаткування,
- вибирати асинхронні двигуни для конкретних практичних умов,
- створювати математичні моделі асинхронних двигунів, адекватні завданням,
- виконувати розрахунки параметрів та основних режимів роботи асинхронних двигунів,
- давати аналіз та опис усталених та перехідних процесів в системах, в яких є електричні машини та апарати і робити відповідні висновки.

Досвід:

- з проектування асинхронних двигунів,
- у математичному моделюванні асинхронних двигунів, розрахунку їх параметрів,
- у використанні сучасних інформаційних технологій у професійної діяльності,
- у дотриманні вимог ГОСТ та ДСТУ під час розробки конструкторської документації,
- у виконанні технічних креслень електроенергетичного устаткування.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Теоретична механіка» та «Теоретичні основи електротехніки». Дисципліна «Основи автоматизованного проектування електричних машин. Курсовий проект. Частина 2. Асинхронні двигуни», використовуючи відомі закони електротехніки, подає теорію асинхронних машин. При вивченні конструкції та режимів роботи асинхронних машин потрібні також знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, електроніки, основ метрології та електричних вимірювань. Значну увагу приділено аналізу сфери застосування асинхронних машин та їх впливу на розвиток різноманітних галузей промисловості; передує вивченню дисциплін «Електрична частина станцій та підстанцій», «Електричні системи та мережі», «Релейний захист та автоматизація енергосистем», «Техніка високих напруг».

3. Зміст навчальної дисципліни

Курсовий проект складається з розрахункової та графічної частин.

Проектування асинхронного двигуна, до якого увійшли питання про призначення та класифікацію асинхронних двигунів, основи теорії роботи асинхронних двигунів, про підхід до попереднього обрання основних електромагнітних навантажень та визначення геометричних співвідношень у залежності від матеріалів магнітопроводу та обмоток, обрання конструкції магнітопроводу та обмоток, розрахунку втрат, тепловий розрахунок асинхронних двигунів. Графічна частина складається з одного креслення формату А1 – загального виду спроектованого асинхронного двигуна.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Проектування електричних машин: Навч. посібник / Циценков Д.В., Куваєв Ю.В., Іванов О.Б., Бобров О.В. (за ред. проф. Шкрабця Ф.П.) – Дніпро: НТУ "ДП", 2018. – 390 с.
2. Проектування трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненою обмоткою ротора [Текст] : навч. посібник [для студ. електротехн. спеціальностей] / В. І. Млих. – Харків : НТУ «ХПІ», 2009. – 99 с.
3. Основи автоматизованого проектування електричних машин“. Конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050702 “Електромеханіка”. Електронне навчальне видання Київ: НТУУ “КПІ”. 24.05.2012 протокол №9, – надан гриф «Рекомендовано Методичною радою НТУУ «КПІ». 175 стор.
4. Трифазний асинхронний двигун загального призначення з короткозамкненим ротором: курсовий проект [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньою програмою «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В. Чумак, М.О. Реуцький, С.С. Цивінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,35 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022 - 27 с.

5. Дистанційний курс «Основи автоматизованого проектування електричних машин-2 КП»
<https://do.ipro.kpi.ua>

Додаткові:

1. Юхимчук В.Д. Технологія виробництва електричних машин: підручник. – Х. Тім Пабліш Груп, 2012. – 740 с.
2. Красніков В.М., Сулейманов В.М., Давидов О.М. Електричні машини. Електромеханічні перетворювачі енергії. – Київ, Норіта-плюс, 2007.
3. *Electrical Machine Design*, V S Nagarajan, V Rajini, Pearson, 15 May 2018, 648 pages
4. Постников И.М. Проектирование электрических машин.-Киев: Гостехиздат УССР, 1960.- 910с.
5. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик, М. М Шлаф, В. И. Афонин, Е.А. Соболенская, – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 504 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Кожному студенту надається технічне завдання на розробку, проектування та дослідження трифазного асинхронного двигуна загального призначення з короткозамкненим ротором.

В процесі виконання курсового проекту студенти повинні виконати наступні етапи:

- Отримання завдання. Вимоги. Рекомендації щодо використання літературних та інших джерел.
- Вступ. Технічні умови.
- Вибір та опис конструкції асинхронного двигуна.
- Проектування обмоток статора та ротора.
- Розрахунок магнітного кола.
- Розрахунок параметрів та робочих характеристик.
- Тепловий розрахунок. Висновки.
- Виконання графічної частини - загальний вигляд спроектованого двигуна.
- Захист проекту.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва розділу, теми (окремого питання), що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Технічні вимоги, опис конструкції асинхронного двигуна	2
2.	Розрахунок головних розмірів, визначення діаметру та довжини магнітопроводу.	2
3.	Розрахунок обмоток статора та ротора згідно з обраною конструкцією.	2
4.	Розрахунок магнітного кола.	4
5.	Розрахунок параметрів двигуна.	6
6.	Розрахунок втрат.	3
7.	Розрахунок робочих характеристик.	3
8.	Оцінка теплового стану двигуна.	3
9.	Виконання ескізів магнітопроводу статора та ротора, схеми обмоток, форми пазів, побудова графіків робочих та пускових характеристик.	4
10.	Формулювання висновків, порівняння результатів розрахунків з завданням, та причини і наслідки відхилень.	6
11.	Оформлення пояснювальної записки та креслення.	6
12.	Підготовка до захисту.	4

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах, участь у факультетських та інститутських наукових конференціях.
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування на консультаціях після виконання кожного етапу роботи.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка виконання графіку роботи над проектом, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- - відповіді під час проведення експрес-опитувань на консультаціях;
- - виконання графіку робіт з проектування;

- - якість оформлення креслення та пояснювальної записки КП;
- - відповіді при захисті курсового проекту.

Експрес-опитування	Виконання графіку робіт	Оформлення креслення	Оформлення пояснювальної записки	Rc	Rзах	R
10	10	20	20	60	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів на всіх консультаціях – 1 бали * 10 = 10 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання – 1;

Виконання графіку проектування

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів за всі етапи проектування дорівнює 1 'x 10 = 10 балів.

Критерії оцінювання

- повне виконання етапу роботи, 10 балів;
- незначні затримки з виконанням етапу роботи – 4 ... 8 балів;
- суттєві затримки з виконанням етапу роботи – 1 ... 3 балів;
- затримки з виконанням етапу роботи більш за десять тижнів – 0 балів.

Оформлення креслення

Оформлення складального креслення має бути з виконанням усіх вимог що до комплектності, розмірів, відповідності до розрахунків.

Критерії оцінювання

- відсутність зауважень – 20 балів;
- малосуттєві зауваження (наявність незначних помилок) – 15-19 балів;
- суттєві зауваження (наявність значних графічних помилок) – 5-14 балів;
- невідповідність креслення розрахункам – 0 балів.

Оформлення пояснювальної записки

Оформлення пояснювальної записки має бути з виконанням усіх вимог що до правил оформлення технічної документації.

Критерії оцінювання

- відсутність зауважень – 20 балів;
- малосуттєві зауваження (наявність незначних помилок) – 15-19 балів;
- суттєві зауваження (наявність значних графічних помилок) – 5-14 балів;
- Невідповідність розрахунку та креслення – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – залік (захист)

Залікова робота складається з відповіді на два теоретичних запитання

Критерії оцінювання захисту

Рейтинг $R_c \geq 0,6 \cdot R$, тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) \cdot R$, тобто 40 – 59 балів – студенти складають залік.

Максимальний рейтинг екзамену $R_z = 40$ балів.

Рейтинг заліку $R_z = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг заліку $R_z = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть електромагнітних процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг заліку $R_3 = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку $R_3 \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє незрозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Класифікація обертових електричних машин.
2. Послідовність розрахунків при проектуванні електричних машин.
3. Всипні обмотки.
4. Жорсткі обмотки.
5. Короткозамкнені обмотки.
6. Одношарові обмотки ЕМПЕ змінного струму.
7. Двошарові обмотки ЕМПЕ змінного струму.
8. Уточнення індукції у повітряному проміжку, вибір перерізу витка обмотки.
9. Перевірка розміщення провідників у пазу. Специфікація.
10. Розрахунок МРС повітряного проміжку.
11. Розрахунок МРС зубців.
12. Розрахунок МРС ярем магнітного кола.
13. Складові основних втрат у стані магнітного кола. Фактори, які впливають на їх величину.
14. Поверхневі втрати в сталі.
15. Пульсаційні втрати в сталі.
16. Активний опір якорних обмоток електричних машин. Вплив ефекту витиснення.
17. Індуктивний опір взаємоіндукції. Вивести формулу для розрахунку.
18. Вивід виразу щодо пазової провідності та опору.
19. Вплив ефекту витиснення на індуктивний опір пазового розсіювання.
20. Опір диференціального розсіювання.
21. Опір лобового розсіювання.
22. Загальний вираз індуктивного опору розсіювання.
23. Вплив ефекту витиснення на пускові характеристики асинхронних двигунів з к.з. ротором.
24. Вплив ефекту насичення на пускові характеристики асинхронних двигунів з к.з. ротором.
25. Послідовність розрахунків пускових характеристик асинхронних двигунів з к.з. ротором.
26. Мета вентиляційного розрахунку. Класифікація вентильних систем.
27. Спосіб позначення охолодження вентиляцією. Позначення
28. Послідовність вентиляційного розрахунку.
29. Режими роботи, способи теплопередачі від електричних машин.
30. Теплова схема заміщення асинхронного двигуна з к.з. ротором з.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № 7-177 від 01.10.2020
Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри електромеханіки ФЕА, к.т.н., Цивінським С.С.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 14 від 25.05.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 16.06.2022 р.)