Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА

Основи мехатроніки

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*14 «Електрична інженерія»*
Спеціальність	*141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»*
Освітня програма	*Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*Очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*3 курс, осінній семестр*
Обсяг дисципліни	*120 годин / 4 кредити ECTS*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік/МКР/РГР*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua*
Мова викладання	*Українська/Англійська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *к.т.н., доц. Стаценко Олексій Володимирович* Лабораторні роботи: *к.т.н., доц Стаценко Олексій Володимирович*
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Основи мехатроніки» складено відповідно до освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» підготовки бакалаврів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни *є формування у студентів наступних здатностей:*

- *компетенція в області математичного опису електромеханічного перетворення енергії в електричних машинах змінного струму;*
- *здатність використовувати алгоритми частотного керування електричними машинами змінного струму при розробці систем автоматизації електромеханічних систем.*

Предмет навчальної дисципліни *– математичні описи електромеханічних перетворювачів енергії та електромеханічних систем.*

Програмні результати навчання:

знання:

- *методів математичного опису процесів електромеханічного перетворення енергії в електромеханічних системах з сучасними електричними двигунами;*
- *методів частотного керування асинхронними двигунами;*
- *методів частотного керування синхронними двигунами;*

***вміння**:*

- *складати математичні моделі електромеханічних систем (ЕМС) з асинхронними та синхронними двигунами;*
- *виконувати перетворення координат узагальненої електричної машини;*
- *розрахунку параметрів схеми заміщення асинхронних двигунів;*
- *дослідження асинхронних двигунів.*

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

Дисципліну «Основи мехатроніки» забезпечують такі дисципліни програми підготовки бакалаврів: Математичні методи в електромеханіці, Електричні машини.
Дисципліна «Основи мехатроніки» забезпечує таку дисципліну: Моделювання електромеханічних систем.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна «Основи мехатроніки» складається з наступних розділів та тем::

Розділ 1. Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії в електричних машинах змінного струму
Тема 1.1. Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії в довільних електричних машинах
Тема 1.2. Математичний опис у двофазних змінних
Тема 1.3. Перетворення координат узагальненої електричної машини. Фазні перетворення
Тема 1.4. Найбільш часто використовувані моделі типових електричних машин.
Тема 1.5. Явнополюсні електричні машини.
Тема 1.6. Безколекторні двигуни постійного струму.

Розділ 2. Частотне керування моментом та потокозчепленням електричних машин змінного струму
Тема 2.1. Частотне керування асинхронними двигунами.
Тема 2.2. Частотне керування синхронними двигунами.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. *W. Leonhard. Control of Electrical Drives. Springer 2001. p.241*
2. *Bose B.K. Modern Power Electronics and AC Drives. Prentice Hall 2002.p..738.*
3. *Bose K. Power Electronics and Motor Drives: Advances and Trends. Elsevier 2006.p.935.*
4. *Основи мехатроніки: [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С.М. Пересада, М.В. Пушкар. – К.: КПІ ім. Ігоря – Електронні текстові дані (1 файл: 23,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 136 с.*
5. *Теорія електроприводу /Під ред. М.Г. Поповича. Київ, Вища школа, 1993.*
6. *Попович М. Г., Лозинський О. Ю., Клєпіков В. Б., Мацко Б. М., Пересада С. М., Тєряєв В. І., Бутний В. В., Місюренко В. О., Панченко Б. Я. Елек-тромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / За ред. Поповича М. Г., Лозинського О. Ю. –К.:Либідь, 2005. – 680с.*

Додаткові:

7. P. Krause. Analysis of Electric Machinery. Mc. Graw-Hill Book Co, 1987.

8. Narendra K. S. and Annaswamy A. M. Stable Adaptive Systems. –New Jersey, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1989. –496p.

9. Marino R., Tomei P. Nonlinear control design: Geometric, adaptive and robust. – New Jersey, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995. – 390 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Розділ 1. Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії в електричних машинах змінного струму

Тема 1.1. Математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії в довільних електричних машинах

Лекція 1. *Вступ. Поняття про узагальнену електричну машину. Загальні принципи електромеханічного перетворення. Базові припущення.*

Лекція 2. *Формалізація процесу електромеханічного перетворення, схематизація довільної електричної машини (ЕМ). Узагальнені рівняння динаміки довільної електричної машини.*

Практична робота 1. *Математична модель двигуна постійного струму з незалежним збудженням. Розрахунок основних параметрів.*

Лабораторна робота 1. *Складання моделі двигуна постійного струму в пакеті Matlab-Simulink.*

Тема 1.2. Математичний опис у двофазних змінних

Лекція 3. *Схема заміщення. Рівняння потокозчеплень та моменту, матриця індуктивностей, рівняння електричної рівноваги.*

Лекція 4. *Перетворення Парка та Кларк.*

Лекція 5. *Синхронні двигуни зі збудженням від постійних магнітів. Схема заміщення.*

Лекція 6. *Математична модель неявнополюсного СД Рівняння потокозчеплень та моменту, матриця індуктивностей, рівняння електричної рівноваги.*

Практична робота 2. *Математична модель синхронного двигуна. Розрахунок основних параметрів.*

Лабораторна робота 2. *Складання моделі синхронного двигуна в пакеті Matlab-Simulink. (4 ак.год.)*

Тема 1.3. Перетворення координат узагальненої електричної машини. Фазні перетворення

Лекція 7. *Перетворення рівнянь узагальненої електричної машини до довільної системи координат. Основні типи використовуваних систем координат: стаціонарна, ротора, синхронна. Інваріантність перетворення координат.*

Лекція 8. *Перетворення симетричних неявнополюсних електричних машин до узагальненої. Схема заміщення.*

Лекція 9. *Рівняння МРС та перетворення трифазних та двофазних змінних. Співвідношення потужностей. Схеми заміщення. Узагальнена структурна схема.*

Практична робота 3. *Математична модель асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. Г-подібна та Т-подібна схеми заміщення.*

Практична робота 4. *Каталожні дані АД. Розрахунок електричних параметрів АД за каталожними даними.*

Тема 1.4. Найбільш часто використовувані моделі типових електричних машин.
Лекція 10. *Моделі асинхронних двигунів. Динамічна модель короткозамкненого АД в системі координат статора, записана через вектори струму статора та потокозчеплення ротора.*
Лекція 11. *Динамічна модель АД в синхронній системі координат, що обертається з кутовою швидкістю* ω_0.
Лекція 12. *Математична модель неявнополюсних синхронних машин.*
Практична робота 5. *МКР.*
Практична робота 6. *Структура алгоритмів керування електродвигунами. Перетворення координат в електроприводах змінного струму. Послідовність операцій керування.*
Лабораторна робота 3. *Складання моделі АД в пакеті SIMNON і дослідження перехідних процесів при прямому пуску. (4 ак.год.)*

Тема 1.5. Явнополюсні електричні машини.
Лекція 13 *Явнополюсні синхронні машини. Рівняння потокозчеплень та моменту явнополюсних машин без демпферних обмоток. Рівняння потокозчеплень та моменту явнополюсних машин із демпферними обмотками.*

Тема 1.6. Безколекторні двигуни постійного струму.
Лекція 14. *Безколекторні двигуни постійного струму. Класифікація. Конструкція. Принцип роботи. Основні способи керування безколекторними двигунами постійного струму.*

Розділ 2. Частотне керування моментом та потокозчепленням електричних машин змінного струму
Тема 2.1. Частотне керування асинхронними двигунами.
Лекція 15. *Частотне керування кутовою швидкістю АД з натуральною орієнтацією по вектору потокозчеплення ротора*
Лекція 16. *Регулювання моменту при частотному керуванні АД. Формування механічних характеристик.*
Практична робота 7. *Функціональна схема електроприводу змінного струму, її склад та робота. Взаємозв'язок між алгоритмом керування двигуном та функціональною схемою. (4 ак.год.)*
Лабораторна робота 4. *Дослідження статичних режимів АД при живленні від мережі та при частотному керуванні. Методика побудови механічних характеристик та їх аналіз. (4 ак.год.)*
Лабораторна робота 5. *Дослідження динамічних характеристик АД при прямому пуску та при частотному керуванні. Аналіз динамічних властивостей АД. (4 ак.год.)*

Тема 2.2. Частотне керування синхронними двигунами.
Лекція 17. *Частотне керування кутовою швидкістю синхронного двигуна. Керування положенням синхронного двигуна.*
Лекція 18. *Крокові двигуни. Вентильні двигуни.*
Практична робота 9. *Захист РГР.*

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Виконання РГР	15
2	Опрацювання результатів лабораторних робіт	18
3	Підготовка до МКР	5
4	Підготовка до заліку	10

Політика та контроль

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, практичних та лабораторних 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 виконання лабораторних занять: виконання лабораторних робіт здійснюється окремими бригадами згідно з варіантами, захист робіт здійснюється індивідуально на наступному занятті після виконання роботи;*
- *політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;*
- *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 соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

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

Рейтинг студента з дисципліни «Основи мехатроніки» складається з балів, що студент отримує за:

- *виконання та захист лабораторних робіт (5 ЛР);*
- *виконання практичних робіт (7 ПР);*
- *виконання РГР;*
- *здачу модульної контрольної роботи (1 МКР).*

Поточний контроль:

*Виконання та захист лабораторних робіт оцінюється до 7 балів кожна. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 7 бали * 5 = 35 бали.*
Критерії оцінювання:

- *повністю виконана та захищена робота – 7 балів;*
- *виконана робота, але при захисті були допущені помилки – 5-6 балів;*
- *виконана робота, але не захищена – 3-4 балів;*
- *не виконана робота – 0 балів.*

*Виконання та практичних робіт оцінюється до 5 балів кожна. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 5 бали * 6 = 30 бали.*
Критерії оцінювання:

- *повністю виконана та захищена робота – 5 балів;*
- *виконана робота, але при захисті були допущені помилки – 4 бали;*
- *виконана робота, але не захищена – 3 бали;*
- *не виконана робота – 0 балів.*

Виконання модульної контрольної роботи:
Загальна кількість модульних контрольних робіт (МКР) – одна. МКР проводиться на восьмому тижні
Мета МКР – визначення якості отриманих знань і наявності умінь та досвіду їх використання за вказаними темами.
МКР зорієнтована на формат самостійної відповіді на питання та розв'язання конкретних задач, що надає можливість застосувати отримані знання, проаналізувати та синтезувати вивчений матеріал.
МКР оцінюється з 15 балів:
– «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 13-15 балів;
– «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями – 10-12 балів;
– «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6-9 балів;
– «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.
Якщо студент не з'явився на МКР без поважної причини, його результат оцінюється нулем балів без можливості написання МКР.

Розрахунково-графічна робота передбачає виконання індивідуального завдання за варіантами. До складу РГР входять питання: розрахунок параметрів схеми заміщення асинхронного двигуна по його каталожним даним та розрахунок його природної характеристики шляхом використання формули Клоса, по методу Леонарда, а також за допомогою повної динамічної моделі асинхронного двигуна; розробка моделюючої програми для дослідження динамічних режимів прямого та частотного пуску асинхронного двигуна та його подальшого навантаження на основі повної динамічної моделі двигуна у двофазних змінних.
РГР оцінюється в 20 балів:
– «відмінно» – правильно виконана РГР та захищена без помилок – 18-20 балів;
– «добре» – РГР виконана та захищена з незначними помилками – 12-17 балів;
– «задовільно» – значні помилки при виконанні та захисті РГР – 6-11 балів;
– «незадовільно» – РГР не виконана та не здана – 0 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр (на 8 та 14 тижнях) як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. За результатами календарного контролю виставляється атестація: для отримання атестації студент має набрати не мене 25 балів за 8 тижнів, та не менше 55 балів за 14 тижнів.

Семестровий контроль:

Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею. Якщо сума балів менша за 60, студент виконує залікову контрольну роботу. Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, може взяти участь у заліковій контрольній роботі. У цьому разі бали, отримані ним на заліковій контрольній роботі, є остаточними.

Залікова контрольна робота оцінюється із 100 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з трьох запитань (два теоретичних запитання і одне практичне завдання) з переліку, що наданий у додатку до Силабусу.

Теоретичні запитання оцінюються з 30 балів, а практичне з 40 балів за такими критеріями:

Система оцінювання теоретичних запитань

– «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 30- 28 балів;

– «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 26-22 балів;

– «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 20-18 балів;

– «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Система оцінювання практичного запитання

– «відмінно», повне, безпомилкове розв'язування завдання – 40-36 балів;

– «добре», повне розв'язування завдання із несуттєвими неточностями – 34-30 балів;

– «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 28-24 балів;

– «незадовільно», завдання не виконано.

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*

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на залік з дисципліни «Основи мехатроніки», наведений в додатку до Силабусу).

За умови змін в режимі роботи Університету в даній робочій програмі можливі зміни, що стосуються особливостей проведення планових занять, використовуваних видів контролю та оцінювання результатів навчання.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, к.т.н. Стаценком О.В.

Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 12від 30.06.2020 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету[1] (протокол № __ від _____)

[1]Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.