



# МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

## 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>IV курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 години / 4,0 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР, реферат</i>
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=a0c4718e-21f5-46d5-bdb8-d6ff7eda3a4c">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=a0c4718e-21f5-46d5-bdb8-d6ff7eda3a4c</a>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н. Шуманська Анна Анатоліївна, shym.anna@gmail.com</i> Практичні: <i>к.т.н. Шуманська Анна Анатоліївна, shym.anna@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Моделювання електромеханічних систем» розроблено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Необхідність вивчення дисципліни зумовлена

**Метою навчальної дисципліни** є пізнання системних принципів структурної організації і еволюції електромеханічних об'єктів та систем з можливістю передбачення і спрямованого синтезу їх нових різновидів, а також набуття компетенцій для розв'язання широкого кола інноваційних задач сучасної електромеханіки. Необхідність вивчення дисципліни зумовлена міждисциплінарним значенням і прогресуючою різноманітністю електромеханічних перетворювачів енергії і відкриттям періодичної системи електромагнітних елементів, що відкриває можливість використання єдиного методологічного підходу до розв'язання широкого кола задач аналізу і синтезу об'єктів електромеханіки довільного рівня складності і функціональної приналежності, з можливістю передбачення їх нових конкурентоспроможних різновидів. Теоретичний і методологічний базис дисципліни становлять результати структурно-системних фундаментальних досліджень отриманих на кафедрі електромеханіки КПІ ім. Ігоря Сікорського за науковою проблемою «Структурно-системні дослідження в електромеханіці».

**Предмет навчальної дисципліни** – періодична структура генетичної класифікації первинних джерел електромагнітного поля, як системна модель структурної організації і еволюції електромеханічних перетворювачів енергії та систем на їх основі; системні принципи і закони структурної організації і технічної еволюції об'єктів електромеханіки; системне моделювання; моделі макро- і мікроеволюції електричних машин; моделі визначення генетичних програм структуроутворення довільних функціональних класів електромеханічних об'єктів; моделі гомологічних рядів електричних машин; моделі структурного передбачення та інноваційного синтезу нових структурних різновидів електричних машин та електромеханічних пристроїв.

#### **Програмні результати навчання:**

##### **Компетентності:**

**KO2** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, **KO5** Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел, **KO7** Здатність вирішувати практичні задачі із залученням систем автоматизованого проектування (САПР), **K17** Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання, **K22** Здатність ідентифікувати, одержувати і розміщувати необхідні дані, планувати й проводити аналітичні і експериментальні дослідження та моделювання електричних машин і апаратів, критично оцінювати дані і робити висновки.

##### **Програмні результати:**

**ПР02** Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань, і використання зазначених вимірювань для вирішення професійних задач, **ПР05** Знати основи теорії електромагнітних полів, методи розрахунку електричних кіл та уміти їх використовувати для вирішення практичних проблем у професійній діяльності, **ПР08** Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками, **ПР11** Вільно спілкуватися державною та іноземною мовою з професійних питань усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями і нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань, **ПР17** Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, мереж та систем, **ПР22** Вміти виконувати задачі з технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, мереж та систем.

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

В структурно-логічній схемі програми підготовки зі спеціальності дисципліна «Моделювання електромеханічних систем» фактично є основною дисципліною, яка забезпечує майбутніх спеціалістів системними знаннями стосовно принципів і основних класів задач системного моделювання. Для вивчення дисципліни, окрім фахових дисциплін, важливим є залишкові знання з системотвірних дисциплін (біології, хімії, фізики, геометрії, астрономії), а також знання з попередніх дисциплін, які орієнтовані на розвиток когнітивних механізмів правопівкульного мислення: нарисної (просторової) геометрії, топології поверхонь, дискретної математики, інженерної графіки, ТОЕ та ін. Дисципліна «Моделювання електромеханічних систем» є базовою в циклі фахових дисциплін інноваційного спрямування, як для студентів, що навчаються за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр», так і для студентів, які навчаються за ОП «магістр». Системні моделі і методологія системного моделювання становлять теоретичну і методологічну основу, яка використовується в наступних інноваційних дисциплінах: «Спеціальні електричні машини» (курсознавство інноваційного спрямування), «Інноваційний синтез електромеханічних систем», «Основи теорії структур електромеханічних систем», «Основи системної електромеханіки». Новітні методи

системного та інноваційного моделювання складають основу таких магістерських програм навчання як: «Синтез і розшифрування генетичних програм електромеханічних перетворювачів енергії», «Генетичне передбачення в електромеханіці», «Систематика електричних машин», «Генетичні банки інновацій в структурній електромеханіці» та ін.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна структурно складається з **3 розділів**, а саме:

1. **Основи теорії моделювання електромеханічних систем**, до якого ввійшли питання тенденцій розвитку ЕМ-систем і проблеми їх дослідження, принципів моделювання, задач і моделей класичної електромеханіки, задач і моделей структурної електромеханіки, моделювання у життєвому циклі електромеханічної системи.
2. **Системна модель структурної організації і розвитку електромеханічних систем**, до якого ввійшли питання про елементи теорії структурної організації і розвитку електромеханічних систем, структуру і інваріантні властивості Генетичної класифікації первинних джерел електромагнітного поля, як системної моделі для пізнання принципів структурної організації і розвитку ЕМ-систем, генетичні програми і моделі структуротворення електромеханічних систем.
3. **Моделі і методи розв'язання задач інноваційного спрямування**, до якого ввійшли питання генетичного аналізу і основ генетичного синтезу електромеханічних структур, моделей видоутворення ЕМ-систем, моделей мікроеволюції в структуроутворенні електромеханічних систем, моделей макроеволюції електромеханічних систем, методів передбачення і спрямованого синтезу нових різновидів електричних машин з використанням Закону гомологічних рядів.

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Моделювання електромеханічних систем. Підручник / В.Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська, В.В. Котлярова. Рекомендовано Вченою радою «КПІ ім. Ігоря Сікорського» (протокол № 10, від 04.11.19).
2. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання електромеханічних систем»;
3. Генетична класифікація первинних джерел електромагнітного поля. Методичний посібник. –К.: НТУУ «КПІ», 2006.
4. Термінологічний словник з генетичної електромеханіки. [Електронний ресурс]: термінологічний словник для вивчення циклу дисциплін інноваційного спрямування для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / Уклад.: В. Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. –78 с. (Ухвалено вченою радою ФЕА НТУУ «КПІ», протокол № 3 від 27.10.2014);
5. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни «Моделювання електромеханічних систем» [Електронний ресурс]: для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / Уклад.: В. Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська, В. В. Котлярова. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 66 с. (Ухвалено вченою радою ФЕА НТУУ «КПІ», Протокол № 4 від 29 грудня 2014 р.).
6. Спрямований синтез і системний аналіз нових різновидів електричних машин з використанням закону гомологічних рядів. [Текст]: метод. рекомендації до викон. курсової роботи інноваційного спрямування для студ. напряму підготов. 6.050702 «Електромеханіка» / Уклад.: В.Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська, В.В. Котлярова. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 110 с.
7. Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни «Моделювання електромеханічних систем» для студ. напряму підготов. 6.050702 «Електромеханіка» / Уклад.: В.Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська, В.В. Котлярова. – К.: НТУУ «КПІ», 2016.

8. Словник із структурної і генетичної електромеханіки / В. Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська. Рекомендовано Вченою радою НТУУ «КПІ». (протокол №4 від 12.05.15). – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 112 с.
9. Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем»  
<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635>

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<p>Еволюція електромеханіки. Тенденції розвитку ЕМ-систем і проблеми їх дослідження. Основні задачі дисципліни. Місце і значення дисципліни в циклі фундаментальних і спеціальних дисциплін. Основні етапи розвитку та дослідження ЕМ-систем. Основні поняття теорії систем. Поняття електромеханічної системи. Поняття структури, функції і еволюції ЕМ-системи. Поняття і визначення моделі і процесу моделювання. Роль моделей у створенні складних ЕМ-систем. Приклади задач, які потверджують необхідність системного моделювання. Моделювання як метод пізнання. Проблема моделювання і її значення у сучасній електромеханіці.</p> <p>Літературні джерела: [1] Розділ 1; [7] § В4; [9] Розділ 1; Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 1 <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
2	<p>Принципи моделювання. Класифікація моделей і задач дослідження. Основні вимоги до моделі. Чотири типи моделюючих відношень, що використовуються при дослідженні ЕМ-систем, та їх приклади. Принцип подібності як фундаментальна основа відповідності системи-оригінала і її моделі. Аналогії, та їх місце в моделюванні. Принцип множинності моделей і задач моделювання. Проблема складності і адекватності моделей. Проблема універсальності і точності моделей. Проблема вибору моделі. Класифікація основних моделей і задач моделювання.</p> <p>Літературні джерела: [1]Розділ 1; [7] § В7; [8] Розділ 1; [9] Розділ 1; Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 2 <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
3	<p>Задачі і моделі структурної і генетичної електромеханіки. Еволюція електромеханіки. Поняття і задачі структурної і генетичної електромеханіки. Об'єкт і предмет дослідження. Системність законів структурної організації і еволюції. Структурно-системний підхід і його задачі. Рівні структурної організації ЕМ-систем. Генетична природа ЕМ-систем. Два рівні еволюції ЕМ-систем. Інноваційна природа еволюції. Новітні наукові напрями і задачі структурної і генетичної електромеханіки.</p> <p>Літературні джерела: [1] Розділ 1, 2. [5] Таблиця 1; Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 3 <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
4	<p>Моделювання у життєвому циклі електромеханічної системи. Поняття і основні стадії життєвого циклу ЕМ-систем. Моделі і задачі моделювання у життєвому циклі електромеханічної системи. Структура і задачі на стадії проектування. Задачі і моделі етапів пошукового проектування. Моделі системного та інноваційного проектування. Моделі розрахункових етапів. Задачі і моделі етапів конструювання. Моделі режимів роботи. Фізичне моделювання і експеримент. Задачі експериментальних досліджень. Діагностика і моделі експлуатаційної надійності.</p> <p>Літературні джерела: [9] Розділ 2;</p>

	<p>Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 4  <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
5	<p>Основи генетичної теорії структурної організації і розвитку електромеханічних систем. Основні положення теорії генетичної еволюції ЕМ-систем. Системність принципів генетичної організації ЕМ-об'єктів. Поняття і моделі первинних джерел електромагнітного поля. Поняття електромагнітного гена, хромосоми, первинного джерела електромагнітного поля. Електромагнітна симетрія і топологія первинного джерела поля. Поняття генетичної інформації. Породжувальні періодичні системи. Генетичні принципи структурної організації і розвитку ЕМ-системи. Електромагнітна дисиметризація ЕМ-структури у процесі її розвитку.  Літературні джерела: [1] Розділ 2; [5] Таблиця 1;  Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 5  <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
6	<p>Генетична класифікація первинних джерел електромагнітного поля – системна модель для пізнання принципів структурної організації і розвитку ЕМ-систем. Проблема вивчення структурної різноманітності існуючих класів електричних машин. Поняття генетичної класифікації. Базові класифікаційні ознаки та їх визначення. Структура класифікаційних рядів і геометричних класів. Правило супідрядності. Принцип топологічної інваріантності. Принцип збереження просторової і електромагнітної симетрії. Принцип парності. Принцип збереження генетичного коду. Системний закон стійкості видових форм. Принцип дисиметризації П. Кюрі. Ізотопія первинних джерел поля. Принципи збереження і генетика ЕМ-систем. Область коректного застосування математичної моделі узагальненої електричної машини в структурі Генетичної класифікації. Аналоги генетичних класифікацій в хімії і в біології.  літературні джерела: [1] Розділ 3,4; [5] Таблиця 1;  Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 6  <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
7, 8	<p>Інформаційні моделі електромеханічних об'єктів. Проблеми інформаційного забезпечення пошукових досліджень. Поняття і визначення інформаційної моделі. Фундаментальність і інваріантність генетичної інформації. Прогностична функція генетичної інформації. Породжувальна періодична система як системна інформаційна модель структурної організації ЕМ-систем. Модель механізмів передачі і обміну генетичної інформації в генетично організованих системах. ЕМ-об'єкт як носій інформації. Носії і складові інформації довільного об'єкта. Інформаційні взаємозв'язки між людиною (дослідником), Породжувальною системою і довільним ЕМ-об'єктом. Інформаційні моделі генетичних програм ЕМ-об'єктів. Взаємозв'язок інформаційних і структурних моделей з системною моделлю. Генетичний код як універсальна інформаційна модель електромеханічної структури. Поняття генетичного коду. Універсальний генетичний код первинного джерела електромагнітного поля. Взаємозв'язок генетичного коду з елементним базисом і структурою системної моделі та з структурною різноманітністю ЕМ-об'єктів. Принцип кодування генетичної інформації в структурі коду. Інваріантність генетичного коду у процесі структурно-функціональної еволюції ЕМ-систем. Правило ідентифікації генетичного коду. Метод ідентифікації генетичного коду за заданим ЕМ-об'єктом. Системність і основні функції генетичного коду.  Літературні джерела: [1] Розділ 3; [5] Таблиця 1;  Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 7,8  <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>

9	<p>Принцип періодичності первинних джерел поля і його науково-методичне значення. Структура і властивості елементів груп і періодів. Властивості підгруп. Положення первинного джерела поля і його властивості. Розширений варіант структури Генетичної класифікації. Первинна і вторинна періодичність і її природа. Інтегральна сутність періодичного закону. Правило «зірковості». Генетична класифікація як системна модель для здійснення генетичного передбачення, організації геномних досліджень, спрямованого синтезу і аналізу нових класів ЕМ-структур та упорядкування знань в галузі електромеханіки. Міжсистемні аналогії періодичного закону в електромеханіці, в хімії, теорії чисел, музиці, біології.</p> <p>Літературні джерела: [1] Розділ 5. [5] Таблиця 1, 2;</p> <p>Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 9  <a href="https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
10	<p>Ієрархія генетичних моделей структуроутворення електромеханічних систем. Задачі генетичного моделювання. Вихідна інформація для побудови генетичних моделей. Генетична модель ЕМ-об'єкта. Генетичні моделі популяційної структури виду. Генетична модель розвитку довільних функціональних класів ЕМПЕ. Проблема візуалізації. Візуалізація і когнітивний ефект. Сучасний стан і практичне використання генетичних моделей в системних і прикладних задачах інноваційного спрямування.</p> <p>літературні джерела: [1] Розділ 10. [5] Таблиця 1;</p> <p>Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 10  <a href="https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
11	<p>Проблеми синтезу і створення нових конкурентоспроможних електромеханічних об'єктів. Генетична природа інновацій в еволюції нових об'єктів техніки. Існуючі підходи до постановки і розв'язання пошукових задач інноваційного спрямування. Проблема формалізації. Евристичні методи. Прогностична функція генетичних моделей структуроутворення. Постановка і розв'язання задач типу „відкриття систем”. Інноваційні моделі мікро- і макроеволюції. Проблема створення генетичних банків інновацій в галузі структурної електромеханіки.</p> <p>Літературні джерела: [1] Розділ 10. [5] Таблиця 1, 2;</p> <p>Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 11  <a href="https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
12	<p>Моделювання і спрямований синтез нових різновидів електричних машин з використанням Закону гомологічних рядів. Генетична природа гомології. Взаємозв'язок гомології з періодичністю і з принципом генетичного кодування. Закон гомологічних рядів ЕМ-систем. Міжродова гомологія в електричних машинах. Метод просторової деформації. Метод горизонтального перенесення інформації. Метод вивертання структури навиворіт. Моделі синтезу нових класів структур на основі ЗГР. Взаємозв'язок моделей мікро- і макроеволюції. Використання ЗГР в задачах інноваційного синтезу. Задачі типу „відкриття систем”. Міжсистемні аналогії прояву ЗГР в електромеханічних, лінгвістичних, числових і біологічних системах.</p> <p>Літературні джерела: [1] Розділ 8. [5] Таблиця 1;</p> <p>Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 12  <a href="https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
13	<p>Моделі видоутворення ЕМ-систем. Генетична природа виду в еволюціонуючих системах. Поняття та визначення виду ЕМ-системи. Системність категорії виду. Модель внутрішньої структури виду. Вид як еволюціонуюча система. Генетична і еволюційна класифікація видів ЕМ-систем. Види-двійники і види-близнюки. Визначення виду ЕМ-системи через генетичний код. Закон стійкості видових форм ЕМ-об'єктів. Дивергентні, конвергентні і змішані генетичні моделі видоутворення. Дослідження еволюція процесів видоутворення ЕМПЕ з використанням системної моделі. Аналогії і відмінності процесів видоутворення в електромеханіці і в біології.</p> <p>Літературні джерела: [1] Розділ 6. [5] Таблиця 1;</p>

	<p>Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 13  <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
14-15	<p>Моделі генетичного синтезу електромеханічних структур. Проблема структурного синтезу електромеханічних структур. Класи задач генетичного синтезу ЕМПЕ. Основи методології генетичного синтезу ЕМ-структур. Ієрархія задач синтезу. Оператор просторової та електромагнітної інверсії. Оператор реплікації. Оператор кросинговеру. Оператори внутрішньовидової, міжвидової та міжродової мутації. Оператор схрещування. Взаємозв'язок генетичних операторів. Зв'язок генетичних операторів синтезу з принципами структурної організації ЕМПЕ. Генетична модель структурної організації ЕМ-об'єкта. Поняття ізомерних груп. Синтез структур-ізомерів. Структурна формула ЕМ-об'єкта. Прогностична функція генетичних моделей. Літературні джерела: [1] Розділ 10. [5] Таблиця 1;  Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 14  <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
16	<p>Моделі мікроеволюції в структуроутворенні електромеханічних систем. Два рівні еволюції ЕМПЕ. Поняття мікроеволюції. Генетична природа моделей мікроеволюції. Вихідна інформація для побудови моделей мікроеволюції. Створення інформаційних баз даних. Синтез моделей мікроеволюції. Структура моделі і її аналіз. Перевірка коректності моделей. Аналіз еволюції довільного виду ЕМ-системи. Практична реалізація моделей еволюції в задачах інноваційного синтезу. Літературні джерела: [1] Розділ 10. [5] Таблиця 1;  Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 15  <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
17	<p>Моделі макроеволюції електромеханічних систем. Поняття макроеволюції. Модель макроеволюції і її графічна інтерпретація. Вихідна інформація і побудова моделей макроеволюції. Еволюційна траєкторія і її аналіз. Моделі макроеволюції поширених класів ЕМПЕ і класів з початковим рівнем розвитку. Гранічний випадок еволюційної траєкторії. Моделі макроеволюції роду, родини, функціонального класу. Моделі макроеволюції функціональних класів ЕМ-систем. Філогенетичні моделі функціональної еволюції на рівні довільних класів ЕМПЕ. Прогностична функція моделей макроеволюції. Приклади нових класів ЕМПЕ, які вперше відкрито з використанням моделей макроеволюції. Літературні джерела: [1] Розділ 10. [5] Таблиця 1;  Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 16  <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
18	<p>Генетичні моделі в технології структурного передбачення. Поняття генетичного і структурного передбачення. Теоретична основа передбачення. Необхідні умови для реалізації функції передбачення. Рівні подання знань в технології структурного передбачення. Взаємозв'язок рівнів, принципів і моделей передбачення. Інформаційне забезпечення процедур структурного передбачення. Генетичні програми як основа структурного передбачення. Задачі і передбачення на міждисциплінарному рівні. Напрями практичного використання результатів системного моделювання і технології структурного передбачення в науці, освіті і інноваціях. Літературні джерела: [1] Розділ 10, 11. [5] Таблиця 1;  Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» лекція 18  <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	<p>Розв'язання задач-тестів на визначення початкового рівня системного і асоціативного мислення, просторової уяви і здібностей до синтезу і візуалізації просторових об'єктів.                      дидактичне забезпечення – комплект задач-тестів;                      літературні джерела [7];                      дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» підбірка задач за темою 1 <a href="https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
2	<p>Задачі на розпізнавання генетичної інформації і ідентифікацію генетичного коду за заданою структурою-прототипом ЕМ.                      дидактичне забезпечення – підбірка структур-прототипів;                      літературні джерела [1, 3, 6];                      дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» підбірка задач за темою 2 <a href="https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
3	<p>Синтез структурних різновидів електричних машин за заданою генетичною інформацією (генетичним кодом).                      дидактичне забезпечення – комплект задач;                      літературні джерела [1, 3, 6];                      дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» підбірка задач за темою 3 <a href="https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
4	<p>Визначення області існування гомологічних рядів, геометричних і функціональних класів електричних машин.                      дидактичне забезпечення – підбірка функціональних класів ЕМ з описом суттєвих ознак їх представників;                      літературні джерела [1, 3, 6];                      дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» підбірка задач за темою 4 <a href="https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
5	<p>Побудова і аналіз моделей мікроеволюції.                      дидактичне забезпечення – узагальнені дані патентного пошуку за заданим видом ЕМ;                      літературні джерела [1, 3, 6];                      дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» підбірка задач за темою 5 <a href="https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
6	<p>Розв'язання задач синтезу ЕМ-структур з використанням топологічних перетворень вихідної ЕМ-структури.                      дидактичне забезпечення – підбірка структур-прототипів;                      літературні джерела [1, 3, 6];                      дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» підбірка задач за темою 6 <a href="https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
7	<p>Розв'язання задач синтезу гомологічних рядів ЕМ за заданою структурою- прототипом.                      дидактичне забезпечення – підбірка структур-прототипів;                      літературні джерела [1, 3, 6];                      дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» підбірка задач за темою 7 <a href="https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>
8	<p>Синтез генетичної структури ЕМ-об'єктів з використанням генетичних операторів синтезу.                      дидактичне забезпечення – комплект задач;                      літературні джерела [1, 3, 6];                      дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» підбірка задач за темою 8 <a href="https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipokpi.ua/course/view.php?id=635</a></p>



9	<p><i>Розв'язання інноваційних задач з використанням генетичних та еволюційних моделей. Принципи створення генетичних банків інновацій. дидактичне забезпечення – комплект задач інноваційного характеру; літературні джерела [1, 3, 6]; дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» підбірка задач за темою 9 <a href="https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=635">https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=635</a></i></p>
---	---

## 6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	11
3	<i>Розв'язок задач</i>	12
4	<i>Реферат</i>	14
5	<i>Підготовка до МКР</i>	8
6	<i>Підготовка до екзамену</i>	36

## 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. Виконання ДКР з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;*
- *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 захисту індивідуальних завдань: захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально у встановлений викладачем термін;*
- *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 з дисципліни «Електричні машини», участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання РГР.*
- *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 «Моделювання електромеханічних систем»;*
- *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, МКР, розв'язання задач

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

**Семестровий контроль:** екзамен

**Умови допуску до семестрового контролю:** мінімально позитивна оцінка за реферат, 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 лекціях;
- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання індивідуальної роботи (РГР);
- виконання двох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Розв'язання задач	ДКР	МКР	Rc	Рекз	R
18	18	14	10	60	40	100

### **Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях**

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

1бал \* 18 = 18 бали.

#### **Критерії оцінювання**

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1;

#### **Розв'язання задач на практичних заняттях**

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях –

2 бали \* 9 = 18 балів.

#### **Критерії оцінювання**

- самостійне розв'язання задачі, вільне володіння темою заняття – 2;
- розв'язання задачі за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 1;

#### **Індивідуальне семестрове завдання (реферат)**

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент готує реферат.

Максимальна кількість балів за виконання реферату – 14.

#### **Критерії оцінювання**

- повне, точне і вчасне виконання – 14 балів;
- є окремі несуттєві помилки – 10...12 балів;
- є окремі суттєві помилки – 5...9 балів;
- не розкрито зміст вибраної теми – 0..5 балів;
- на виконання реферату відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання

### **Модульна контрольна робота**

Програмою передбачено проведення 1 модульної контрольної роботи, яка виконується у вигляді двох семестрових контрольних робіт, результати яких враховуються в поточній семестровій атестації студентів. Мета контрольних заходів полягає у визначенні рівня засвоєння теоретичного матеріалу за відповідними тематичними розділами робочого навчального плану. Теми контрольних робіт спрямовані на розвиток умінь:

- розпізнавання генетичної інформації та ідентифікації генетичного коду за заданим об'єктом-прототипом;
- визначення області існування і спрямований синтез електромеханічних структур за заданою цільовою функцією з використанням системної моделі (варіанти завдань наведені в розділі Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)).

У разі необхідності модульна контрольна робота може бути проведена у вигляді розв'язання індивідуальних завдань, розміщених у дистанційному курсі з дисципліни на платформі дистанційної освіти Сікорський.

Ваговий бал кожної частини МКР – 5.

Максимальний бал за МКР – 2 \*5=10.

#### **Критерії оцінювання**

- правильне розв'язання 2 задач – 5 балів;
- часткове розв'язання задач, наявність незначних помилок – 3-4 балів;
- правильне розв'язання 1 задачі – 2 балів;
- відсутність відповіді – 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 – екзамен**

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань

##### **Критерії оцінювання екзамену**

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

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

Максимальний рейтинг екзамену  $R_z = 40$  балів.

Рейтинг екзамену  $R_z = 33 - 40$  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 екзамену  $R_z = 25 - 32$  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 екзамену  $R_z = 16 - 24$  балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену  $R_z \leq 15$  балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння 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 запитань для модульної контрольної роботи**

#### **Варіант 1:**

За заданою вихідною інформацією (патентними даними конструктивних варіантів асинхронних двигунів (АД) та описом структури-прототипу SK):

1. Визначити область існування GK базових видів АД з кільцевими обмотками статора.

2. Побудувати еволюційну траєкторію процесу макроеволюції для структур заданої родини АД. Визначити час еволюції ТЕ родини АД.

3. Визначити область існування GKH потенційно нових базових видів АД, що належать до заданої родини АД та побудувати їх еволюційну траєкторію.

4. За заданим прототипом SK синтезувати та візуалізувати одну з споріднених базових структур SKH (задається індивідуально), яка відноситься до області GKH .

5. На геометричній моделі синтезованої структури SKH вказати:

- генетичний код первинного джерела поля;
- повітряний зазор;
- місцезнаходження та орієнтацію активних сторін обмотки статора;
- контур замикання основного магнітного потоку;
- довжину полюсного поділу;
- напрямок руху рухомої частини.

6. Визначити коефіцієнти ефективності пошукових процедур КТ та КS .

Вихідні дані для побудови еволюційної траєкторії:

1922 – ЦЛ 0.0 у ; 1938 – ЦЛ 2.0 х; 1959 – ПЛ 2.0 х; 1989 – ТП 0.0 у.

Варіант 2:

За заданою вихідною інформацією (патентними даними конструктивних варіантів асинхронних двигунів (АД) та описом структури-прототипу SD):

1. Визначити область існування GD базових видів АД оберального руху з двостороннім статором і немагнітною рухомою частиною.

2. Побудувати еволюційну траєкторію процесу макроеволюції для структур заданої родини АД. Визначити час еволюції ТЕ родини АД.

3. Визначити область існування GDH потенційно нових базових видів АД, що належать до заданої родини АД та побудувати їх еволюційну траєкторію.

4. За заданим прототипом SD синтезувати та візуалізувати одну з споріднених базових структур SDH (задається індивідуально), яка відноситься до області GDH .

5. На геометричній моделі синтезованої структури SDH вказати:

- генетичний код первинного джерела поля;
- повітряний зазор;
- місцезнаходження та орієнтацію активних сторін обмотки статора;
- контур замикання основного магнітного потоку;
- довжину полюсного поділу;
- напрямок руху рухомої частини.

6. Визначити коефіцієнти ефективності пошукових процедур КТ та КS .

Вихідні дані для побудови еволюційної траєкторії:

1888 – ЦЛ 0.2 у ; 1934 – ТП 0.2 у; 1973 – ЦЛ 2.2 у; 1992 – СФ 0.2 у.

Варіант 3:

За заданою вихідною інформацією (патентними даними конструктивних варіантів асинхронних двигунів (АД) та описом структури-прототипу SD):

1. Визначити область існування GD базових видів АД з дуговим статором.

2. Побудувати еволюційну траєкторію процесу макроеволюції для структур заданої родини АД. Визначити час еволюції ТЕ родини АД.

3. Визначити область існування GDH потенційно нових базових видів АД, що належать до заданої родини АД та побудувати їх еволюційну траєкторію.

4. За заданим прототипом SD синтезувати та візуалізувати одну з споріднених базових структур SDH (задається індивідуально), яка відноситься до області GDH .

5. На геометричній моделі синтезованої структури SDH вказати:

- генетичний код первинного джерела поля;
- повітряний зазор;
- місцезнаходження та орієнтацію активних сторін обмотки статора;
- контур замикання основного магнітного потоку;

- довжину полюсного поділу;
- напрямок руху рухомої частини.

6. Визначити коефіцієнти ефективності пошукових процедур КТ та КС.

Вихідні дані для побудови еволюційної траєкторії:

1922 – ЦЛ 2.2 у; 1938 – ЦЛ 2.0 х; 1973 – КН 0.2 у; 1992 – СФ 2.2.

#### **Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль**

1. Порівняльний аналіз двох класів задач при дослідженні і створенні електромеханічних систем (ЕМС).
2. Поняття моделі і визначення процесу моделювання.
3. Принципи моделювання.
4. Чотири типи моделюючих співвідношень в задачах моделювання.
5. Проблема універсальності і точності моделі. Проблема вибору моделі.
6. Основні задачі і моделі класичної електромеханіки.
7. Область коректного застосування моделі узагальненої ЕМ в структурі генетичної класифікації.
8. Фізичне моделювання ЕМС.
9. Генетична модель структурної будови і розвитку ЕМС.
10. Генетична класифікація первинних джерел електромагнітного поля – системна модель структурної організації і розвитку ЕМС.
11. Періодична структура системної моделі.
12. Прогностична функція системної моделі. Правило «зірковості».
13. Принцип топологічної інваріантності первинних джерел електромагнітного поля і його прояви в структурній еволюції ЕМ-систем.
14. Принцип парності первинних джерел електромагнітного поля і його прояви в структурній еволюції ЕМ-систем.
15. Принцип кодування генетичної інформації ЕМ-об'єктів. Структура універсального генетичного коду первинного джерела поля.
16. Зв'язок структури генетичного коду з кінцевими електромагнітними ефектами.
17. Функції генетичного коду.
18. Методика ідентифікації генетичного коду за заданим ЕМ-об'єктом.
19. Правило супідрядності в структурі системної моделі.
20. Принцип збереження генетичної інформації електромеханічного об'єкта.
21. Методика ідентифікації генетичного коду за заданим ЕМ-об'єктом.
22. Моделі мікроеволюції ЕМС (побудова, задачі моделювання).
23. Моделі макроеволюції ЕМС (побудова, задачі моделювання)..
24. Природа прогностичної функції генетичних і еволюційних моделей ЕМС.
25. Закон гомологічних рядів (ЗГР) ЕМ-систем. Поняття «ідеального» і «реального» гомологічного ряду.
26. Методи інноваційного синтезу ЕМ-структур з використанням ЗГР.
27. Прогностична функція закону гомологічних рядів та її практичне використання.
28. Поняття і визначення Виду ЕМС. Класифікація Видів ЕМ.
29. Генетичні моделі видоутворення (синтез, структура, задачі моделювання).
30. Прогностична функція моделей видоутворення та її практичне використання.
31. Генетичний оператор схрещування і його структурні еквіваленти.
32. Генетичний оператор реплікації і його структурні еквіваленти.
33. Генетичний оператор інверсії і його структурні еквіваленти.
34. Генетичний оператор кросинговеру і його структурні еквіваленти.
35. Генетичний оператор мутації і його структурні еквіваленти.
36. Поняття області існування (генетичної макропрограми). Алгоритм визначення області існування довільних функціональних класів ЕМ-систем.
37. Методи ідентифікації генетичних операторів синтезу.

38. Використання генетичних та еволюційних моделей в задачах інноваційного проектування.
39. Технологія генетичного передбачення та її складові.
40. Генетичні банки інновацій функціональних класів ЕМ-систем та їх практичне значення.

**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 професором кафедри електромеханіки ФЕА, д.т.н., проф. Шинкаренко В. Ф., доцентом кафедри електромеханіки ФЕА, к.т.н., доц. Шиманською А.А.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)