



ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕЛІНІЙНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія¹</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова дисципліна</i>
Форма навчання	<i>очна (денна), дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити (120 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>18 год. – лекцій, 9 год. – практичних</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., доцент, <i>Сліденко В.М.</i> , тел. 098-478-29-45, email: <i>viktorslidenko@gmail.com</i> ² Практичні / Семінарські: д.т.н., доцент, <i>Сліденко В.М.</i> , тел. 098-478-29-45, email: <i>viktorslidenko@gmail.com</i> ³
Розміщення курсу	<i>https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=2522</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Останнім часом значний розвиток отримав актуальний науковий напрям – теорія нелінійних динамічних систем. Теорія нелінійних динамічних систем одночасно є і основним математичним інструментом нелінійної динаміки, і її самостійним розділом. Нелінійна динаміка – міждисциплінарна область сучасної науки, яка досліджує нелінійні процеси та явища, що відбуваються в навколишньому світі.

Прийнято нелінійною називати теорію, в якій використовують нелінійні математичні моделі.

¹В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану. Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

²Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

³Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

Мета навчальної дисципліни полягає в формуванні у студентів теоретичних знань та практичних навичок з використання сучасних методів ідентифікації складних динамічних систем, які опосередковані через комплексне використання розділів математики, механіки, інформатики та теорії моделювання у їх взаємозв'язку. Такий підхід використовується при проведенні наукових досліджень та у виробничій діяльності.

Предметом навчальної дисципліни є динамічні процеси функціонування нелінійних динамічних систем при вирішенні наукових та виробничих задач електромеханічних систем.

Результатом вивчення навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей: формувати розрахункові схеми та дискретні і континуальні моделі динамічних процесів у сфері електромеханіки та мехатроніки; проводити дослідження руху елементів нелінійних дискретних моделей методом фазових координат; розробляти та застосовувати алгоритми ідентифікації на основі методів Рунге-Кутта та Ейлера для вирішення задач дослідження дискретних моделей нелінійних динамічних процесів; розробляти та застосовувати алгоритми ідентифікації континуальних моделей на основі методу скінченних різниць; використовувати сучасні методи програмування в системах MathCAD та AutoCAD (мовою AutoLISP) розв'язків задач ідентифікації нелінійних динамічних систем.

В результаті вивчення дисципліни «Ідентифікація нелінійних динамічних систем» студенти отримують такі компетентності:

загальні:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу(ЗК01);
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК02),

фахові:

- здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання в електричній інженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з електричної інженерії та суміжних галузей(СК01),
- здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності (СК04),
- здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі електричної інженерії, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень(СК05),

та програмні результати навчання:

- мати передові концептуальні та методологічні знання з електричної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій (РН01);
- розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у електричній інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямках (РН03);
- планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з електричної інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми(РН04);
- глибоко розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосовувати їх у власних дослідженнях у галузі електричної інженерії та у викладацькій практиці (РН05),
- уміти організовувати спільну роботу з фахівцями з різних галузей в рамках наукових проектів з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки (РН06).

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

Навчальна дисципліна “Ідентифікація нелінійних динамічних систем” відноситься до вибіркових дисциплін наукової підготовки, яка використовує знання та уміння фундаментальних дисциплін: “Фундаментальні основи теорії електромагнітного поля та процесів” та “Моніторинг, керування та захист електроенергетичних систем та електротехнічних комплексів”, тощо

Дисципліна закладає основи для поглиблення знань для проведення наукових досліджень в межах виконання завдань, що стоять перед дослідницьким університетом: моделювання задач електромеханіки, проведення дослідно-конструкторських робіт при виконанні розрахунково-графічних робіт, та при підготовці дисертації доктора філософії з застосуванням математичного моделювання, CAD - технологій, інформаційних систем та баз даних, програмного забезпечення, мультимедійних систем та Інтернет-технологій, методологій проектування та САПР.

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна “Ідентифікація нелінійних динамічних систем” складається з 3 розділів:

Розділ 1. Аналітичні методи ідентифікації нелінійних динамічних систем

Тема 1.1. Синтез математичних моделей динамічних електромеханічних систем.

Тема 1.2. Ідентифікація імпульсно-хвильових процесів функціонування електромеханічних систем.

Розділ 2. Числові методи ідентифікації нелінійних динамічних систем

Тема 2.1. Числові методи Рунге-Кутта та Ейлера для ідентифікації дискретних моделей імпульсної взаємодії елементів мехатронної системи.

Тема 2.2. Метод скінченних різниць для ідентифікації континуальних динамічних систем.

Розділ 3. Ідентифікація елементів нелінійних динамічних систем з програмуванням мовою AutoLISP в середовищі AutoCAD.

Тема 3.1. Параметризація елементів динамічних систем з програмуванням мовою ALISP.

Тема 3.2. Синтез технічних об'єктів нелінійних динамічних систем в САПР.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Сліденко В.М. Математичне моделювання ударно-хвильових процесів гідроімпульсних систем гірничих машин: монографія / В.М. Сліденко, О. М. Сліденко – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во “Політехніка”, 2018. – 220 с.

2. Сліденко В.М. Адаптивне функціонування імпульсних виконавчих органів гірничих машин / В.М. Сліденко, С.П. Шевчук, О.В. Замараєва, Л.К. Лістовщик. -К.: НТУУ "КПІ", 2013 - 179 с.

3. Єрошенко В.А. Потужна дисипація енергії коливань гірничих машин гетерогенними ліофобними системами/, В.А. Єрошенко, В.М. Сліденко, С.П. Шевчук, В.П. Студенець. - К.: НТУУ "КПІ", 2016 -180 с.

4. Дубовой, В. М. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування : навчальний посібник / В. М. Дубовой. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 308 с.

5. Лозинський А.О. Розв'язання задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB / А.О. Лозинський , В.І. Мороз , Я.С. Паранчук: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 166 с.

Допоміжна література:

6. Scientific development and achievements/[Slidenko V.M., Slidenko O.M., Chimshir V.I. et al.]. – London: Sciemsee Publishing. 2018. 404 p.
7. Сліденко В.М. Стабілізація функціонування гірничої машини з імпульсним виконавчим органом/ В.М. Сліденко, С.П. Шевчук -К.:НТУУ "КПІ". 2010. -192 с.
8. Інформаційні технології: Системи комп'ютерної математики [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / І. В. Кравченко, В. І. Микитенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського . – Електронні текстові дані (1 файл: 5,57 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 243с.
9. Бадаєв Ю.І. Теорія функціонального програмування. Мови CommonLISP та AutoLISP. Навчальний посібник.-К.:ІСДО,КПІ.-1999.-150с.

Інформаційні ресурси

10. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/7577>
11. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/7576>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Тиж- день	Зміст навчальної роботи
1-2	Лекція 1. Вступ. Мета і задачі дисципліни “Ідентифікація нелінійних динамічних систем” Основні математичні моделі динамічних систем. Зведення до еквівалентних основних параметрів динамічної системи. Практичне заняття 1. Формування дискретних математичних моделей динамічних систем
3-4	Лекція 2. Дисипація енергії в електромеханічній системі. Визначення еквівалентного коефіцієнта дисипації. Формування дискретних математичних моделей елементів динамічних систем. Дослідження нелінійних коливань одномасової моделі за умов досягнення резонансу.
5-6	Лекція 3. Вимушені коливання. Нелінійні диференціальні рівняння вимушених коливань та методи їх розв'язків. Параметричні і нелінійні дискретні моделі та їх ідентифікація Практичне заняття 2. Ідентифікація математичних моделей та розв'язання нелінійних рівнянь за допомогою системи MathCAD.
7-8	Лекція 4. Структура простору станів. Дослідження руху для нелінійних дискретних моделей методом фазових координат.
9-10	Лекція 5. Числові методи. Застосування адаптивного методу Рунге – Кутта та модифікованого методу Ейлера . Практичне заняття 3. Розв'язання диференціальних рівнянь методами Рунге – Кутта та модифікованим методом Ейлера за допомогою системи MathCAD.
11-12	Лекція 6. Метод скінченних різниць. Явна, неявна та змішана схеми. Практичне заняття 4. Ідентифікація континуальних моделей методом скінченних різниць Модульна контрольна робота.

13-14	Лекція 7. Застосування методу скінченних різниць для ідентифікації нелінійних мехатронних систем.
15-16	Лекція 8. Мови програмування за проблемою "Штучний інтелект". Параметризація елементів динамічних систем з програмуванням мовою AutoLISP в середовищі AutoCAD. Практичне заняття 5. Програмування мовою AutoLISP в системі AutoCAD елемента конструкції мехатронної системи.
17-18	Лекція 9. Сучасні пакети в системах моделювання та ідентифікації нелінійних динамічних систем.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	<u>Тема 1.1.</u> Синтез математичних моделей динамічних електромеханічних систем. Література: [1; 4-7; 10-16]	10
2	<u>Тема 1.2.</u> Ідентифікація імпульсно-хвильових процесів функціонування електромеханічних систем.. Література: [1-3; 5-7; 10-16]	8
3	<u>Тема 2.1.</u> Числові методи Рунге-Кутта та Ейлера для ідентифікації дискретних моделей імпульсної взаємодії елементів мехатронної системи. Література: [1; 4-6; 8; 10-16]	10
4	<u>Тема 2.2.</u> Метод скінченних різниць для ідентифікації континуальних динамічних систем.. Література: [1-3; 5-8]	10
5	<u>Тема 3.1.</u> Параметризація елементів динамічних систем з програмуванням мовою ALISP. Література: [2;4;9;11-16]	8
6	<u>Тема 3.2.</u> Синтез технічних об'єктів нелінійних динамічних систем в САПР.. Література: [1-16]	7
7	Розрахунково – графічна робота	8
8	Підготовка до МКР	2
9	Підготовка до іспиту	30

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчальної дисципліни “Ідентифікація нелінійних динамічних систем” заснована на політиці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

КПІ ім. Ігоря Сікорського є вільним і автономним центром освіти, що покликаний давати адекватні відповіді на виклики сучасності, плекати й оберігати духовну свободу людини, що робить її спроможною діяти згідно з власним сумлінням; її громадянську свободу, яка є основою формування суспільно відповідальної особистості, та академічну свободу і доброчесність, що є головними рушійними чинниками наукового поступу. Внутрішня атмосфера Університету будується на засадах відкритості, прозорості, гостинності, повазі до особистості.

Вивчення навчальної дисципліни “Ідентифікація нелінійних динамічних систем” потребує: підготовки до практичних занять; виконання індивідуального завдання згідно з навчальним планом; опрацювання рекомендованої основної та додаткової літератури.

Підготовка та участь у практичних заняттях передбачає: ознайомлення з програмою навчальної дисципліни та планами практичних занять; вивчення теоретичного матеріалу; виконання завдань, запропонованих для самостійного опрацювання.

Результатом підготовки до заняття має бути здобуття вмінь та навичок опрацювання з системами ідентифікації нелінійних динамічних систем. Відповідь здобувача повинна

демонструвати ознаки самостійності виконання поставлених завдань, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Присутність здобувачів вищої освіти на практичних заняттях є обов'язковою. Пропущені з поважних причин заняття мають бути відпрацьовані.

Здобувач вищої освіти повинен дотримувати навчально-академічної етики та графіка навчального процесу; бути зваженим, уважним.

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

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- роботу на практичних заняттях (5 занять);
- виконання розрахунково-графічної роботи;
- написання модульної контрольної роботи.

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Виконання практичних робіт:

- бездоганна робота – 6 балів;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 4-3 балів.

2.2. Виконання розрахунково-графічної роботи:

- творча робота – 20-19 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками – 18-16 балів;
- роботу виконано з певними помилками – 15 балів;
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.

2.3. Виконання модульної контрольної роботи:

- бездоганна робота – 10 балів;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 8-6 балів.

За кожний тиждень запізнення з поданням розрахункової роботи на перевірку нараховується штрафний –1 бал (усього не менше –5 балів).

3. Умовою першої атестації є отримання не менше 10 балів та виконання всіх практичних робіт (на час атестації). Умовою другої атестації – отримання не менше 27 балів, виконання всіх практичних робіт (на час атестації) та зарахування розрахункової роботи.

4. Умовою допуску до іспиту є зарахування всіх практичних робіт, розрахункової роботи, модульно – контрольної роботи та стартовий рейтинг не менше 36 балів.

5. На іспиті студенти виконують екзаменаційне завдання, яке складається з теоретичної та практичної частини. Перелік теоретичних запитань наведено нижче. Критерії оцінки іспиту наступні:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 40-35 балів;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 34-30 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 65% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 29-25 балів;

- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 24 - 20 балів;
- «достатньо», неповна відповідь, менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 19 - 15 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

6. Сума стартових балів та балів за тестове завдання на заліку переводиться до кінцевої оцінки згідно з таблицею:

Метод оцінювання	Кількість	Мінімальна оцінка в балах	Максимальна оцінка в балах
<i>Практичні роботи</i>	5	15	30
<i>Модульна контрольна робота</i>	1	6	10
<i>Розрахункова робота</i>	1	15	20
<i>Стартовий рейтинг</i>	1	36	60
<i>Екзамен</i>	1	24	40
<i>Підсумковий рейтинг</i>	екзамен	60	100

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)

Вивчення дисципліни “Ідентифікація нелінійних динамічних систем” передбачає виконання студентами розрахунково-графічної роботи.

ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ

Формування рівняння руху елемента нелінійної системи в формі диференціального рівняння другого порядку зі спеціальною правою частиною при ненульових початкових умовах та його розв’язок числовими методом Рунге-Кутта та методом скінченних різниць.

Порядок виконання завдання:

1. Розробити два варіанти моделей руху елемента нелінійної динамічної системи на основі методу Д’Аламбера: дискретну та континуальну моделі.
2. Визначити початкові та крайові умови функціонування моделей.
3. Скласти структурну схему алгоритму розв’язання диференціального рівняння ідентифікації дискретної моделі з використанням числових методів.
4. Скласти програму комп’ютерного моделювання та отримати графічні результати розв’язання заданого диференціального рівняння.
5. Скласти структурну схему алгоритму розв’язання початково-крайової задачі з гіперболічним рівнянням руху континуальної моделі з використанням числового явного методу скінченних різниць.

6. Скласти програму комп'ютерного моделювання та отримати графічні результати розв'язання заданого гіперболічного рівняння.

7. Скласти дві програми комп'ютерного моделювання в системі MathCAD та отримати графічні результати розв'язання заданих диференціальних рівнянь.

Питання на екзамену з навчальної дисципліни “Ідентифікація нелінійних динамічних систем”.

1. Назвати основні задачі дисципліни “Ідентифікація нелінійних динамічних систем”.
2. Навести основні характеристики та типи математичних моделей динамічних систем.
3. В чому полягають принципи зведення до еквівалентних мас, моментів інерції, сил, моментів сил та жорсткостей елементів динамічної системи?
4. Пояснити суть принципу Д'Аламбера для ідентифікації саме нелінійної динамічної системи.
5. Який фізичний смисл явища дисипації енергії в динамічній системі, та в чому полягає її вплив на формування нелінійності системи?
6. Як визначається еквівалентний коефіцієнт дисипації та як оцінюється його вплив на процес затухання коливань?
7. Які принципи лежать в основі формування дискретних математичних моделей елементів динамічних систем?
8. В чому полягає метод дослідження нелінійних коливань одномасової моделі за умов досягнення резонансу?
9. Для інтегрування яких рівнянь застосовується структура простору станів?
10. Обґрунтуйте доцільність дослідження руху елементів динамічної системи методом фазових координат.
11. Що являють собою континуальні моделі та які числові методи застосовують для їх інтегрування?
12. Обґрунтуйте структуру та особливості алгоритму адаптивного методу Рунге – Кутта.
13. Обґрунтуйте структуру та особливості алгоритму модифікованого методу Ейлера.
14. В чому полягають переваги методу скінченних різниць для інтегрування нелінійних диференціальних рівнянь гіперболічного типу?
15. Поясніть в чому полягають переваги та недоліки явної, неявної та змішаної різницевої схем.
16. За яких умов доцільне застосування методу скінченних різниць для ідентифікації нелінійних мехатронних систем?
17. Які мови програмування динамічних систем актуальні за проблемою "Штучний інтелект"?
18. В чому полягає параметризація елементів динамічних систем для відображення в оболонці AutoCAD.
19. Яка структура програми мовою AutoLISP в середовищі AutoCAD?
20. Як реалізується зв'язок функцій AutoLISP з командами AutoCAD і навпаки?
21. Які сучасні програмні пакети актуальні при дослідженні нелінійних динамічних систем?

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професором кафедри електромеханічного обладнання енергоємних виробництв, д.т.н., Сліденком В.М.

Ухвалено: кафедрою ЕМОЕВ (протокол № 26 від 11.06.20 р.)

Погоджено: Методичною комісією факультету⁴ (протокол №8 від 23.06.20 р.)

⁴Методичною радою університету– для загально університетських дисциплін.