

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Загальна інформація про навчальну дисципліну

Повна назва навчальної дисципліни	Комп'ютерне моделювання в електроніці
Повна офіційна назва закладу вищої освіти	Сумський державний університет
Повна назва структурного підрозділу	Факультет електроніки та інформаційних технологій. Кафедра електроніки та комп'ютерної техніки
Розробник(и)	Протасова Тетяна Олександрівна
Рівень вищої освіти	Перший рівень вищої освіти, НРК – 6 рівень, QF-LLL – 6 рівень, FQ-EHEA – перший цикл
Семестр вивчення навчальної дисципліни	16 тижнів протягом 4-го семестру
Обсяг навчальної дисципліни	Обсяг дисципліни становить 5 кред. ЄКТС, 150 год., з яких 64 год. становить контактна робота з викладачем (24 год. лекцій, 40 год. лабораторних занять), 86 годин становить самостійна робота
Мова викладання	Українська

2. Місце навчальної дисципліни в освітній програмі

Статус дисципліни	Обов'язкова навчальна дисципліна для всіх освітніх програм спеціальності 171 "Електроніка"
Передумови для вивчення дисципліни	Необхідні базові знання з математичного аналізу, теорії електричних кіл та базові навички володіння комп'ютером
Додаткові умови	Додаткові умови відсутні
Обмеження	Обмеження відсутні

3. Мета навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни є ознайомлення студентів з сучасними методами аналізу та розрахунку електронних схем з використанням комп'ютерних інформаційних технологій, з методами розробки математичних моделей електронних компонентів та пристроїв, з визначенням параметрів цих моделей та розрахунками характеристик моделей на ЕОМ.

4. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1 Застосування метода моделювання до аналізу електронних схем.

Основні етапи та процедури моделювання. Види моделей. Макро- та мікромоделювання. Моделі та макромоделі електронних компонентів. Моделі біполярного та польового транзисторів, електровакуумного тріода, інтегрального операційного підсилювача, індуктивно зв'язних котушок, трансформатору.

Тема 2 Програмні пакети для моделювання електронних схем.

Ознайомлення з сучасними програмними пакетами загального (MATLAB, MATCAD) та спеціального (EWB, Proteus, Multisim, Micro-CAP, Spice) призначення для аналізу, розрахунку та моделювання електронних схем.

Тема 3 Аналіз електронних схем у часовому просторі.

Алгоритм визначення часових характеристик. Застосування звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР) для аналізу, розрахунку та моделювання перехідних процесів в електронних пристроях. Формування передаточної функції електронного кола. Диференціальні рівняння електронних кіл. Рішення для вільної та вимушеної складових. Зв'язок коренів допоміжного рівняння з характером перехідного процесу. Алгоритм розв'язання процесу та виведення графіка на екран ЕОМ. Рішення диференціальних рівнянь n -го порядку з постійними коефіцієнтами.

Тема 4 Моделі електронних пристроїв в частотній області.

Амплітудно-частотна та фазочастотна характеристики лінійних неперервних пристроїв електроніки. Порядок формування амплітудно-частотних та фазочастотних характеристик лінійних неперервних пристроїв електроніки.

Тема 5 Чисельні методи побудови перехідних процесів в електронних пристроях.

Чисельне інтегрування диференціальних рівнянь. Метод прямокутників. Метод Ейлера. Метод трапецій. Метод Рунге-Кута. Формули Рунге-Кута другого та четвертого порядку. Точність методу. Порядок підготовки вихідних даних при формуванні моделі перехідного процесу на основі методу Рунге-Кута.

Тема 6 Метод простору станів. Частина 1.

Змінні станів систем та вузлів та задачі, що вирішуються з їх допомогою. Основні рівняння змінних станів динамічних систем. Класифікація систем. Структурна схема алгоритму чисельного інтегрування ЗДР. Формування матриці Фробеніуса. Аналіз системи за фазовим портретом.

Тема 7 Метод простору станів. Частина 2.

Матриця простору станів. Особливості застосування матриці простору станів при наявності у вхідній дії не тільки змінних, а також і їх похідних.

Тема 8 Матричний метод вузлових потенціалів при використанні оператора диференціювання.

Матричний метод вузлових потенціалів. Характеристики методу. Області застосування. Переваги та недоліки. Застосування компонентних рівнянь для видалення незручних складових в елементах матриць.

<p>Тема 9 Матричний метод контурних струмів при використанні оператора диференціювання.</p> <p>Матричний метод контурних струмів. Характеристики методу. Области застосування. Переваги та недоліки методу. Застосування компонентних рівнянь для видалення незручних складових в елементах матриць.</p>
<p>Тема 10 Основні характеристики динамічних систем.</p> <p>Спостережуваність, керованість, стійкість. Аналіз стійкості системи на основі обчислення коренів характеристичного рівняння. Критерії стійкості. Класифікація критеріїв стійкості. Алгебраїчні критерії. Критерій Гурвіца. Частотні критерії стійкості. Критерій Михайлова. Переваги та недоліки алгебраїчних та частотних критеріїв. Оцінка якості системи при гармонійних сигналах.</p>
<p>Тема 11 Використання оптимізації при моделюванні пристроїв та процесів. Частина 1.</p> <p>Введення в теорію оптимізації. Загальна постановка задач оптимізації, що використовується при дослідженні електронних пристроїв. Класифікація методів оптимізації, що застосовуються при аналізі, розрахунках та моделюванні електронних систем та вузлів.</p>
<p>Тема 12 Використання оптимізації при моделюванні пристроїв та процесів. Частина 2.</p> <p>Класичний метод пошуку оптимального рішення. Градієнтні методи оптимізації. Динамічне програмування. Пошукові методи оптимізації</p>

5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

РН1	Знати: аналітичні методи аналізу та розрахунку електронних схем; основні типи моделей; матричні методи обчислення моделей на ЕОМ.
РН2	Вміти: аналізувати електричні схеми та процеси, що протікають у них; застосовувати математичний апарат при складанні моделей та макромоделей схем та процесів; розраховувати електричні схеми та процеси за допомогою складених моделей; проводити розрахунок моделей на ЕОМ, корегувати їх та формулювати рекомендації щодо їх практичного застосування.
РН3	Опанувати навички комп'ютерного проектування (розрахунку та моделювання) електронних схем.

6. Роль навчальної дисципліни у досягненні програмних результатів

Програмні результати навчання, досягнення яких забезпечує навчальна дисципліна.

Для спеціальності 171 Електроніка:

ПР6	Застосовувати експериментальні навички (знання експериментальних методів та порядку проведення експериментів) для перевірки гіпотез та дослідження явищ електроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, планувати, складати схеми; аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.
ПР8	Визначати та ідентифікувати математичні моделі технологічних об'єктів при розробці у комп'ютерному середовищі нових складних електронних систем та виборі оптимального рішення.

ПР18	Застосовувати методи математичного моделювання і оптимізації електронних систем для розробки автоматизованих та роботизованих виробничих комплексів.
------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7. Види навчальних занять та навчальної діяльності

7.1 Види навчальних занять

Тема 1. Застосування метода моделювання до аналізу електронних схем.	
Лк1 "Застосування метода моделювання до аналізу електронних схем."	Основні етапи та процедури моделювання. Види моделей. Макро- та мікромоделювання. Моделі та макромоделі електронних компонентів. Моделі біполярного та польового транзисторів, електровакуумного тріода, інтегрального операційного підсилювача, індуктивно зв'язних котушок, трансформатору.
Лб1 "Застосування метода моделювання до аналізу електронних схем."	Моделювання пасивних елементів.
Лб2 "Застосування метода моделювання до аналізу електронних схем."	Моделювання діодів та стабілітронів.
Лб3 "Застосування метода моделювання до аналізу електронних схем."	Моделі транзисторів для малого сигналу.
Лб4 "Застосування метода моделювання до аналізу електронних схем."	Моделі транзисторів для великого сигналу.
Лб5 "Застосування метода моделювання до аналізу електронних схем."	Моделі операційних підсилювачів.
Лб6 "Застосування метода моделювання до аналізу електронних схем."	Аналіз полосового фільтру.
Лб7 "Застосування метода моделювання до аналізу електронних схем."	Моделі керованих ключів.
Лб8 "Застосування метода моделювання до аналізу електронних схем."	Моделювання тиристорів, IGBT – транзисторів.
Тема 2. Програмні пакети для моделювання електронних схем.	
Лк2 "Програмні пакети для моделювання електронних схем."	Ознайомлення з сучасними програмними пакетами загального (MATLAB, MATCAD) та спеціального (EWB, Proteus, Multisim, Micro-CAP, Spice) призначення для аналізу, розрахунку та моделювання електронних схем.

<p>Лб9 "Програмні пакети для моделювання електронних схем." Дослідження перехідних процесів в електронних колах, використовуючи програмні комплекси Electronics WorkBench та Multisim.</p>
<p>Лб10 "Програмні пакети для моделювання електронних схем." Моделювання простих логічних схем.</p>
<p>Тема 3. Аналіз електронних схем у часовому просторі.</p>
<p>Лк3 "Аналіз електронних схем у часовому просторі." Алгоритм визначення часових характеристик. Застосування звичайних диференційних рівнянь (ЗДР) для аналізу, розрахунку та моделювання перехідних процесів в електронних пристроях. Формування передаточної функції електронного кола. Диференційні рівняння електронних кіл. Рішення для вільної та вимушеної складових. Зв'язок коренів допоміжного рівняння з характером перехідного процесу. Алгоритм розв'язання процесу та виведення графіка на екран ЕОМ. Рішення диференційних рівнянь n-го порядку с постійними коефіцієнтами.</p>
<p>Лб11 "Аналіз електронних схем у часовому просторі." Математичні моделі перехідних процесів в пристроях електроніки на основі розв'язання звичайних диференційних рівнянь.</p>
<p>Лб12 "Аналіз електронних схем у часовому просторі." Побудова та вирішення математичної моделі для пристрою довільної структури на основі застосування звичайних диференційних рівнянь.</p>
<p>Тема 4. Моделі електронних пристроїв в частотній області.</p>
<p>Лк4 "Моделі електронних пристроїв в частотній області." Амплітудно-частотна та фазочастотна характеристики лінійних неперервних пристроїв електроніки. Порядок формування амплітудно-частотних та фазочастотних характеристик лінійних неперервних пристроїв електроніки.</p>
<p>Лб13 "Моделі електронних пристроїв в частотній області." Побудова часових та частотних характеристик електричних кіл в середовищі Electronics WorkBench та Multisim.</p>
<p>Тема 5. Чисельні методи побудови перехідних процесів в електронних пристроях.</p>
<p>Лк5 "Чисельні методи побудови перехідних процесів в електронних пристроях." Чисельне інтегрування диференційних рівнянь. Метод прямокутників. Метод Ейлера. Метод трапецій. Метод Рунге-Кута. Формули Рунге-Кута другого та четвертого порядку. Точність методу. Порядок підготовки вихідних даних при формуванні моделі перехідного процесу на основі методу Рунге-Кута.</p>
<p>Тема 6. Метод простору станів. Частина 1.</p>

<p>Лк6 "Метод простору станів. Частина 1."</p> <p>Змінні станів систем та вузлів та задачі, що вирішуються з їх допомогою. Основні рівняння змінних станів динамічних систем. Класифікація систем. Структурна схема алгоритму чисельного інтегрування ЗДР. Формування матриці Фробеніуса. Аналіз системи за фазовим портретом.</p>
<p>Лб14 "Метод простору станів. Частина 1."</p> <p>Чисельне вирішення диференціальних рівнянь на основі матриці Фробеніуса. Отримання та розрахунок математичної моделі та вирішення її методом простору станів. Побудова матриці Фробеніуса.</p>
<p>Лб15 "Метод простору станів. Частина 1."</p> <p>Дослідження математичної моделі пристрою, умова функціонування якого подана у вигляді передавальної функції.</p>
<p>Тема 7. Метод простору станів. Частина 2.</p>
<p>Лк7 "Метод простору станів. Частина 2."</p> <p>Матриця простору станів. Особливості застосування матриці простору станів при наявності у вхідній дії не тільки змінних, а також і їх похідних.</p>
<p>Лб16 "Метод простору станів. Частина 2."</p> <p>Отримання та розрахунок математичної моделі та вирішення її методом простору станів. Побудова матриці станів. Особливості застосування матриці простору станів при наявності у вхідній дії не тільки змінних, а також і їх похідних. Застосування методу перетворення структурних схем.</p>
<p>Лб17 "Метод простору станів. Частина 2."</p> <p>Застосування методу простору станів для аналізу пристрою довільної структури.</p>
<p>Тема 8. Матричний метод вузлових потенціалів при використанні оператора диференціювання.</p>
<p>Лк8 "Матричний метод вузлових потенціалів при використанні оператора диференціювання."</p> <p>Матричний метод вузлових потенціалів. Характеристики методу. Області застосування. Переваги та недоліки. Застосування компонентних рівнянь для видалення незручних складових в елементах матриць.</p>
<p>Лб18 "Матричний метод вузлових потенціалів при використанні оператора диференціювання."</p> <p>Отримання моделі пристрою, що моделюється на основі матричного методу вузлових потенціалів.</p>
<p>Тема 9. Матричний метод контурних струмів при використанні оператора диференціювання.</p>

<p>Лк9 "Матричний метод контурних струмів при використанні оператора диференціювання."</p> <p>Матричний метод контурних струмів. Характеристики методу. Области застосування. Переваги та недоліки методу. Застосування компонентних рівнянь для видалення незручних складових в елементах матриць.</p>
<p>Лб19 "Матричний метод контурних струмів при використанні оператора диференціювання."</p> <p>Отримання моделі пристрою, що моделюється на основі матричного методу контурних струмів.</p>
<p>Лб20 "Матричний метод контурних струмів при використанні оператора диференціювання."</p> <p>Вибір та обґрунтування побудови математичної моделі для пристрою довільної структури.</p>
<p>Тема 10. Основні характеристики динамічних систем.</p>
<p>Лк10 "Основні характеристики динамічних систем."</p> <p>Спостережуваність, керованість, стійкість. Аналіз стійкості системи на основі обчислення коренів характеристичного рівняння. Критерії стійкості. Класифікація критеріїв стійкості. Алгебраїчні критерії. Критерій Гурвіца. Частотні критерії стійкості. Критерій Михайлова. Переваги та недоліки алгебраїчних та частотних критеріїв. Оцінка якості системи при гармонійних сигналах.</p>
<p>Тема 11. Використання оптимізації при моделюванні пристроїв та процесів. Частина 1.</p>
<p>Лк11 "Використання оптимізації при моделюванні пристроїв та процесів. Частина 1."</p> <p>Введення в теорію оптимізації. Загальна постановка задач оптимізації, що використовується при дослідженні електронних пристроїв. Класифікація методів оптимізації, що застосовуються при аналізі, розрахунках та моделюванні електронних систем та вузлів.</p>
<p>Тема 12. Використання оптимізації при моделюванні пристроїв та процесів. Частина 2.</p>
<p>Лк12 "Використання оптимізації при моделюванні пристроїв та процесів. Частина 2."</p> <p>Класичний метод пошуку оптимального рішення. Градієнтні методи оптимізації. Динамічне програмування. Пошукові методи оптимізації.</p>

7.2 Види навчальної діяльності

НД1	Конспектування, розроблення нотаток до лекцій
НД2	Виконання та презентація результатів лабораторної роботи
НД3	Електронне навчання у системах (перелік конкретизується викладачем, наприклад, Google Classroom, Zoom та у форматі Youtube-каналу)
НД4	Підготовка до поточного та підсумкового контролю

8. Методи викладання, навчання

Дисципліна передбачає навчання через:

МН1	Інтерактивні проблемні лекції
МН2	Пошукові лабораторні роботи

Лекції надають студентам теоретичні знання про математичні та імітаційні моделі та програмні засоби для їх реалізації. На лекціях докладно розглядаються сучасні методи аналізу та розрахунку електронних схем з використанням комп'ютерних інформаційних технологій, методи розробки математичних моделей електронних компонентів та пристроїв, визначення параметрів цих моделей та розрахунки характеристик моделей на ЕОМ. Це є основою для самостійного навчання здобувачів вищої освіти (РН1, РН2). Лекції доповнюються лабораторними роботами, що надають студентам можливість застосовувати теоретичні знання на практичних прикладах та сформулювати будувати та вирішувати математичні та імітаційні моделі для пристроїв електроніки довільної структури. (РН3).

Самостійному навчанню сприятиме підготовка до лекцій та лабораторних робіт. Під час підготовки звітів та їх презентацій за результатами виконання пошукових лабораторних робіт студенти розвиватимуть навички самостійного навчання на основі досвіду, критичного мислення, синтезу та аналітичного підходу до отриманих результатів. В результаті активного самостійного навчання студенти набудуть здатності ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у приладах, пристроях та системах електроніки за допомогою аналітичних методів, засобів моделювання, дослідних зразків та результатів експериментальних досліджень.

9. Методи та критерії оцінювання

9.1. Критерії оцінювання

Визначення	Чотирибальна національна шкала оцінювання	Рейтингова бальна шкала оцінювання
Відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	5 (відмінно)	$90 \leq RD \leq 100$
Вище середнього рівня з кількома помилками	4 (добре)	$82 \leq RD < 89$
Загалом правильна робота з певною кількістю помилок	4 (добре)	$74 \leq RD < 81$
Непогано, але зі значною кількістю недоліків	3 (задовільно)	$64 \leq RD < 73$
Виконання задовольняє мінімальні критерії	3 (задовільно)	$60 \leq RD < 63$
Можливе повторне складання	2 (незадовільно)	$35 \leq RD < 59$
Необхідний повторний курс з навчальної дисципліни	2 (незадовільно)	$0 \leq RD < 34$

9.2 Методи поточного формативного оцінювання

МФО1	Настанови викладача в процесі виконання лабораторних робіт
МФО2	Обговорення та самокорекція виконаної роботи студентами

МФОЗ	Опитування та усні коментарі викладача за його результатами
------	-------------------------------------------------------------

9.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

МСО1	Звіт за результатами виконання лабораторних робіт
МСО2	Поточні контрольні роботи
МСО3	Проміжний модульний контроль
МСО4	Підсумковий контроль: екзамен

Контрольні заходи:

Семестр викладання		100 балів
МСО1. Звіт за результатами виконання лабораторних робіт		20
	4x5	20
МСО2. Поточні контрольні роботи		20
	4x5	20
МСО3. Проміжний модульний контроль		20
	2x10	20
МСО4. Підсумковий контроль: екзамен		40
		40

Контрольні заходи в особливому випадку:

Семестр викладання		100 балів
МСО1. Звіт за результатами виконання лабораторних робіт		30
		30
МСО3. Проміжний модульний контроль		30
	2x15	30
МСО4. Підсумковий контроль: екзамен		40
		40

Оцінювання протягом семестру проводиться у формі перевірки письмових контрольних робіт, та звітів про виконання лабораторних робіт (презентація, захист). Всі роботи повинні бути виконані самостійно. Форма підсумкового контролю – іспит, що проводиться у письмовій формі. Студент допускається до іспиту за умови виконання: не менше ніж 80% лабораторних робіт з дисципліни та отриманні позитивної оцінки за усіма заходами контролю.

10. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

10.1 Засоби навчання

ЗН1	Мультимедіа, відео- і звуковідтворювальна, проєкційна апаратура (відеокамери, проєктори, екрани, смартдошки тощо)
ЗН2	Бібліотечні фонди
ЗН3	Прикладне програмне забезпечення (перелік конкретизується викладачем)
ЗН4	Програмне забезпечення (для підтримки дистанційного навчання, Інтернет-опитування, віртуальних лабораторій, віртуальних пацієнтів, для створення комп'ютерної графіки, моделювання тощо та ін.)

10.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

Основна література	
1	Моделювання в електроніці: навчальний посібник / М74 К. В. Огородник, Б. П. Книш, П. М. Ратушний, О. О. Лазарєв. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 116 с.
2	Моделювання схем в програмному середовищі Electronic Workbench : навч. посібник / О. О. Петрова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 128 с.
3	Оброблення сигналів на базі операційних підсилювачів. Схемотехніка. Розрахунки: Навч. посіб. / Сергій Олексійович Седов. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 132 с.
Допоміжна література	
1	Математичне моделювання: підручник / А.М. Самойленко, К.К. Кенжебаєв, О.М. Станжицький, Є.Ю. Таран. – К.: Наук. Думка, 2015. – 328 с.
Інформаційні ресурси в Інтернеті	
1	Best Free electronics Circuit Simulation Software https://microcontrollerslab.com/circuit-simulation-software-free/
2	Crash Course Electronics and PCB Desing Learn Electronics and PCB Design from the Ground up with Altium Circuit Maker and Labcenter Proteus https://www.udemy.com/course/crash-course-electronics-and-pcb-design