



КУРСОВА РОБОТА

З ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРОННИХ КІЛ

(Силабус)

• Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність	153 Мікро- та наносистемна техніка
Освітня програма	Електронні мікро- і наносистеми та технології
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	II курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	1 кредит ЄКТС (30 год)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н, доц. Витязь Олег Олексійович, ovityaz-ee@ill.kpi.ua Викладачі: к.т.н, доц. Саурова Тетяна Асадівна, saurowa-ee@ill.kpi.ua к.т.н, доц. Казміренко Віктор Анатолійович, vk-ee@ill.kpi.ua
Розміщення курсу	Google Classroom, Moodle

• Програма навчальної дисципліни

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

Кредитний модуль «Терія електронних кіл-3» є нормативним у циклі професійної підготовки.

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- виконувати розрахунок часових та частотних характеристик, струмів та напруг в електронних схемах різними методами аналізу теорії електронних кіл;
- представляти результати розрахунків у різних формах та виконувати їх аналіз у контексті зв'язку між характеристиками схеми з одного боку та її структурою і компонентним складом з іншого;
- застосовувати сучасні симулятори для аналізу електронних схем з метою порівняння результатів, отриманих теоретичними методами та за допомогою програмних інструментів;

- оформлення отриманих результатів згідно з ДСТУ 3008-95.

Предметом дисципліни є застосування на практиці методів теорії електронних кіл, призначених для отримання часових та частотних характеристик, для аналізу схеми деякого електронного кола з активними та реактивними компонентами.

Дисципліна формує **загальні та фахові компетентності**:

ЗК1 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК2 – Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

ЗК6 – Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

ФК1 – Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки;

ФК3 – Здатність використовувати математичні принципи і методи для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки;

ФК4 – Здатність застосовувати відповідні наукові та інженерні методи, сучасні інформаційні технології і комп'ютерне програмне забезпечення, комп'ютерні мережі, бази даних та Інтернет-ресурси для розв'язання професійних задач в галузі мікро- та наносистемної техніки;

ФК5 – Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у мікро- та наносистемній техніці за допомогою побудови і аналізу їх фізичних і математичних моделей.

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

Кредитний модуль «Теорія електронних кіл-3» базується на таких дисциплінах як «Математичний аналіз», «Аналітична геометрія», «Фізика», «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Інформатика», «Обчислювальна математика». Він призначений для закріплення знань, отриманих при вивченні дисциплін «Теорія електронних кіл-1» та «Теорія електронних кіл-2».

3. Зміст навчальної дисципліни

Курсова робота призначена для набуття навичок практичного застосування теоретичних положень модулів "Теорія електронних кіл-1" та «Теорія електронних кіл-2». Її рекомендується виконувати *тільки* після вивчення відповідного теоретичного матеріалу.

Курсову роботу виконують згідно з графіком, який оголошується викладачем, та *акуратно* оформляють на листах формату А4. Усі рисунки виконуються олівцем під лінійку або у графічному редакторі. Розрахунки супроводжуються короткими коментарями і висновками по кожному пункту.

На титульному листі наводять назву університету, факультету, кафедри, на якій проводиться навчання за даною дисципліною, номер варіанту, прізвище та ініціали студента, шифр академічної групи, календарний рік виконання роботи.

Кожен студент отримує власний номер варіанту **N**, котрий є ключем до вибору індивідуальних вихідних даних по відповідних таблицях, які наведені нижче.

Вихідні дані:

- узяти схему, що аналізується, з табл. КР.1. Номер схеми N_1 розрахувати за формулою¹:

$$N_1 = 1 + N_{(\text{mod } 20)};$$

¹ $N_{(\text{mod } 20)}$ (читається: N по модулю 20) дорівнює залишку від цілочислового ділення числа N на модуль - число 20 у даному прикладі. Якщо число $N < 20$, то $N_{(\text{mod } 20)} = N$. Наприклад: $19_{(\text{mod } 20)} = 19$; $24_{(\text{mod } 20)} = 4$; $20_{(\text{mod } 20)} = 0$.

- номінали компонентів схеми, що аналізується, визначити по рядку N_2 таблиці КР.2, який розраховується за такою формулою:

$$N_2 = 1 + (N_1 + N) \pmod{19};$$

- періодичний негармонічний сигнал $U_{ex}(t)$ взяти із табл. КР.3. Номер сигналу N_3 визначається за формулою

$$N_3 = 1 + (N_1 + N_2) \pmod{10}.$$

Операційний підсилювач вважати досконалим, тобто його вхідний опір нескінченно великий, вихідний опір дорівнює нулю, а значення коефіцієнту передачі напруги K обчислюється наступним чином:

$$K = 1000 + 20 \cdot (N_1 + N_2 + N_3).$$

Вхідний та вихідний полюси операційного підсилювача, які не показані на схемі, заземлені.

1. Виконати аналіз схеми методом змінних стану.

1.1. Укласти рівняння змінних стану та вихідне рівняння, зобразивши схему як систему з багатьма сторонами та визначивши матрицю H -параметрів. Вихідною величиною вважати $U_{вих}(t)$ у режимі холостого ходу.

1.2. Укласти рівняння змінних стану та вихідне рівняння топологічним методом. Порівняти з п.1.1.

1.3. Визначити і побудувати графік перехідної характеристики схеми $H(t)$. Обчислити сталі часу схеми τ_{\min} і τ_{\max} . Зробити висновок щодо стійкості схеми.

1.4. Визначити і побудувати графік імпульсної характеристики схеми $G(t)$ та перевірити співвідношення $G(t) = \frac{d}{dt} H(t)$.

2. Виконати аналіз схеми методом комплексних амплітуд.

Амплітуду A і початкову фазу φ гармонічного сигналу $U_{ex}(t)$ взяти у рядку N_2 таблиці КР.2. Період T гармонічного сигналу вибрати на інтервалі $(\tau_{\min}, \tau_{\max})$, визначеному у п.1.

2.1. Знайти вихідну напругу $U_{вих}(t)$ у стаціонарному стані. Побудувати на комплексній площині комплексні амплітуди вхідної та вихідної напруги. Побудувати графіки вхідної $U_{ex}(t)$ та вихідної напруги $U_{вих}(t)$ і зробити висновок щодо випередження однієї напруги іншою та визначити випередження у градусах.

2.2. Представити схему, підключену до джерела вхідної напруги $U_{ex}(t)$, у вигляді реактивного двополюсника та визначити параметри його схемної моделі на частоті вхідного сигналу. Визначити активну, реактивну та повну потужності, які виділяються на двополюснику. Параметри вхідної напруги такі самі, що й у пункті 2.1.

2.3. Визначити аналітично і навести графічне зображення амплітудного та фазового спектру періодичної негармонічної напруги $U_{ex}(t)$ (див. сигнал N_3 з таблиці КР.3; амплітуду напруги A і період T взяти такими ж, як і у п.2.1). Занести числові значення складових спектру у таблицю:

Таблиця. Спектр амплітуд та початкових фаз вхідної напруги $U_{ex}(t)$.

Номер гармоніки k	0				
Амплітуда U_{mk}^{BX} []					
Початкова фаза $-\varphi_k^{BX}$ []					

2.4. За першими чотирма ненульовими гармоніками спектру вхідного сигналу $U_{вх}(t)$ побудувати графік вхідної напруги та порівняти з графіком у таблиці КР.3.

3. Виконати частотний аналіз схеми.

3.1. Визначити і зобразити графічно амплітудно-частотну та фазо-частотну характеристики коефіцієнта передачі напруги схеми. Занести до таблиці значення АЧХ та ФЧХ на нульовій частоті та частотах чотирьох ненульових гармонік вхідного сигналу $U_{вх}(t)$, див. п. 2.3.

Таблиця. Значення АЧХ та ФЧХ досліджуваної схеми на нульовій частоті та частотах чотирьох ненульових гармонік вхідного сигналу $U_{вх}(t)$.

Частота гармоніки []	0				
Значення АЧХ					
Значення ФЧХ []					

3.2. Визначити граничні частоти і полосу пропускання схеми у герцах (Гц).

3.3. Визначити аналітично і зобразити графічно амплітудний і фазовий спектри вихідної напруги $U_{вих}(t)$ ($U_{вх}(t)$ - див. п.2.3). Занести числові значення складових спектрів у таблицю:

Таблиця. Спектр амплітуд та початкових фаз вихідної напруги $U_{вих}(t)$.

Номер гармоніки k	0				
Амплітуда $U_{mk}^{вих}$ []					
Початкова фаза $\varphi_k^{вих}$ []					

3.4. За першими чотирма ненульовими гармоніками спектру вихідного сигналу $U_{вих}(t)$ побудувати графік вихідної напруги.

4. Виконати аналіз схеми операторним методом.

4.1. Визначити у загальному і числовому вигляді операторну функцію передачі напруги схеми. Зробити висновок щодо стійкості схеми.

4.2. За операторною функцією передачі напруги п. 4.1 визначити перехідну та імпульсну характеристики схеми. Порівняти з п.п. 1.3, 1.4.

4.3. За операторною функцією передачі напруги п. 4.1 визначити амплітудно-частотну і фазо-частотну характеристики схеми. Порівняти з п. 3.1.

4.4. Визначити і побудувати реакцію схеми на дію джерела напруги, сигнал якого є ідеальним прямокутним імпульсом амплітудою A вольт (див. рядок N2) і тривалістю $5\tau_{max}$, де τ_{max} - найбільша стала часу схеми, визначена у п.1; початкові умови нульові. Виразити реакцію на цей імпульс будь-якої схеми через її перехідну характеристику $h(t)$ за нульових початкових умов.

Таблиця КР. 2. Номінали компонентів схеми і параметри вхідної гармонічної напруги $U_{ex}(t)$.

N ₂	r ₁ [кОм]	r ₂ [кОм]	C ₁ [мкФ]	C ₂ [мкФ]	A [мВ]	φ [град.]
1	0,2	10	1	0,3	4	0
2	1,0	2	2	0,6	6	0
3	0,25	1	3	0,5	8	0
4	1,0	2,5	4	0,8	10	0
5	1,0	5	5	0,1	12	0
6	0,5	1	4	0,2	14	0
7	1,0	2	3	0,7	16	0
8	0,25	5	2	0,4	18	0
9	1,0	5	1	0,5	2	0
10	0,5	10	2	0,6	4	0
11	0,2	1	1	0,7	6	0
12	1,0	4	2	0,6	8	0
13	0,25	2	3	0,5	10	0
14	1,0	5	4	0,8	12	0
15	1,0	5	5	0,1	14	0
16	0,5	2,5	4	0,2	16	0
17	1,0	2	3	0,5	18	0
18	0,25	5	2	0,4	2	0
19	1,0	2	1	0,5	4	0
20	0,5	1	2	0,8	6	0

Таблиця КР.3. Періодичні негармонічні сигнали $U_{BX}(t)$.

<p>①</p>	<p>②</p>
<p>③</p>	<p>④</p>
<p>⑤</p>	<p>⑥</p>
<p>⑦</p>	<p>⑧</p>
<p>⑨</p>	<p>⑩</p>

0, 0,

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література

Базова

1. Мандзій Б.А., Писаренко Л.Д., Стахів П.Г. Основи теорії електронних кіл: (друге видання: доопрацьоване і доповнене) – К.: НТУУ "КПІ", 2013.- 416 с.
2. Витязь О.О., Саурова Т.А., Тимофєєв В.І. Теорія електронних кіл: Резистивні схеми [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка»– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 104 с.
3. Витязь О.О., Тимофєєв В.І., Саурова Т.А. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Теорія електронних кіл», частина 2 «Реактивні схеми».– К.: НТУУ«КПІ», 2015. – 98 с.

Додаткова

4. www.everycircuit.com

• Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тиждень семестру	Назва етапу роботи	Навчальний час	
		Ауд.	СРС
2	<i>Отримання теми та завдання</i>	310-12	
3-15	<i>Підбір та вивчення теоретичного матеріалу</i>		4
6-8	<i>Виконання розділу 1</i>		6
9-11	<i>Виконання розділу 2</i>		6
12-13	<i>Виконання розділу 3</i>		6
14-15	<i>Виконання розділу 4</i>		6
16	<i>Подання курсової роботи на перевірку</i>	310-12	
17	<i>Захист курсової роботи</i>	310-12	2

6. Самостійна робота студента

На виконання курсової роботи студента відводиться 30 годин, розподіл яких наведений у розділі 5.

Методичні матеріали розміщуються у Google Classroom та в електронному кампусі НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

• Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог:

- відвідування консультацій є обов'язковим у разі виникнення труднощів у виконанні курсової роботи;
- для захисту курсової роботи студент надає на перевірку зшиту пояснювальну записку, оформлену згідно з ДСТУ 3008-95;
- за допомогою симулятора EveryCircuit студент перевіряє отримані результати та визначає вплив номіналів компонентів на визначені характеристики;
- усі роботи мають виконуватися самостійно після засвоєння відповідного теоретичного матеріалу згідно з правилами академічної доброчесності.

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

Рейтингова оцінка з курсової роботи має дві складові. Перша складова характеризує регулярність роботи студента та її результат – якість пояснювальної записки та графічного матеріалу. Друга складова характеризує якість захисту курсової роботи. Розмір шкали першої складової $R_c = 440$ балів, а другої складової $R_3 = 60$ балів.

Система рейтингових балів

1. Складова R_c :

- своєчасність виконання курсової роботи – 5-3 балів;
- обґрунтування ходу виконання роботи – 12-7 балів;
- правильність застосування методів – 10-6 балів;
- якість графічного матеріалу – 7-4 бали;
- якість оформлення пояснювальної записки 6-4 бали.

2. Складова захисту курсової роботи R_3 :

- ступінь володіння матеріалом – 10-6 балів;
- повнота аналізу отриманих результатів – 15-9 балів;
- ступінь обґрунтування прийнятих рішень – 20-12 балів;
- вміння відстоювати свою думку – 15-9 балів.

Для отримання студентом відповідної семестрової оцінки його рейтинг має бути:

Бали $R = R_c + R_3$	ECTS-оцінка	Екзаменаційна оцінка
95-100	A	відмінно
85-94	B	дуже добре
75-84	C	добре
65-74	D	задовільно
60-64	E	достатньо
менше 60,0	FX	незадовільно
Курсова робота не виконана належним чином	F	не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Теорія електронних кіл викладається на кафедрі електронної інженерії у рамках програми підготовки бакалаврів за спеціальністю 153 Мікро- та наносистемна техніка та складається з трьох модулів загальним об'ємом 12,5 кредитів. Дисципліна викладається на другому курсі у третьому та четвертому семестрах. Третій семестр завершується заліком, а четвертий – екзаменом з дисципліни та захистом курсової роботи. Базовими знаннями для успішного освоєння дисципліни є знання з математичного аналізу та таких розділів фізики як електрика і магнетизм. Студенту надаються всі необхідні методичні матеріали та консультації досвідчених викладачів. Оволодівши теорією електронних кіл, студент стає на тверде підґрунтя для здобуття вищої освіти у галузі автоматизації та мікро- і наносистемної техніки.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри електронної інженерії, к.т.н, доц. Витязем О.О.

Ухвалено кафедрою електронної інженерії (протокол № 31 від 21 червня 2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 06/2023 від 29 червня 2023 р.)