

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра інформаційно-комунікаційних технологій
ім. О.О. Зеленського (№ 504)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми



(підпис)

Ірина ВАСИЛЬСВА

31 серпня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Основи теорії кіл»

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

(цифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Інжиніринг і програмування інфокомунікаційних систем»

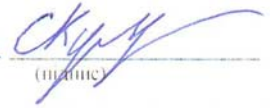
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: **денна**

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Розробник: ХУТОРНЕНКО Сергій, доцент, к.т.н., доцент
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри _____
інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського
(назва кафедри)

Протокол № 1 від 31 серпня 2023 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Володимир ЛУКІН
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 8,5	<p style="text-align: center;">Галузь знань <u>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</u> (шифр і найменування)</p> <p style="text-align: center;">Спеціальність <u>172 «Електронні комунікації та радіотехніка»</u> (код і найменування)</p> <p style="text-align: center;">Освітня програма <u>«Інжиніринг і програмування інфокомунікаційних систем»</u> (найменування)</p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 4		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 6		2023/2024 2024/2025
Індивідуальне завдання – <u>розрахункова робота 2, 3 семестри</u> (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 112/256 <i>кількість годин аудиторних занять* / загальна кількість годин</i>		2,3-й
		Лекції*
		48 годин
		Практичні, семінарські*
	32 години	
	Лабораторні*	
	32 годин	
	Самостійна робота	
	143 годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит 2,3 семестр	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5 самостійної роботи здобувача – 4		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 112/143 годин

* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: забезпечити системний підхід до головних положень теорії електричних кіл у студентів вищого навчального закладу, сформувати знання про фізичні та експлуатаційні властивості роботи функціональних блоків електронної апаратури, засвоїти методи застосування часових та спектральних моделей для аналізу перетворення сигналів у різного роду електричних ланцюгах.

Завдання: вивчення основних методів аналізу лінійних стаціонарних моделей електричних кіл у часовій та частотній площині; основи теорії процесів в електричних колах; основних методів аналізу чутливості систем та ланцюгів; різновидів процесів над сигналами у лінійних та нелінійних колах, процесів-носіїв, тощо; базових засад загальної теорії обробки сигналів; методів аналізу основних типів радіотехнічних сигналів.

Компетентності, які набуваються:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК8. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

СК3. Здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.

СК6. Здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах

СК10. Здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, досліду перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки.

СК15. Здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування.

Очікувані результати навчання:

– знання теорій та методів фундаментальних та загальноінженерних наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності.

Пререквізити – вища математика, фізика;

Кореквізити – аналогова схемотехніка, сигнали та процеси, технічна електродинаміка та техніка НВЧ, комплексна курсова робота з теорії кіл та сигналів, розповсюдження радіохвиль та антени, напрямні системи електричного та оптичного зв'язку, пристрої приймання та обробки сигналів, пристрої формування та генерування сигналів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Основні визначення теорії електричних кіл

Тема 1. Основні поняття та визначення навчальної дисципліни.

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Основні етапи розвитку, короткий історичний огляд. Характеристики електричного колу: електричний струм, електрорушійна сила, напруга, потужність. Одиниці виміру. Основні елементи електричних кіл. Еквівалентні перетворення в електричних ланцюгах. Активні та пасивні елементи ланцюга, основні закони електричного кола. Ідеалізовані активні елементи схеми: генератори напруги та струму. Поняття електричної схеми, вузол, гілка, контур. Паралельне та послідовне з'єднання елементів, розрахунок еквівалентного опору. Подільники струму та напруги, основні розрахункові формули. Основні закони електричних кіл: Ому, Кірхгофа, Джоуля-Ленца.

Тема 2. Сигнали та їх основні параметри у електричному лінійному колі.

Періодичні та неперіодичні сигнали. Аналогові та імпульсні сигнали. Цифровий сигнал. Еквівалентність аналогового та дискретного зображення сигналів (теорема відліків). Основні параметри періодичних сигналів: «геометричні» (період, частота, амплітуда, тривалість імпульсу, шпаруватість, коефіцієнт заповнення), енергетичні (миттєва потужність, енергія, середня потужність), постійна складова. Спектр періодичного сигналу. Поняття ортогонального базису. Параметри одиночного імпульсу. Розкладення періодичної несінусоїдальної функції у ряд Фур'є.

Модульний контроль

Змістовий модуль 2. Електричне лінійне коло і методи його розрахунку.

Тема 3. Електричне лінійне коло постійного струму і методи його розрахунку.

Електричне коло постійного струму. Перетворення електричних кіл. Методи розрахунків: на основі законів Кірхгофа, контурних струмів, вузлових напруг, вузлових потенціалів, суперпозиції, еквівалентного генератора, принцип взаємності, баланс потужностей. Вирішення задач.

Тема 4. Електричне лінійне коло однофазного змінного струму і методи його розрахунку.

Електричне коло змінного струму, основні співвідношення. Значення змінних струмів і напруг. Представлення змінних токів і напруг комплексними числами. Метод комплексних амплітуд. Векторні діаграми напруга – струм. З'єднання RLC – елементів. Баланс потужностей. Методи розрахунків. Вирішення задач.

Тема 5. Електричне лінійне коло однофазного змінного струму з індуктивно пов'язаними елементами і методи його розрахунку.

Основні співвідношення. Методи розрахунків. З'єднання елементів. Трансформатор без стрижня. Вирішення задач.

Тема 6. RC-коло при імпульсному збудженні.

Основні властивості RC-кола у режимі перемикання. Аналіз перехідного процесу розряду ємності: диференційне рівняння, епюри струмів та напруг. Аналіз перехідного процесу заряду ємності: диференційне рівняння, епюри струмів та напруг. Особливості перехідного процесу, його параметри: стала часу, тривалість процесу (формули розрахунку). Диференціюючі та інтегруючі кола. Ідеальні та реальні кола. Математичний опис та фізичні процеси при обробці прямокутного імпульсу. Ефекти скорочення та розширення імпульсу.

Тема 7. Аналіз перехідних процесів у електричному лінійному колі.

Виникнення перехідних процесів, закони комутації. Методи розрахунку електричного кола при комутації: класичний, накладання (інтеграл Дюамеля), операторний. Перехідні процеси у RLC ланцюгах. Вирішення задач.

Модульний контроль

Змістовий модуль 3. Чотириполюсники і електричні фільтри.

Тема 8. Резонанс у електричних контурах.

Класифікація, основні характеристики електричних контурів. Послідовний та паралельний контура. Зв'язані контура.

Тема 9. Електричні фільтри.

Основні поняття о електричних фільтрах. Параметри електричних фільтрів.

Модульний контроль

Модуль 2.

Індивідуальне завдання – розрахункова робота.

Модуль 3.

Змістовий модуль 4. Активні чотириполюсники та фільтри

Тема 10. Активні чотириполюсники.

Критерії активності чотириполюсників. Односторонні джерела, що керуються. Двосторонні чотириполюсники із внутрішнім зворотнім зв'язком. Конвертор та інвертор опорів. Зворотній зв'язок. Види зворотного зв'язку. Вплив зворотного зв'язку на параметри активного лінійного кола. Стійкість активного лінійного кола із зовнішнім зворотним

зв'язком. Критерії визначення стійкості активного лінійного кола. Критерій Михайлова – Гурвіца. Критерій Найквіста.

Тема 11. Фільтри.

Основні визначення фільтрів. Ідеалізовані характеристики. Задачі теорії фільтрації. Параметри, що задають якість фільтрації. Умова прозорості фільтра. Визначення граничних частот полоси прозорості. Частотні характеристики фільтрів. Синтез аналогових фільтрів. Фільтри Баттерворту, Чебешива, пасивні LC-фільтри. Порядок розрахунку поліноміальних LC-фільтрів табличним методом.

Модульний контроль

Змістовий модуль 5. Нелінійні електричні кола.

Тема 12. Нелінійні електричні кола та методи їх розрахунку.

Основні положення в нелінійних колах, нелінійні елементи та кола, види вольт-амперних характеристик. Методи розрахунку нелінійних електричних кіл. Нелінійні кола змінного струму. Режими розрахунку триполюсників для постійних і змінних складових напруги та струму.

Тема 13. Формування сигналів у нелінійному електричному колі.

Формування амплітудної модуляції. Детектування сигналу з амплітудною модуляцією.

Модульний контроль

Змістовий модуль 6. Електричні кола з розподіленими параметрами.

Тема 14. Електричне коло з розподіленими параметрами та їх математичний опис.

Рівняння однорідної лінії передачі, телеграфне рівняння, рівняння Гельмгольца.

Тема 15. Робота електричного кола з розподіленими параметрами.

Режим бігучих хвиль. Вторинні хвильові параметри однорідної лінії. Режим стоячих хвиль, розімкнута лінія, короткозамкнена лінія, лінія навантажена на реактивний опір.

Модульний контроль

Модуль 4

Індивідуальне завдання – розрахункова робота.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Основні визначення теорії електричних кіл					
Тема 1. Основні поняття та визначення навчальної дисципліни	3	2	–	–	1
Тема 2. Сигнали та їх основні параметри у електричному лінійному колі	6	2	1	–	3
Модульний контроль	1	–	1	–	–
Разом за змістовним модулем 1	10	4	2	0	4
Змістовний модуль 2. Електричне лінійне коло і методи його розрахунку					
Тема 3. Електричне лінійне коло постійного струму і методи його розрахунку.	20	4	2	4	10
Тема 4. Електричне лінійне коло однофазного змінного струму і методи його розрахунку.	20	4	2	4	10
Тема 5. Електричне лінійне коло однофазного змінного струму	6	2	2	–	2

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Основні визначення теорії електричних кіл					
індуктивно пов'язаними елементами і методи його розрахунку.					
Тема 6. RC- коло при імпульсному збудженні.	10	2	2	4	2
Тема 7. Аналіз перехідних процесів у електричному лінійному колі.	7	4	1	–	2
Модульний контроль	1	–	1	–	–
Разом за змістовним модулем 2	64	16	10	12	26
Змістовний модуль 3. Електричні фільтри.					
Тема 8. Резонанс у електричних контурах	9	2	2	–	5
Тема 9. Електричні фільтри.	12	2	1	4	5
Модульний контроль	1	–	1	–	–
Разом за змістовним модулем 3	22	4	4	4	10
Усього годин	96	24	16	16	40
Модуль 2					
Індивідуальне завдання	24	–	–	–	24
Контрольний захід	–	–	–	–	–
Усього годин за 2 семестр	120	24	16	16	64
Модуль 3					
Змістовний модуль 4. Активні чотириполюсники та фільтри					
Тема 10. Активні чотириполюсники	18	6	–	4	8
Тема 11. Фільтри	16	4	3	4	5
Модульний контроль	1	–	1	–	–
Разом за змістовним модулем 4	35	10	4	8	13
Змістовний модуль 5. Нелінійні електричні кола.					
Тема 12. Нелінійні електричні кола та методи їх розрахунку	14	6	–	2	6
Тема 13. Формування сигналів у нелінійному електричному колі.	17	4	3	6	4
Модульний контроль	1	–	1	–	–
Разом за змістовним модулем 5	32	10	4	8	10
Змістовний модуль 6. Електричні кола з розподіленими параметрами.					
Тема 14. Електричне коло з розподіленими параметрами та їх математичний опис.	14	2	4	–	8
Тема 15. Робота електричного кола з розподіленими параметрами.	14	2	3	–	9
Модульний контроль	1	–	1	–	–
Разом за змістовним модулем 6	29	4	8	–	17
Усього годин	96	24	16	16	40
Модуль 4					

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Основні визначення теорії електричних кіл					
Індивідуальне завдання	39	–	–	–	39
Усього годин за 3 семестр	136	24	16	16	79
Усього за курс	256	48	32	32	143

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	не передбачені навчальним планом	
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Сигнали та їх основні параметри у електричному лінійному колі	1
2	Модульний контроль	1
3	Електричне лінійне коло постійного струму і методи його розрахунку.	2
4	Електричне лінійне коло однофазного змінного струму і методи його розрахунку.	2
5	Розрахунок електричного лінійного кола однофазного змінного струму з індуктивно пов'язаними елементами і методи його розрахунку.	2
6	RC- коло при імпульсному збудженні	2
7	Аналіз перехідних процесів у електричному лінійному колі	1
8	Модульний контроль	1
9	Резонанс у електричних контурах	2
10	Електричні фільтри	1
11	Модульний контроль	1
	Разом за 2 семестр	16
1	Фільтри	3
2	Модульний контроль	1
3	Формування сигналів у нелінійному електричному колі	3
4	Модульний контроль	1
5	Електричне коло з розподіленими параметрами та їх математичний опис	4
6	Робота електричного кола з розподіленими параметрами	3
7	Модульний контроль	1
	Разом за 3 семестр	16

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження лінійного електричного кола постійного струму	4
2	Дослідження процесів у лінійних електричних колах при їх збудженні гармонійним сигналом	4
3	Дослідження процесів передавання прямокутних імпульсів крізь RC-ланцюг	4
4	Дослідження вибіркової властивості лінійних кіл	4
	Разом за 2 семестр	16
1	Експериментальне визначення А-параметрів 4-полюсника	2
2	Дослідження впливу зворотного зв'язку на параметри активного чотирьохполюсника	2
3	Дослідження активних фільтрів	4
4	Дослідження формування гармонік в активному нелінійному електричному колі	2
5	Дослідження явища амплітудної модуляції в активному нелінійному електричному колі	4
6	Дослідження явища амплітудної демодуляції в активному нелінійному електричному колі	2
	Разом за 3 семестр	16

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні поняття та визначення навчальної дисципліни	1
2	Сигнали та їх основні параметри у електричному лінійному колі	3
3	Електричне лінійне коло постійного струму і методи його розрахунку.	10
4	Електричне лінійне коло однофазного змінного струму і методи його розрахунку	10
5	Електричне лінійне коло однофазного змінного струму з індуктивно пов'язаними елементами і методи його розрахунку	2
6	RC- коло при імпульсному збудженні	2
7	Аналіз перехідних процесів у електричному лінійному колі	2
8	Резонанс у електричних контурах	5
9	Електричні фільтри	5
10	Індивідуальне завдання	24
	Разом за 2 семестр	64
1	Активні чотирьохполюсники	8
2	Фільтри	5
3	Нелінійні електричні кола та методи їх розрахунку	6
4	Формування сигналів у нелінійному електричному колі	4
5	Електричне коло з розподіленими параметрами та їх математичний опис	8
6	Робота електричного кола з розподіленими параметрами	9
7	Індивідуальне завдання 2	39
	Разом за 3 семестр	79

9. Індивідуальні завдання
Розрахункова робота 2, 3 семестр

10. Методи навчання

Методи стимулювання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності:

- 1) переконання у значущості навчання;
- 2) вимоги;
- 3) створення ситуації зацікавленості.

Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності:

- 1) пояснювально-ілюстративний;
- 2) словесний (розповідь, лекція, бесіда, пояснення);
- 3) наочний (ілюстрація, демонстрація);
- 4) практичний (вправи).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, розрахункових робіт, контроль у вигляді іспитів.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі
2 семестр

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних робіт	0...2	1	0...2
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...6	3	0...18
Виконання і захист практичних робіт	0...2	5	0...10
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 3			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...6	1	0...6
Виконання і захист практичних робіт	0...2	2	0...4
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Виконання і захист РР	0...30	1	0...30
Усього за 2 семестр			0...100

3 семестр

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 4			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...4	4	0...16
Виконання і захист практичних робіт	0...1	2	0...2
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 5			

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Виконання і захист лабораторних робіт	0...4	4	0...16
Виконання і захист практичних робіт	0...1	2	0...2
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 6			
Виконання і захист практичних робіт	0...1	4	0...4
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Виконання і захист РР	0...20	1	0...30
Усього за 3 семестр			0...100

Білет для заліку складається з двох теоретичних питань та практичної задачі, максимальна кількість балів за теоретичне питання 30, практичну задачу 40. *Навести кількість запитань (теоретичних та практичних) та максимальну кількість балів за кожне питання (сума – 100 балів).*

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та РР. Знати основні закони електричного кола при дії постійного та змінного струму; параметри передачі імпульсів через RC та LC ланцюги. Вміти проводити розрахунок електричного кола постійного струму; визначити повний опір пасивного ланцюга.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи та РР в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Знати основні закони електричного кола при дії постійного та змінного струму та комутації електричного кола; параметри передачі імпульсів через RC та LC ланцюги; застосування та функціонування напівпровідникових електронних компонентів та їх основні параметри. Вміти проводити розрахунок електричного кола постійного та змінного струму; визначити повний опір пасивного ланцюга.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основній та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи, практичні завдання та РР в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Досконально знати основні закони електричного кола при дії постійного, змінного струму, випадку індуктивного зв'язку елементів та комутації електричного кола; параметри передачі імпульсів через RC та LC ланцюги. Вміти проводити розрахунок електричного кола постійного та змінного струму; визначити повний опір пасивного ланцюга.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою
90 – 100	Відмінно
75 – 89	Добре
60 – 74	Задовільно
0 – 59	Незадовільно

13. Методичне забезпечення

1. Теория линейных цепей и сигналов : учеб. пособие / М. С. Зряхов, Е. С. Колесник ; М-во образования и науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т". - Харьков. - Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2016. - 224 с.
2. Основы радиоэлектроники : учеб. пособие по выполнению контрол. работ / С.Н.Барсуков ; М-во образования и науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т". - Х. - Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2002. - 45 с.
3. Основы радиоэлектроники : рук. к решению задач / С. Н. Барсуков, Е. С. Колесник ; М-во образования и науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т". - Х. - Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2005. - 60 с.
4. Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по курсу "Основы радиоэлектроники" / С. Н. Барсуков ; М-во образования и науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т". - Х. - Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2004. - 60 с. - 51 с.
5. Навчально-методичне забезпечення дисципліни "Основи теорії кіл" для бакалаврів / Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" ; розроб. С. В. Хуторненко. - Харків, 2019. - 293 с. - http://library.khai.edu/library/fulltexts/doc/_1033Osnovi2.pdf

14. Рекомендована література

Базова

1. Теорія електричних кіл і сигналів [Текст] : навч. посіб. / О. В. Осадчук, О. С. Звягін ; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2016. Ч. 1. - 2016. - 155 с. : рис. - Бібліогр.: с. 155.
2. Теорія електричних кіл для системотехніків [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. Г. Дейбук ; Чернів. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича. - Чернівці : Рута, 2011. - 320 с. : рис., табл. - (Комп'ютерна інженерія). - Бібліогр.: с. 319.

Допоміжна

1. Основи теорії електронних кіл [Текст] : електронний підручник для студ. вищ. навч. закл. / За ред. Ю.Я. Боболо ; Видавництво національного ун-ту «Львівська політехніка». - Львів, 2008.

15. Інформаційні ресурси

Вказати джерела з інтернету.

1. <http://k504.khai.edu>, <http://k504.xai.edu.ua>
2. <https://library.khai.edu/>