

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

Кафедра аерокосмічних радіоелектронних систем (№ 501)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи
_____ Володимир Павліков
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 31 » серпня _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Сигнали та процеси
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси»

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Робоча програма «Сигнали та процеси»

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Освітня програма: «Радіoeлектронні пристрої, системи та комплекси»

« » 2023 р., – с.

Розробники: Ксенія НЕЖАЛЬСЬКА, доцент, к.т.н.

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Віталій ДУШЕПА, старший викладач

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри №501 аерокосмічних радіoeлектронних систем

(назва кафедри)

Протокол № 1/23-24 від 29 серпня 2023 р.

Завідувач кафедри к.т.н.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Семен ЖИЛА

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)	
Кількість кредитів – 11	Галузь знань <u>17 «Електроніка та телекомунікації»</u> (шифр та найменування) Спеціальність <u>172 «Телекомунікації та радіотехніка»</u> (код та найменування) Освітня програма <u>«Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Цикл загально-професійної підготовки обов'язкова	
Кількість модулів – 4		Навчальний рік	
Кількість змістових модулів – 5		2023/ 2024	
Індивідуальне завдання		Семестр	
_____ (назва)		<u>3-й</u>	<u>4-й</u>
Загальна кількість годин – 3-й семестр – 88/107 4-й семестр – 56/79		Лекції ¹⁾	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3-й семестр – перша половина – 5/ друга половина – 6 4-й семестр – перша половина – 3/ друга половина – 4 самостійної роботи студента – 3-й семестр – 6,6875 4-й семестр – 4,9375		<u>40</u> годин	<u>32</u> години
		Практичні, семінарські¹⁾	
		<u>24</u> години	___ годин
		Лабораторні ¹⁾	
		<u>24</u> години	<u>24</u> години
		Самостійна робота	
		<u>107</u> годин	<u>79</u> годин
		Вид контролю	
		модульний контроль, іспит	модульний контроль, іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання: 3-й семестр – 88/107, 4-й семестр – 56/79.

¹⁾ Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: дати знання про основні сигнали, що використовуються в радіотехніці, основні елементи радіотехнічних систем та процеси, які відбуваються з сигналами у відповідних системах.

Завдання: вивчення основних законів, властивостей, та методів дослідження радіотехнічних сигналів та систем.

Компетентності, які набуваються:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК-4);
- здатність розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства (ФК-1);
- здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації (ФК-3);
- готовність до вивчення науково-технічної інформації, вітчизняного і закордонного досвіду з тематики телекомунікацій та радіотехніки (ФК-14);
- здатність проводити розрахунки у процесі проектування телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування (ФК-15).

Очікувані результати навчання:

- знати теорію та методи загальноінженерних наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності (ПРН-1);
- вміти схемотехнічно проектувати нові (модернізувати існуючі) елементи (модулі, блоки, вузли) телекомунікаційних та радіотехнічних систем, систем телевізійного й радіомовлення тощо (ПРН-6);
- вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо (ПРН-8).

Пререквізити – «Вища математика», «Фізика», «Вступ до фаху».

Кореквізити – «Елементна база радіоелектроніки», «Контрольно-вимірювальне обладнання», «Цифрова схемотехніка».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Спектральний аналіз детермінованих безперервних сигналів.

Тема 1. Вступ.

Предмет курсу. Структура курсу. Класифікація сигналів та систем. Поняття стаціонарності та лінійності систем.

Тема 2. Ортогональні базиси та узагальнений ряд Фур'є.

Поняття ортогональності двох сигналів. Ортогональні базиси. Розкладання по ортогональному базису.

Тема 3. Спектральний аналіз періодичних сигналів.

Ряд Фур'є в тригонометричній формі. Ряд Фур'є в комплексній формі.

Тема 4. Спектральний аналіз неперіодичних сигналів.

Граничний перехід від ряду Фур'є до перетворення Фур'є. Поняття спектральної щільності, зв'язок із спектром періодичного сигналу. Властивості перетворення Фур'є. Перетворення Фур'є від сигналів, які не інтегруються.

Тема 5. Енергетичні співвідношення при спектральному аналізі безперервних сигналів. Розкладання по негармонійному базису.

Поняття енергії та потужності безперервного сигналу. Енергетичні співвідношення при спектральному аналізі. Рівність Парсеваля. Функції Уолша. Приклад розкладання по функціях Уолша. Вейвлет аналіз.

Змістовний модуль 2. Спектральний аналіз дискретних сигналів.

Тема 6. Дискретизація.

Теорема відліків (Котельникова). Сигнали з обмеженим спектром. Теорема відліків. Відновлення безперервного сигналу по дискретних відліках.

Тема 7. Спектральний аналіз неперіодичних дискретних сигналів.

Методи аналізу дискретних сигналів. Перетворення Фур'є від дискретного неперіодичного сигналу.

Тема 8. Спектральний аналіз періодичних дискретних сигналів.

Розкладання дискретного періодичного сигналу в ряд Фур'є. Дискретне перетворення Фур'є (ДПФ). Зв'язок коефіцієнтів ДПФ із спектральною щільністю дискретного неперіодичного сигналу.

Змістовний модуль 3. Кореляційний аналіз.

Тема 9. Згортка та кореляція.

Навіщо потрібна кореляція? Лінійна згортка і кореляція дискретних сигналів. Згортка і кореляція неперіодичних безперервних сигналів. Приклади кореляції для реальних сигналів (дискретні коди Баркера, радіоімпульс і ЛЧМ сигнал). Кореляція періодичних безперервних сигналів.

Тема 10. Кореляційно-спектральний аналіз

Зв'язок взаємної кореляційної функції зі взаємним енергетичним спектром для детермінованих сигналів.

Модульний контроль

Модуль 2.

Змістовний модуль 4. Лінійні стаціонарні системи (ЛСС)

Тема 11. Безперервні дискретні ЛСС.

Властивості лінійності і стаціонарності для безперервних систем. Опис безперервних ЛСС за допомогою диференціального рівняння, приклади (РС-ланцюжок). Властивості лінійності і стаціонарності для дискретних систем. Опис дискретних ЛСС за допомогою різницевого рівнянь.

Тема 12. Метод імпульсної характеристики.

Імпульсна характеристика для безперервної системи. Перехідна характеристика, зв'язок з імпульсною. Інтеграл Дюамеля. Приклад, імпульсна характеристика РС-ланцюжка. Імпульсна характеристика для дискретної системи.

Тема 13. Перетворення Лапласа.

Перетворення Лапласа як узагальнення перетворення Фур'є. Збіжність перетворення Лапласа. Перетворення Лапласа для аналізу безперервних систем (наприклад, РС-ланцюжок). Нулі і полюси функції передачі. Функція передачі $K(p)$, її зв'язок з імпульсною характеристикою $h(t)$.

Тема 14. Операторний метод аналітичного розрахунку ланцюгів.

Операторний метод (за допомогою перетворення Лапласа). Приклад, проходження прямокутного імпульсу через РС-ланцюжок.

Тема 15. Z-перетворення.

Z-перетворення для дискретних систем. Функція передачі $H(z)$, її зв'язок з імпульсною характеристикою $h(k)$. Нулі і полюси функції передачі.

Тема 16. Частотний коефіцієнт передачі $K(j\omega)$.

$K(j\omega)$ для безперервних систем, зв'язок з $K(p)$, $h(t)$. АЧХ і ФЧХ системи. $K(j\omega)$ для дискретних систем, зв'язок з $H(z)$, $h(k)$. Приклади.

Тема 17. Опис в просторі станів.

Опис в просторі станів безперервних систем. Приклад. Опис в просторі станів дискретних систем.

Модульний контроль

Модуль 3.

Змістовний модуль 5. Випадкові процеси (ВП).

Тема 1. Випадкові величини.

Випадкові величини (безперервні та дискретні). Функція розподілу і щільність розподілу безперервної випадкової величини. Функція розподілу і закон розподілу дискретної випадкової величини. Математичне очікування та дисперсія.

Тема 2. Системи випадкових величин.

Коефіцієнти кореляції і коваріації. Приклади.

Тема 3. Вірогіднісні характеристики випадкових процесів.

Поняття випадкового процесу. Багатовимірна щільність вірогідності.

Тема 4. Функції кореляції і коваріації.

Функції кореляції і коваріації. Некорельованість і статистична незалежність. Поняття стаціонарності та ергодичності. Стаціонарний гаусів випадковий процес.

Тема 5. Спектральні характеристики випадкових величин.

Поняття спектральної щільності потужності безперервного ВП. Теорема Вінера - Хінчина. Білий шум.

Тема 6. Проходження ВП через лінійний ланцюг. Дискретні ВП.

Перетворення характеристик безперервного ВП в лінійному ланцюзі. Дискретний білий шум. Проходження дискретного шуму через дискретний фільтр.

Модульний контроль

Модуль 4.

Змістовний модуль 6. Аналітичні та вузькосмугові сигнали.

Тема 7. Аналітичний сигнал.

Перетворення Гільберта. Аналітичний сигнал. Квадратурна обробка випадкового сигналу.

Тема 8. Вузькосмуговий випадковий сигнал.

Поняття вузькосмугового сигналу. Вузькосмуговий ВП. Функція кореляції вузькосмугового ВП. Огинаюча і початкова фаза вузькосмугового ВП.

Модульний контроль

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
Семестр 3					
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Спектральний аналіз детермінованих безперервних сигналів					
Тема 1. Вступ.	10	2	2	4	6
Тема 2. Ортогональні базиси та узагальнений ряд Фур'є	14	4	2		8
Тема 3. Спектральний аналіз періодичних сигналів	16	4	4	4	8
Тема 4. Спектральний аналіз неперіодичних сигналів.	12	2	2		8
Тема 5. Енергетичні співвідношення при спектральному аналізі безперервних сигналів. Розкладання по негармонійному базису.	10	2			8
Разом за змістовним модулем 1	62	14	10	8	38
Змістовний модуль 2. Спектральний аналіз дискретних сигналів.					
Тема 6. Дискретизація.	18	2	2	4	8
Тема 7. Спектральний аналіз	8	2		4	

неперіодичних дискретних сигналів.					
Тема 8. Спектральний аналіз періодичних дискретних сигналів.	14	2	2		6
Разом за змістовним модулем 2	40	6	4	8	14
Змістовний модуль 3. Кореляційний аналіз					
Тема 9. Згортка та кореляція.	12	2	2	4	8
Тема 10. Кореляційно-спектральний аналіз.	10	2		4	8
Разом за змістовним модулем 3	22	4	2	8	16
Модуль 2					
Змістовний модуль 4. Лінійні стаціонарні системи (ЛСС)					
Тема 11. Безперервні та дискретні ЛСС.	5	4	1		
Тема 12. Метод імпульсної характеристики.	13	2	1		8
Тема 13. Перетворення Лапласа.	17	2	1		12
Тема 14. Операторний метод аналітичного розрахунку ланцюгів.	9	2	1		6
Тема 15. Z-перетворення.	11	2	1		6
Тема 16. Частотний коефіцієнт передачі $K(j\omega)$.	6	2	2		
Тема 17. Опис в просторі станів.	10	2	1		7
Разом за змістовним модулем 4	71	16	8		39
Усього годин за семестр	195	40	24	24	107
Семестр 4					
Модуль 3					
Змістовний модуль 5. Випадкові процеси (ВП)					
Тема 1. Випадкові величини.	19	4		4	11
Тема 2. Системи випадкових величин.	18	2		4	12
Тема 3. Вірогіднісні характеристики випадкових процесів.	4	4			
Тема 4. Функції кореляції і коваріації.	14	2			12
Тема 5. Спектральні характеристики випадкових величин.	12	2			6
Тема 6. Проходження ВП через лінійний ланцюг. Дискретні ВП.	6	2			
Разом за змістовним модулем 5	73	16		8	41
Модуль 4					
Змістовний модуль 6. Аналітичні та вузькосмугові сигнали					
Тема 7. Аналітичний сигнал.	22	6		4	12
Тема 8. Поняття вузькосмугового сигналу.	21	4		4	13
Тема 9. Вузькосмуговий випадковий сигнал.	19	6		8	13
Разом за змістовним модулем 6	62	16		16	38
Усього годин за семестр	135	32		24	79

Усього годин за рік	330	72	24	48	157
---------------------	-----	----	----	----	-----

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Семестр 3		
Модуль 1		
1	Ортогональні базиси	2
2	Ряд Фур'є	2
3	Перетворення Фур'є	2
4	Властивості перетворення Фур'є	2
5	Кореляційний аналіз детермінованих сигналів	2
Модуль 2		
6	Лінійність та стаціонарність систем	2
7	Метод імпульсної характеристики	2
8	Метод диференціальних рівнянь	2
9	Операторний метод	2
10	Різницева рівняння дискретної лінійної стаціонарної системи	2
11	Стійкість дискретних лінійних стаціонарних систем	2
12	Z-перетворення	2
	Разом за семестр	24

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Семестр 3		
Модуль 1		
1	Python, NumPy для моделювання сигналів	4
2.1	Matplotlib для побудови графіків сигналів	4
2.2	Ряд Фур'є за допомогою символьних обчислень	4
3.1	Реалізація ряду Котельникова на Python	4
3.2	Дослідження ефектів відновлення безперервного сигналу за дискретними відліками	4

4	Кореляційна функція двох дискретних сигналів	4
Модуль 2		
	Разом за семестр	24
Семестр 4		
Модуль 3		
1.1	Моделювання випадкових величин	4
1.2	Оцінка характеристик випадкових величин	4
Модуль 4		
2.1	Амплітудна модуляція та демодуляція, квадратурна обробка	4
2.2	Частотна модуляція та демодуляція	4
3.1	Моделювання вузькосмугового випадкового процесу	4
3.2	Вірогідність перевищення порогу вузькосмуговим випадковим процесом	4
	Разом за семестр	24
	Разом за рік	48

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Семестр 3		
Модуль 1		
1	Класифікація систем за різними ознаками (Тема 1)	6
2	Ортонормовані базиси (Тема 2)	8
3	Розкладання в ряд Фур'є парних та непарних функцій (Тема 3)	8
4	Перетворення Фур'є від різних функцій (Тема 4)	4
5	Перетворення Фур'є від неінтегрованих сигналів (Тема 4)	4
6	Приклад розкладання по функціях Уолша. (Тема 5)	8
7	Приклади дискретизації різних сигналів (Тема 6)	8
8	ДПФ від різних функцій (Тема 8)	6
9	Кореляційні функції між різними сигналами (Тема 9)	8
10	Приклади кореляції для реальних сигналів (дискретні коди Баркера, радіоімпульс і ЛЧМ сигнал). (Тема 10)	8
Модуль 3		
11	Імпульсна характеристика RC- ланцюжка. (Тема 12)	4
12	Розрахунок різних систем у часовому просторі (Тема 12)	4
13	Розрахунок систем у спектральній області (Тема 13)	6
14	Приклади знаходження перетворювання Лапласа (Тема 13)	6
15	Проходження прямокутного імпульсу через RC- ланцюжок (Тема 14)	6
16	Z-перетворювання різних функцій (Тема 15)	6
17	Опис RC- ланцюжка у просторі станів (Тема 17)	7

	Разом за семестр	107
Семестр 4		
Модуль 3		
1	Приклади безперервних та дискретних випадкових процесів (Тема 1)	11
2	Характеристична функція випадкових величин (Тема 3)	12
3	Диференціювання та інтегрування випадкових величин (Тема 3)	12
4	Приклади використанні теореми Вінера – Хінчина (Тема 6)	6
Модуль 4		
5	Використання аналітичного сигналу в радіотехніці (Тема 7)	12
6	Приклади вузькосмугового сигналу(Тема 8)	13
7	Опис завад як вузькосмугових випадкових сигналів (Тема 9)	13
	Разом за семестр	79
	Разом за рік	186

9. Індивідуальні завдання

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), проведення олімпіад.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспитів.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

1.2.1 Розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Семестр 3			
Модуль 1			
Робота на лекціях	0,5	10	5
Виконання і захист лабораторних робіт		3	14
Робота на практичних заняттях	2	4	8
Домашні завдання	3	3	9
Модульний контроль	21	1	21
Модуль 2			
Робота на лекціях	0,5	10	5
Виконання і захист лабораторних робіт			
Робота на практичних заняттях	1	8	8

Домашні завдання	3	3	9
Модульний контроль	21	1	21
Усього за семестр			100
Семестр 4			
Модуль 3			
Робота на лекціях	1	16	16
Виконання і захист лабораторних робіт	8	1	8
Модульний контроль	26	1	26
Модуль 4			
Робота на лекціях	1	16	16
Виконання і захист лабораторних робіт	4	2	8
Модульний контроль	26	1	26
Усього за семестр			100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань та двох задач. Максимум балів за теоретичне питання – 32, за задачу – 18

1.2.2 Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- властивості детермінованих і випадкових сигналів;
- основи спектрального аналізу детермінованих і випадкових сигналів;
- основи кореляційного аналізу детермінованих і випадкових сигналів;
- основи теорії дискретизації аналогових сигналів;
- методи синтезу та аналізу лінійних стаціонарних систем;
- перетворення сигналів в лінійних радіотехнічних ланцюгах;
- основи модуляції.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- створювати та використовувати математичний опис сигналів та процесів в радіотехніці;
- аналізувати процеси в складних радіотехнічних колах;
- використовувати можливості ПОМ для комп'ютерного розрахунку процесів та сигналів в радіотехнічних колах.

1.2.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи, виконати та захистити розрахункову роботу. Знати основи спектрального аналізу та цифрової обробки сигналів. Вміти аналізувати найпростішу радіотехнічну систему.

Добре (75-89). Твердо володіти мінімумом знань, виконати усі завдання в обумовлений викладачем строк. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Виконати та захистити розрахункову роботу з поясненнями. Зробити та здати власноруч розв'язані домашні завдання. Знати та вміти виконувати спектральний аналіз сигналів. Знати та вміти реалізовувати перетворення сигналів при їх цифровій обробці. Вміти аналізувати найпростішу радіотехнічну систему за різними показниками.

Відмінно (90-100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Відпрацювати та захистити безпомілково всі лабораторні роботи з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Виконати та відмінно захистити розрахункову роботу з поясненнями. Зробити та здати власноруч розв'язані домашні завдання з вірними рішеннями. Досконально знати та вміти виконувати спектральний аналіз сигналів, реалізовувати перетворення сигналів при їх цифровій обробці. Вміти аналізувати будь-яку радіотехнічну систему за різними показниками.

Шкала оцінювання: бальна та традиційна

Сума балів	Оцінка за національною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90-100	Відмінно	Зараховано
75-89	Добре	
60-74	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

- 1) Нежальська, К. М. Сигнали та процеси в радіотехніці [Текст] : конспект лекцій / М. К. Нежальська. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. Н. Е. Жуковського «Харьк. авиац. ин-т», 2022. – 130 с.
- 2) Душепа, В. А. Сигнали та процеси в радіотехніці [Текст] : навч. посібник для лаб. робіт / В. А. Душепа, К. М. Нежальська. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. Н. Е. Жуковського «Харьк. авиац. ин-т», 2021. – 49 с.
- 3) Робоча програма дисципліни «Сигнали та процеси».
- 4) Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт, практичних занять та розрахункової роботи (в електронному вигляді).
- 5) Комп'ютерні презентації для лабораторних та практичних занять.

14. Рекомендована література

- 1) Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. - Харків: «Компанія СМІТ», 2003. - 580 с.
- 2) Мандзій, Б. А. основи теорії сигналів Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці. - «Львівська політехніка», 2019. - 240 с.
- 3) Гумен, М. Б. Основи теорії процесів в інформаційних системах: підручник (у 2-х кн.). / М. Б. Гумен, В. М. Співак, С. К. Мещанінов, Г. Г. Власюк, Т. Ф. Гумен. – 2-е вид., зі змінами і доповн. – К: Кафедра, 2017. – 281 с.
- 4) Теорія сигналів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. Спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.О. Попов. – Електронні текстові данні (1 файл: 7399 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 268 с.

15. Інформаційні ресурси

- 1) Курс EdX, ІІТ Bombay, Gadre Vikram M., “Signal and systems” part 1-2, 2015 (<https://www.edx.org/course/signals-systems-part-1-iitbombayx-ee210-1x-2> и <https://www.edx.org/course/signals-systems-part-2-iitbombayx-ee210-2x-2>)
- 2) Матеріали, MIT OCW, Alan V. Oppenheim, “Signal and systems”, 1987 (<https://ocw.mit.edu/resources/res-6-007-signals-and-systems-spring-2011/index.htm>).
- 3) Матеріали, MIT OCW, Dennis Freeman, “Signal and systems”, 2011 (<https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-003-signals-and-systems-fall-2011/index.htm>).

Сайт кафедри k501.xai.edu.ua,

МЕНТОР посилення на курс

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2844>