

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор

« _____ » _____ 2016 р.

Програма навчальної дисципліни

«ШУМИ В РАДІОВИМІРЮВАННЯХ»

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 105 Прикладна фізики та наноматеріали
(шифр, назва спеціальності)

спеціалізація _____ квантова радіофізика та фотоніка _____
(шифр, назва спеціалізації)

факультет радіофізики, біомедичної електроніки _____
та комп'ютерних систем _____

2016 / 2017 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від “ 21 ” червня 2016 року № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Дегтярьов Андрій Вікторович, к.ф.-м.н., доцент кафедри квантової радіофізики, доцент.

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від “ 21 ” червня 2016 року № 8

Завідувач кафедри квантової радіофізики

_____ проф. Маслов В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від “ 16 ” червня 2016 року № 6

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

_____ (проф. Черногор Л. Ф.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Граничні вимірювання у радіоелектроніці” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

магістр
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 105 – прикладна фізика та наноматеріали

спеціалізації квантова радіофізика та фотоніка

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни полягає в вивченні студентами впливу шумів на точність вимірювань струмів, напруг, зарядів та інтенсивності випромінювання; фізичної природи та характеристик шумів і методів їх аналізу.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є надання студентам необхідних знань в галузі радіовимірювань, розрахунків, побудови, принципів дії та застосування радіовимірювальних приладів та систем у процесі експлуатації радіоелектронних систем та комплексів.

1.3. Кількість кредитів – 8

1.4. Загальна кількість годин – 240

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна / <u>за вибором</u>
<u>Денна</u> форма навчання Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
1-й
Лекції
44 год.
Практичні, семінарські заняття
28 год.
Лабораторні заняття
24 год.
Самостійна робота
144 год.
Індивідуальні завдання
–

1.6. Заплановані результати навчання – студенти повинні знати: стаціонарні випадкові функції, шуми простих вимірювань, процеси випадкових функцій, спектральний аналіз флуктуючих величин, шуми приладів та підсилювачів, вимірювання граничних струмів та напруг, теплові детектори випромінювання, фотоелектричні детектори, точково-контактні детектори; вміти: здійснювати вибір, розрахунки параметрів і характеристик електронних приладів з мінімальним відношенням сигнал/шум.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Математичні методи та типові процеси випадкових функцій.

Тема 1. Вступ.

Коротка характеристика основних типів шумів у радіоелектроніці: тепловий, дробовий, температурний, генераційно-рекомбінаційний та флікер-шум. Мета та завдання курсу лекцій.

Тема 2. Стаціонарні випадкові функції.

Математичне очікування, дисперсія та кореляційна функція. Властивості кореляційної функції.

Тема 3. Шуми простих вимірювань.

Формула Ейнштейна броунівського руху. Шум електричних ланцюгів. Шум гальванометрів. Вимірювання за допомогою лічильної техніки. Вимірювання постійного струму та випромінювання за допомогою лічильної техніки.

Тема 4. Типові процеси випадкових функцій.

Біноміальний, пуассонівський та нормальний процеси. Наближені формули Лапласа біноміального та пуассонівського законів розподілів. Теорема про дисперсію. Шум пентодів та транзисторів. Шум процесів множення електронів.

Розділ 2. Спектральний аналіз флуктуючих величин та шуми в лінійних системах.

Тема 1. Спектральний аналіз флуктуючих величин.

Теорема Вінера–Хінчина. Спектральна щільність стаціонарної випадкової функції. Властивості спектральної щільності.

Тема 2. Розрахунок спектральної щільності флуктуючих величин.

Розрахунок за допомогою автокореляційної функції. Розрахунок спектральної щільності через дисперсію на нульовій частоті. Теорема Шоткі. Шум у термоелектронному та напівпровідниковому діодах. Розрахунок на основі статистичних закономірностей. Теорема Найквіста. Розрахунок спектральної щільності методом розкладання у ряд Фур'є. Генераційно-рекомбінаційний шум у напівпровідниках.

Тема 3. Опис шумів приладів та підсилювачів.

Шуми двополюсників. Шуми чотириполюсників. Коефіцієнт шуму. Визначення шумових параметрів однокаскадного підсилювача на польовому та біполярному транзисторах. Шум двокаскадного підсилювача.

Тема 4. Флікер-шум та генераційно-рекомбінаційний шум.

Вивід формули Флікер-шуму із формули спектру генераційно-рекомбінаційного шуму. Флікер-шум у транзисторах. Флуктуації опору та кількості носіїв електрики і їх рухливості.

Тема 5. Вимірювання граничних струмів та напруг.

Вимірювання малих постійних струмів з використанням польових транзисторів. Вимірювання граничних напруг методом модуляції-демодуляції. Фазовий детектор.

Розділ 3. Детектори випромінювання.

Тема 1. Теплові детектори випромінювання.

Чутливість, еквівалентна шумова потужність та виявна здатність. Шум флуктуацій температури. Ідеальний тепловий приймач.

Тема 2. Термопарний та болометричний детектори випромінювання.

Основні рівняння, які описують систему. Чутливість, повний опір та еквівалентна шумова потужність.

Тема 3. Фотоелектричні детектори.

Чутливість та еквівалентна шумова потужність фотодіодів та фотоелементів. Методи помноження у транзисторах та лавинних діодах.

Тема 4. Точково-контактні детектори.

Діоди з бар'єром Шотки. Максимальна частота роботи детектора.

Тема 5. Фотозмішання.

Еквівалентна шумова потужність гетеродинного приймача. Коефіцієнт підсилення. Фотозмішувачі на фотодіоді та фотопомножувачі..

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Математичні методи та типові процеси випадкових функцій.												
Тема 1. Вступ	4	2				2						
Тема 2. Стаціонарні випадкові функції	27	4	3	8		12						
Тема 3. Шуми простих вимірювань	19	4	3			12						
Тема 4. Типові процеси випадкових функцій	16	2	2			12						
Разом за розділом 1	66	12	8	8		38						
Розділ 2. Спектральний аналіз флуктуючих величин та шуми в лінійних системах.												
Тема 1. Спектральний аналіз флуктуючих величин	16	4				12						
Тема 2. Розрахунок спектральної щільності флуктуючих величин	19	4	3			12						
Тема 3. Опис шумів приладів та підсилювачів	22	4		8		10						
Тема 4. Фліккер-шум та генераційно-рекомбінаційний шум	14	2				12						
Тема 5. Вимірювання граничних струмів та напруг	16	2	4			10						
Разом за розділом 2	87	16	7	8		56						

Розділ 3. Детектори випромінювання.											
Тема 1. Теплові детектори випромінювання	16	2	4			10					
Тема 2. Термопарний та болометричний детектори випромінювання	17	4	3			10					
Тема 3. Фотоелектричні детектори	22	4		8		10					
Тема 4. Точково-контактні детектори	16	3	3			10					
Тема 5. Фотозмішання	16	3	3			10					
Разом за розділом 3	87	16	13	8		50					
Усього годин	240	44	28	24		144					

4.1. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення параметрів стаціонарної випадкової функції	8
2	Вивчення шумових параметрів високочастотного підсилювача	8
3	Вимірювання параметрів фотодіодного детектора випромінювання	8
Усього годин		24

4.2. Теми практичних та семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розв'язання задач на параметри стаціонарної випадкової функції.	3
2	Розв'язання задач на шуми електричних ланцюгів, гальванометрів та лічильної техніки.	3
3	Розв'язання задач на теорему про дисперсію випадкових величин.	2
4	Розв'язання задач на властивості спектральної щільності.	3
5	Семінар "Шумові параметри чотириполюсників".	4
6	Семінар "Методи вимірювання коефіцієнта шуму".	4
7	Семінар "Шум флуктуацій температури".	3
8	Розв'язання задач по точково-контактним детекторам.	3
9	Семінар "Радіометри надвисоких частот".	3
Усього годин		28

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Основні типи шумів.	2
2	Кореляційна функція та її властивості.	12
3	Вимірювання за допомогою лічильної техніки.	12
4	Наближені формули Лапласа біноміального та пуассонівського законів розподілу.	12
5	Властивості спектральної щільності.	12

6	Теореми Шотки та Найквіста.	12
7	Коефіцієнт шуму. Шуми чотириполюсників.	10
8	Генераційно-рекомбінаційний шум.	12
9	Вимірювання напруг методом модуляції-демодуляції.	10
10	Ідеальний тепловий приймач.	10
11	Термопарний детектор випромінювання.	10
12	Методи помноження у транзисторах та лавинних діодах.	10
13	Чутливість та еквівалентна потужність.	10
14	Фотозмішання на фотодіоді, фотопомножувачі, точково-контактному діоді.	10
	Разом	144

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

7. Методи навчання

Засвоєння матеріалу по дисципліні забезпечується циклом лекцій, проведенням практичних, лабораторних та самостійних занять.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота														Екзамен	Сума		
Розділ 1				Розділ 2					Розділ 3					Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Разом		
T1	T2	T3	T4	T1	T3	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5				
2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
10				15					15					20	60	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендоване методичне забезпечення

Основна література

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, – 2002. – 575 с.
2. Слабкий Л.И. Методы и приборы предельных измерений в экспериментальной физике. – М.: Наука, – 1973. – 274 с.
3. А. Ван дер Зил. Шумы при измерениях. – М.: Мир, – 1979. – 292 с.
4. Букингом М.. Шумы в электронных приборах и системах. – М.: Мир, – 1986. – 398 с.
5. Лавренчик В.Н. Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов. – М.: Энергоатомиздат, – 1986. – 272 с.

Допоміжна література

1. Дж. Купер, К. Макгиллем. Вероятностные методы анализа сигналов и систем. – М.: Мир, – 1989. – 376 с.
2. Г. Дженкинс, Д. Ватс. Спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1971. – 318 с.
3. Ишанин Г.Г. Источники и приемники излучения. СПб.: Политехника, 1991. – 240 с.
4. Г.Отт. Методы подавления шумов и помех в электронных системах. – М.: Мир, 1979 –318с.

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Шуми в підсилювачах
<http://ruseti.ru/toe/elektro27.html>