

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра «Радіотехніка та телекомунікації»

(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор
Гугнін Е.А.

2020 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ППВ 03 Пристрої генерування, формування, передачі радіосигналів

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Радіотехніка
(назва освітньої програми (спеціалізації))

інститут Інформатики та радіоелектроніки
(найменування інституту)

факультет Радіоелектроніки та телекомунікацій
(найменування факультету)

мова навчання Українська

2020 рік

Робоча програма з дисципліни **«Пристрої генерування, формування, передачі радіосигналів»** для студентів

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»,

освітня програма (спеціалізація) «Радіотехніка» .
(назва освітньої програми (спеціалізації))

« » , 20 року – с.

Розробники: **Чорнобородов Михайло Петрович**, доцент кафедри Радіотехніки та телекомунікацій, к.т.н., доцент.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Радіотехніки та телекомунікацій

Протокол від « 23 » червня 2020 року № 12

Завідувач кафедри Радіотехніки та телекомунікацій
(найменування кафедри)

« 23 » червня 2020 року  (Морщавка С.В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією факультету РЕТ за спеціальністю **172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

Протокол від « 27 » серпня 2020 року № 1

« 27 » серпня 2020 року Голова  (Кабак В.С.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

 2020 рік

1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 8,5	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	вибіркова	
Модулів – 2	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП "Радіотехніка"	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		3-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання: <u>курсний проект</u>		Семестр	
Загальна кількість годин – 255		5,6-й	5,6-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	Лекції	
		58 год.	12 год.
		Практичні, семінарські	
		0 год.	0 год.
		Лабораторні	
		28 год.	8 год.
		Самостійна робота	
		124 год.	190 год.
		Індивідуальні завдання: 45 год.	
		Вид контролю: іспит, залік	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 86/124/45;

для заочної форми навчання – 20/190/45.

2 Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета викладання дисципліни

"Пристрої генерації, формування, передачі радіосигналів" – дисципліна, яка дозволяє навчити студентів системному мисленню за проектування передавальних пристроїв складних радіозв'язкових та телекомукаційних систем. Дисципліна викладається на третьому курсі за підготовки фахівців за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

Мета викладання дисципліни полягає у формуванні у фахівця зважених підходів до вибору алгоритмів формування та обробки сигналів, способу побудови радіопередавального пристрою, технічних розв'язків щодо забезпечення завадозахищеності, необхідної дальності дії, надійності та мобільності складних радіотехнічних систем.

Задачі вивчення дисципліни

Задачами дисципліни є:

- вивчення принципів роботи та побудови передавачів радіотехнічних систем різного призначення, можливих алгоритмів генерування й формування радіосигналів;
- формування навичок щодо вибору компромісних технічних розв'язків за проектування складових частин передавального пристрою для виконання вимог технічного завдання на радіотехнічну систему в цілому в межах критерію "ефективність-вартість";
- освоєння методик розрахунків параметрів та характеристик складових частин передавального пристрою з урахуванням системних обмежень, зокрема антенної системи, чутливості приймального пристрою, максимальної вихідної потужності передавача тощо з метою забезпечення дальності дії згідно вимог технічного завдання на систему в цілому.

У підсумку вивчення навчальної дисципліни, студент мусить отримати:

загальні компетентності:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2);
- здатність планувати та управляти часом (ЗК-3);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК-4);
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-5);
- здатність працювати в команді (ЗК-6);
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК-7);
- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК-8);
- навички здійснення безпечної діяльності (ЗК-9);
- прагнення до збереження навколишнього середовища (ЗК-10);

фахові компетентності:

- здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації (ПК-3);
- здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки (ПК-2);
- здатність використовувати нормативну та правову документацію, що стосується інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (закони України, технічні регламенти, міжнародні та національні стандарти, рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку і т.п.) для вирішення професійних завдань (ПК-5);
- готовність до контролю дотримання та забезпечення екологічної безпеки (ПК-7);
- готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів (ПК-8);
- здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки (ПК-10);
- здатність складати нормативну документацію (інструкції) з експлуатаційно-технічного обслуговування інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, а також за програмами випробувань (ПК-11);
- готовність до вивчення науково-технічної інформації, вітчизняного і закордонного досвіду з тематики інвестиційного (або іншого) проекту засобів телекомунікацій та радіотехніки (ПК-14);
- 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 (ПК-15);

Очікувані програмні результати навчання:

- аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні спеціалізованих задач та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов (РН-1);
- застосовувати результати особистого пошуку та аналізу інформації для розв'язання якісних і кількісних задач подібного характеру в інформаційно-комунікаційних мережах, телекомунікаційних і радіотехнічних системах (РН-2);
- визначати та застосовувати у професійній діяльності методики випробувань інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем на відповідність вимогам вітчизняних та міжнародних нормативних документів (РН-3);

- пояснювати результати, отримані в результаті проведення вимірювань, в термінах їх значущості та пов'язувати їх з відповідною теорією (РН-4);
- навички оцінювання, інтерпретації та синтезу інформації і даних (РН-5);
- адаптуватись в умовах зміни технологій інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (РН-6);
- грамотно застосовувати термінологію галузі телекомунікацій та радіотехніки (РН-7);
- описувати принципи та процедури, що використовуються в телекомунікаційних системах, інформаційно-телекомунікаційних мережах та радіотехніці (РН-8);
- формування у фахівця зважених підходів до вибору алгоритмів формування та обробки сигналів, способу та темпу огляду простору, способу вимірювання координат, технічних розв'язків щодо забезпечення завадозахищеності, надійності та мобільності складних радіотехнічних систем.

3 Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Пристрої генерування та формування радіосигналів.

Змістовий модуль 1. Електронні генератори.

Тема 1. Загальні відомості про генератори з зовнішнім збуренням (ГЗЗ). Загальні відомості про ГЗЗ. Режим роботи активного елементу (АЕ). Напруженість режиму АЕ.

Тема 2. Режим роботи підсилювача потужності (ПП). Гармонійний аналіз імпульсів вихідного струму. Вплив навантаження і розлаштування на режим роботи ПП. Ознаки й властивості режимів АЕ у ПП.

Тема 3. Підсилювачі потужності. Схеми ПП на біполярних й польових транзисторах, лампах.

Тема 4. Помножувачі (ПЧ) й подільники (ПД) частоти. Призначення, класифікація й схемотехніка ПЧ та ПД.

Тема 5. Загальні відомості про автогенератори (АГ). Структурна схема АГ. Принцип дії АГ. LC-АГ з трансформаторним зв'язком.

Тема 6. Трикрапкові схеми LC-автогенераторів. Індуктивна і ємнісна трикрапки, схема Клапа

Тема 7. Режим збурення коливань в автогенераторі. Жорсткий та м'який режим збурення коливань в АГ. Автозміщення в АГ.

Тема 8. Генератор, керований напругою. Загальні відомості про варикапи. Увімкнення варикапів до контуру. Генератор, керований напругою.

Змістовий модуль 2. Методи створення високостабільних коливань.

Тема 9. Шуми автогенераторів. Спектральна щільність потужності фазових шумів (СЩПФШ). Вплив режимів роботи АГ й типу АЕ на СЩПФШ.

Тема 10. Стабільність частоти автогенераторів. Стабільність частоти LC-АГ. Розв'язування АГ й навантаження. Вплив типу АЕ на стабільність частоти АГ.

Кварцовий резонатор (КВР).

Тема 11. Автогенератори із кварцовими резонаторами. Осциляторна й фільтрова схеми увімкнення КВР в ємнісній трикрапці. Придушування паразитних коливань у кварцових АГ.

Тема 12. Основи синтезу частот. Загальні відомості про синтезатори частот. Прямий аналоговий синтез. Перетворювач частоти.

Тема 13. Синтезатори частоти з фазовим автопідлаштуванням частоти (ФАПЧ). Поняття ФАПЧ. Непрямий синтез частоти на основі ФАПЧ. Синтезатори з цілочисельним й дробовим коефіцієнтами ділення частоти.

Тема 14. Прямий цифровий синтез. Дискретний спосіб здійснення. Інтегральний DDS-синтезатор. Принцип роботи акумулятора фази.

Тема 15. Основні параметри DDS-синтезаторів. Фазовий шум і тремтіння фронтів синтезаторів прямого цифрового синтезу (СПЦС). Динамічний діапазон, вільний від гармонік. Значення вихідної частоти й частотний поділ. Швидкість переналаштування частоти.

Тема 16. Модуляція й маніпуляція. Фазова й частотна маніпуляції. Застосування синтезаторів DDS для маніпуляції. Квадратурна модуляція.

Модуль 2. Пристрої передавання радіосигналів.

Змістовий модуль 1. Радіомовні передавачі.

Тема 1. Вступ. Класифікація й призначення передавачів. Принципи побудови передавачів.

Тема 2. Передавачі з амплітудною модуляцією (АМ). Спектр АМ-сигналу. Поняття глибини модуляції. Енергетичні характеристики АМ. Структурні схеми АМ-передавачів.

Тема 3. Способи здійснення амплітудної модуляції. Сіткова, базова, анодна й колекторна модуляції.

Тема 4. Односмугова амплітудна модуляція (ОМ). Переваги й недоліки ОМ. Типи й способи формування ОМ-сигналів.

Тема 5. Передавачі з ОМ. Класичний передавач з ОМ. Односмугові передавачі для випромінювань НЗЕ й РЗЕ. Підвищення ефективності потужних ПП з ОМ.

Тема 6. Кутова модуляція (КМ). Частотна й фазова модуляції. Методи отримання.

Тема 7. Передавачі з кутовою модуляцією. Модулятори КМ. Передавачі з КМ. Режими роботи й спотворення за підсиленні потужності сигналів з КМ.

Тема 8. Радіопередавачі ВЧ-діапазона різного призначення. Радіомовні АМ- й ЧМ-передавачі. КХ-трансивери. Особливості проектування проміжних каскадів.

Змістовий модуль 2. Методи створення високостабільних коливань.

Тема 9. Передавачі телевізійного мовлення. Передавачі аналогових станцій телевізійного мовлення. Передавачі станцій цифрового телебачення.

Тема 10. Передавачі радіорелейного й супутникового зв'язку. Груповий сигнал й канална передача даних. Передавачі аналогових й цифрових радіорелейних ліній. Передавачі супутникового зв'язку.

Тема 11. Додавання потужностей сигналів НВЧ-генераторів. Додавання й поділ потужностей. Трансформаторна схема й багатополісна схеми. Додавання потужностей у просторі. Устрій фазообертача.

Тема 12. Передавачі бездротових інтерфейсів зв'язку. Мікросхеми (МС) фізичного рівня: МС радіоканалу, трансивери. Контролери фізичного рівня. Протоколи високого й низького рівнів.

Тема 13. Вступ до стандарту цифрового радіомовлення DRM. Структура передавальної частини системи DRM. Кодування цифрових даних.

Тема 14. OFDM у DRM. Режими й структура передачі. Завадозахищеність системи із структурою OFDM-символів. Структура OFDM-фрейму. Спільна передача аналого-цифрових даних.

Тема 15. MPEG-4 у DRM. Обмеження смуги звукового сигналу за кодування. Алгоритми SBR, CELP, HVXC.

Тема 16. Перетворення даних й кодування каналів передачі DRM. Квадратурна амплітудна модуляція (КАМ) й завадостійкий згортковий код. Підансамблі сигналів М-КАМ. Скремблювання. Мультиплексування даних й захист від помилок. Схеми кодування.

4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	разом	у тому числі					разом	у тому числі				
		лк	пр	лб	інд	с.р.		лк	пр	лб	інд	с.р.
Модуль 1. Пристрої генерування та формування радіосигналів												
Змістовий модуль 1. Фізичні Пристрої генерації, формування, передачі радіосигналів												
Тема 1. Загальні відомості про генератори з зовнішнім збудженням	6	2	0	0	0	4	6,5	0,5	0	0	0	6
Тема 2. Режим роботи підсилювача потужності	10	2	0	4	0	4	7	0,5	0	0,5	0	6
Тема 3. Підсилювачі потужності	12	2	0	6	0	4	7	0,5	0	0,5	0	6
Тема 4. Помножувачі й подільники частоти	6	2	0	0	0	4	6,5	0,5	0	0	0	6
Тема 5. Загальні відомості про автогенератори	6	2	0	0	0	4	6,5	0,5	0	0	0	6
Тема 6. Трикрапкові	6	2	0	0	0	4	6,5	0,5	0	0	0	6

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	разом	у тому числі					разом	у тому числі				
		лк	пр	лб	інд	с.р.		лк	пр	лб	інд	с.р.
схеми LC-автогенераторів												
Тема 7. Режими збурення коливань в автогенераторі	6	2	0	0	0	4	6,5	0,5	0	0	0	6
Тема 8. Генератор, керований напругою	6	2	0	0	0	4	6,5	0,5	0	0	0	6
Змістовий модуль 2. Методи створення високостабільних коливань												
Тема 9. Шуми автогенераторів	5	1	0	0	0	4	6,25	0,25	0	0	0	6
Тема 10. Стабільність частоти автогенераторів	8	2	0	2	0	4	6,75	0,25	0	0,5	0	6
Тема 11. Автогенератори із кварцовими резонаторами	6	2	0	0	0	4	6,25	0,25	0	0	0	6
Тема 12. Основи синтезу частот	5	1	0	0	0	4	6,25	0,25	0	0	0	6
Тема 13. Синтезатори частоти з ФАПЧ	8	2	0	2	0	4	6,75	0,25	0	0,5	0	6
Тема 14. Прямий цифровий синтез	5	2	0	0	0	3	6,25	0,25	0	0	0	6
Тема 15. Основні параметри DDS-синтезаторів	5	2	0	0	0	3	6,25	0,25	0	0	0	6
Тема 16. Модуляція й маніпуляція	5	2	0	0	0	3	7,25	0,25	0	0	0	7
Разом	105	30	0	14	0	61	105	6	0	2	0	97
Модуль 2. Пристрої передавання радіосигналів												
Змістовий модуль 1. Радіомовні передавачі												
Тема 1. Вступ	6	2	0	0	0	4	6,5	0,5	0	0	0	6
Тема 2. Передавачі з амплітудною модуляцією	8	2	0	2	0	4	7	0,5	0	0,5	0	6
Тема 3. Способи здійснення амплітудної модуляції	8	2	0	2	0	4	7	0,5	0	0,5	0	6
Тема 4. Односмугова амплітудна модуляція	8	2	0	2	0	4	6,5	0,5	0	0	0	6
Тема 5. Передавачі з ОМ	8	2	0	2	0	4	7	0,5	0	0,5	0	6

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	разом	у тому числі					разом	у тому числі				
		лк	пр	лб	інд	с.р.		лк	пр	лб	інд	с.р.
Тема 6. Кутова модуляція	8	2	0	2	0	4	6,5	0,5	0	0	0	6
Тема 7. Передавачі з кутовою модуляцією	8	2	0	2	0	4	7	0,5	0	0,5	0	6
Тема 8. Радіопередавачі ВЧ-діапазона різного призначення	8	2	0	2	0	4	6,5	0,5	0	0	0	6
Змістовий модуль 2. Методи створення високостабільних коливань												
Тема 9. Передавачі телевізійного мовлення	6	2	0	0	0	4	6,25	0,25	0	0	0	6
Тема 10. Передавачі радіорелейного й супутникового зв'язку	6	2	0	0	0	4	6,25	0,25	0	0	0	6
Тема 11. Додавання потужностей сигналів НВЧ-генераторів	6	2	0	0	0	4	6,25	0,25	0	0	0	6
Тема 12. Передавачі бездротових інтерфейсів зв'язку	6	2	0	0	0	4	6,25	0,25	0	0	0	6
Тема 13. Вступ до стандарту цифрового радіомовлення DRM	5	1	0	0	0	4	6,25	0,25	0	0	0	6
Тема 14. OFDM у DRM	5	1	0	0	0	4	6,25	0,25	0	0	0	6
Тема 15. MPEG-4 у DRM	5	1	0	0	0	4	6,25	0,25	0	0	0	6
Тема 16. Перетворення даних й кодування каналів передачі DRM	4	1	0	0	0	3	7,25	0,25	0	0	0	7
Разом	105	28	0	14	0	63	105	6	0	2	0	97
Курсове проектування	45	0	0	0	0	45	45	0	0	0	0	45
Разом	255	58	0	28	0	169	255	0	0	4	0	239

5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Режим АЕ ГЗЗ. Характеристики навантаження ГЗЗ	4
2	Дослідження коливальних характеристик ГЗЗ	3
3	Дослідження ГЗЗ з П-подібною схемою узгодження	3

4	Дослідження ГЗЗ із схемою узгодження східцевого типу	3
5	Дослідження нестабільності частоти автогенераторів	3
6	Дослідження синтезатора частот	3
7	Дослідження формувача сигналу з АМ	3
8	Дослідження формувача сигналу з ОМ	3
9	Дослідження формувача сигналу з КМ	3
	Разом	28

6 Методи навчання

Поєднання (різною мірою) пасивного, активного і інтерактивного методів на лекційних, практичних і лабораторних заняттях, на консультаціях по курсовому проектуванню.

7 Очікувані результати навчання з дисципліни

Формування у фахівця зважених підходів до вибору алгоритмів формування та обробки сигналів, способу та темпу огляду простору, способу виміру координат, технічних рішень щодо забезпечення завадозахищеності, надійності та мобільності складних радіотехнічних систем.

8 Методи контролю

Поточний, рубіжний, семестровий контроль (з урахуванням відвідування, виконання і захисту лабораторних робіт, тестування за складання іспиту).

9 Критерії оцінювання

Приклад для заліку та іспиту

Поточне тестування та самостійна робота																Сума
Змістовий модуль №1								Змістовий модуль № 2								
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	100
6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	

T1, T2, ..., T12 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для іспиту, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	

60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13 Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Пристрої генерації, формування, передачі радіосигналів". Частина 1. Для студентів спеціальності 172 "Радіотехніка" усіх форм навчання / Укл. М.П. Чорнобородов, В.Г. Козодавов – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». – 2020. – 53 стор.

2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Пристрої генерації, формування, передачі радіосигналів". Частина 2. Для студентів спеціальності 172 "Радіотехніка" усіх форм навчання / Укл. М.П. Чорнобородов, В.Г. Козодавов – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». – 2020. – 65 стор.

14 Рекомендована література

Основна

1. Кабак В.С. Схемотехніка сучасних синтезаторів частот. Навчальний посібник [Текст] / В.С. Кабак, С.В. Морщавка – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 232 с.

2. Шахгильдян В.В. Радиопередающие устройства: Учебник для вузов / В.В. Шахгильдян, В.Б. Козырев, А.А. Ляховкин и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2003. – 560 с.

3. Шахгильдян В.В. Проектирование радиопередатчиков: Учебник для вузов / В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2000. – 656 с.

4. Ильин А.Г. Устройства формирования сигналов. Часть 1. Генераторы с внешним возбуждением. Автогенераторы: Учебное пособие. / А.Г. Ильин – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2001. – 92 с.

5. Бордус А.Д. Устройства формирования сигналов. Часть 2. Модуляция: Учебное пособие. / А.Д. Бордус – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2001. – 102 с.

6. Царапкин Д.П. Устройства формирования сигналов – типовой расчёт. / Д.П. Царапкин Методическое пособие по курсу "Устройства формирования сигналов". – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 24 с.

Додаткова

7. Хиленко В.И. Радиопередающие устройства: Учебное пособие / В.И. Хиленко, Б.М. Малахов // – М.: Радио и связь, 1991 – 328 с.
8. Кулешов В.Н. Генерирование колебаний и формирование радиосигналов: учеб. пособие / В.Н. Кулешов, Н.Н. Удалов, В.М. Богачев и др.; под ред. В.Н. Кулешова и Н.Н. Удалова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 416 с.
9. Белов Л.А. Формирование стабильных частот и сигналов. / Л.А. Белов – М.: Изд. Центр "Академия", 2005. – 224 с.
10. Алексеев О.В. Генераторы высоких и сверхвысоких частот: Учеб. пособие / О.В. Алексеев, А.А. Головков, А.В. Митрофанов и др. – М.: Высш. школа, 2003. – 326 с.
11. Ткачук, В.М. Радіопередавальні пристрої: навчальний посібник / В.М. Ткачук, С.М. Цирульник, Т.А. Петренко. – Вінниця: Т.П. Барановська, 2015. – 188 с.