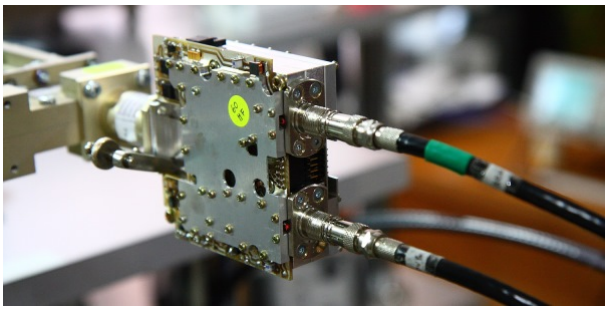
Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра
радіотехнічних систем

[RE-74] ГІБРИДНІ ТА МОНОЛІТНІ ІНТЕГРАЛЬНІ ПРИСТРОЇ МІКРОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	17 - Електроніка та телекомунікації
Спеціальність	172 - Телекомунікації та радіотехніка
Освітня програма	172Мп РТС - Радіотехнічні інформаційні технології (ЄДЕБО id: 8562)172Мп РКС - Радіотехнічні комп'ютеризовані системи (ЄДЕБО id: 49258)172Мп РКС+ - Радіотехнічні комп'ютеризовані системи (ЄДЕБО id: 57922)
Статус дисципліни	Нормативна
Форма здобуття вищої освіти	Заоч.
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кред. (Лекц. 12 год, Практ. год, Лаб. 10 год, СРС. 128 год)
Семестровий контроль/контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: Турєєва О. В., Лаб.: Турєєва О. В., СРС.: Турєєва О. В.
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

...

Швидкий розвиток радіотехнічних систем, зокрема систем спеціального призначення та зв’язку, космічних технологій, медицини, транспорту, нових виробництв призвело до широкого освоєння НВЧ діапазону – частот від 2 до 150 ГГц. Сьогодні обладнання на ці частоти випускається серійно, у великих кількостях, причому в умовах жорсткої конкуренції. Це визначає необхідність радикально змінити всю технологічно-конструкторську базу НВЧ діапазону. Перш за все, це стосується заміни активних приладів на твердотільні і, як наслідок, заміни хвилеведучих систем – об’ємних хвилеводів, коаксіалів на планарні лінії передачі, які виготовляються методами інтегральної технології, а також необхідністю сконцентрувати енергію в об’ємах, співставних із розмірами сучасних твердотільних активних елементів (сотні мікрометрів). Основні принципи побудови ГІС і МІС сучасних мікрохвильових пристроїв на основі хвилеводно-планарних систем є предметом вивчення дисципліни «**Гібридні та монолітні інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону»**

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів **компетентностей**:

ЗК1	ЗК1 Здатність удосконалювати й розвивати свій інтелектуальний і культурний рівень, будувати власну траєкторію професійного розвитку й кар’єри.
ЗК2	ЗК2. Здатність генерувати нові ідеї й нестандартні підходи до їх реалізації (креативність).
ЗК5	ЗК5 Здатність аналізувати, верифікувати, оцінювати повноту інформації в ході професійної діяльності, при необхідності доповнювати й синтезувати відсутню інформацію та працювати в умовах невизначеності.
ЗК8	ЗК8 Здатність до ефективних комунікаційних взаємодій, в тому числі засобами інформаційних технологій.

ФК2	Здатність оцінювати рівень існуючих технологій у галузі професійної діяльності, ефективність технічних рішень та можливість виникнення об’єктів права інтелектуальної власності, відшукувати шляхи та можливості реалізації наукових ідей у прибуткових бізнес-проектах та стартапах.
ФК3	Здатність до системного мислення, вирішення задач розробки, оптимізації та оновлення структурних блоків телекомунікаційних, радіотехнічних та інформаційних систем.
ФК14	Здатність оцінювати конструкторсько-технологічні, інженерні та науково-технічні рішення з точки зору дотримання умов безпеки життєдіяльності, енергоефективності та екологічності.
ФК15	Здатність проектувати сучасні інтегральні пристрої НВЧ з використанням методів електродинамічного аналізу, а також використанням ЕОМ, розраховувати оптимальні конструкції інтегральних багатофункціональних пристрою НВЧ діапазону, які задовольняють вимогам до електричних характеристик за відповідних конструкторсько-технологічних умов, вимірювати їх вихідні характеристики із застосуванням сучасної вимірювальної апаратури.

Предмет вивчання дисципліни «**Гібридні та монолітні інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону»** є принципи побудови ГІС і МІС сучасних мікрохвильових пристроїв на основі хвилеводно-планарних систем, методика розрахунків, схемо-технічні та конструкторсько-технологічні рішення.

У відповідності до освітньої програми **програмні результати навчання:**

ПРН 1	Впорядковувати набуті знання для постановки і вирішення інженерних та наукових завдань, вибору і використання відповідних аналітичних методів розрахунку.

ПРН 6	Досліджувати процеси у телекомунікаційних та радіотехнічних системах з використанням засобів автоматизації інженерних розрахунків, планування та проведення наукових експериментів з обробкою і аналізом результатів.
ПРН 10	Слідувати принципам широкомасштабного впровадження сучасних інформаційних технологій, засобів комунікації, методів підвищення енергетичної та економічної ефективності розробок, виробництва та експлуатації телекомунікаційних та радіотехнічних пристроїв.
ПРН 11	Узагальнювати сучасні наукові знання та застосовувати їх для розв’язання науково-технічних завдань, оцінки можливості доведення отриманих рішень до рівня конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах.
ПРН 16	Виконувати інженерний розрахунок сучасного інтегрального планарного і хвилеводно-планарного НВЧ пристрою (фільтру, вузлів узгодження, змішувача, модулятора, атенюатора та інше), проаналізувати роботу та розрахувати основні характеристики багатофункціонального пристрою НВЧ діапазону (транзисторного підсилювача, приймача, передавача).

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

Міждисциплінарні зв’язки: дисципліна базується на знаннях матеріалу курсів «Загальна фізика», «Вища математика», «Основи теорії кіл», «Електродинаміка та поширення радіохвиль», «Схемотехніка. Електронна компонентна база», «Технології передавання інформації в радіотехнічних системах», «Радіоприймальні пристрої» та інш.

Одержані знання та навички після вивчення цієї дисципліни використовуються подалі в дисциплінах «Антенні системи», «Супутникові інформаційні системи», «Системи радіопротидії», «Радіонавігаційні системи», «Комп'ютерне проектування радіоелектронних пристроїв», при виконанні курсових робіт та магістерських дисертацій.

...

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна містить кредитні модулі:

1) Гібридні та монолітні інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону

2) Курсова робота.

Кредитний модуль 1.

Розділ 1. Електродинамічні властивості ліній передачі діапазону НВЧ.

Тема 1.1. Теоретичний аналіз регулярних ліній передачі діапазону НВЧ. Рівняння Гельмгольца. Зв’язок поперечних та повздовжніх компонент електромагнітного поля. Хвилі типу Т, квазі-Т, Е, Н, гібридні. Загальні властивості дисперсії

Тема 1.2. Огляд реальних ліній передачі діапазону НВЧ: мікросмужкова лінія (МСЛ), Н, П-хвилеводи, як прототипи хвилеводно-планарних ліній передачі, хвилеводно-щілинна (ХЩЛ), хвилеводно-копланарна (ХКЛ), діелектричний дзеркальний хвилевод (ДЗХ).

Розділ 2. Теорія довгих ліній

Тема 2.1. Рішення телеграфних рівнянь, наслідки. Коефіцієнт відбиття, вхідний коефіцієнт відбиття, вхідний опір. Повне і спряжене узгодження.

Тема 2.2. Узгодження за допомогою реактивних шлейфів. Трансформація опору. Одношлейфова схема. Дво-трьохшлейфові схеми, реалізація у різних електродинамічних системах. Діаграма повних опорів. Топологія шлейфового узгодження у інтегральних лініях передачі

Тема 2.3. Узгодження активних опорів. Чвертьхвильовий трансформатор. Багатосекційні чвертьхвильові трансформатори. Плавні переходи. Конструкції у різних інтегральних лініях передачі.

Тема 2.4. Шляхи реалізації реактивностей у діапазоні НВЧ. Короткі неоднорідності. Неоднорідності у хвилеведучих системах. Конструкції у різних електродинамічних системах.

Розділ 3. Конструкції пасивних пристроїв НВЧ.

Тема 3.1. Збудження інтегральних ліній передачі. Збудження гібридних і монолітних інтегральних схем НВЧ діапазону.

Тема 3.2. Конструкції стандартних вузлів НВЧ (шлейфів, короткозамикачів, атенюаторів, узгоджених навантажень, фазообертачів) у гібридних і монолітних схемах НВЧ

Тема 3.3. Спрямовані розгалужувачі. Способи побудови, розрахунок, конструкції у гібридних і монолітних пристроях НВЧ.

Тема 3.4. Фільтри діапазону НВЧ у інтегральному виконанні. Фільтр низької частоти (ФНЧ) , смуговий фільтр (СФ), загороджувальний фільтр (ЗФ) діапазону НВЧ.

Розділ 4. Активні напівпровідникові пристрої НВЧ

Тема 4.1. Діодні керовані пристрої. P-i-n діоди. Параметри. Конструкції, еквівалентні схеми. Амплітудні маніпулятори, електронно-керовані атенюатори, фазові маніпулятори, двох та багатоканальні перемикачі. Гібридно-інтегральні і монолітні конструкції.

Тема 4.2. Нелінійні і параметричні діодні пристрої НВЧ. Діоди з бар’єром Шоткі і варакторні діоди. Детектори, гармонікові, субгармонійні змішувачі – однодіодні та балансні, подвійні балансні. Режим роботи змішувачів. Інтегральні та монолітні діодні помножувачі частоти (варакторний і варисторний).

Тема 4.3. Транзистори і транзисторні пристрої НВЧ діапазону (польові, з великою рухливістю електронів, гетероструктурні, з балістичним прольотом носіїв) . Транзисторні перемикачі, помножувачі, змішувачі.

Тема 4.4. Застосування S, T – матриць для опису вузлів НВЧ діапазону, зокрема на прикладі застосування S, T – матриць для розрахунку транзисторних підсилювачів НВЧ. Стійкість підсилювачів. Абсолютна і умовна стійкість підсилювачів, способи стабілізації підсилювачів.

Тема 4.5. Малошумлячі підсилювачі. Шумовий опір транзисторів. Підсилювачі середньої і великої потужності. Лінеаризація підсилювачів. Конструкції. Параметри підсилювачів і їх вимірювання. Типові характеристики пристроїв у гібридному і монолітному інтегральному виконанні.

Тема 4.6. Транзисторні генератори діапазону НВЧ. Застосування S-матриць для обчислення стартових умов генерації і обчислення потужності у стаціонарному режимі. Стабілізація частоти генераторів за допомогою МСЛ резонаторів та ДР. Параметри генераторів і їх вимірювання.

Розділ 5. Багатофункціональні пристрої НВЧ діапазону у гібридно-інтегральному і монолітно-інтегральному виконанні:

Тема 5.1. Конвертери сигналів супутникового телебачення. Передавачі і приймачі

радіорелейних станцій. Конструкції, принципи побудови, розрахунку,проектування

...

4. Навчальні матеріали та ресурси

...

О с н о в н а л і т е р а т у р а

1. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Основи теорії електромагнітного поля.: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. Ч2/В.М Шокало, В.І. Правда, В.А. Усін, В.С. Вунтесмері, Д.В. Грецьких/ Харків, Колегіум. 2011
2. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник: Навч. посібник /За ред. Ю. Л. Мазора – К: Вища школа, 1999. –839 с.
3. Електронне навчальне видання: [М.Ю. Омеляненко, О.В.Турєєва] «Гібридні та монолітні інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону: методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка» К.: НТУУ "КПІ", 2017. – 40 с. Свідоцтво про надання грифа РТФ№ 003/17. Протокол № 02/2017 від 27.02.2017р.

Д о п о м і ж н а

1. David M. Pozar, Microwave Engineering, John Wiley & Sons, 2011.
2. Thomas H. Lee Planar Microwave Engineering: A Practical Guide to Theory, Measurement, and Circuits. Cambridge University Press. 2004
3. M. Omelianenko and T. Romanenko, "E-plane Stepped -Impedance Bandpass Filter with Wide Stopband," 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, 2020, pp. 838-841, doi: 10.1109/ELNANO50318.2020.9088888.
4. Omelianenko M., Turieieva, O. 24-Channel Ku-Band Low-Loss Slotted Waveguide Power Divider. Radioelectron.Commun.Syst. 61, 242–245 (2018). Doi: 10.3103/S073527271806002X

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Планується проведення лабораторних робіт з метою засвоєння лекційного матеріалу та набуття досвіду роботи з сучасною вимірювальною апаратурою шляхом дослідження характеристик реальних вузлів НВЧ пристроїв та розрахунку систем на їх основі .

Тема 1. Дослідження та розрахунок стандартних НВЧ вузлів у гібридних і монолітних схемах НВЧ.

Тема 2. Фільтри діапазону НВЧ у інтегральному виконанні

Тема 3. Амплітудні модулятори та електронно-керовані атенюатори на p-i-n діодах.

Тема 4. Фазові модулятори на p-i-n діодах.

Тема 5. Дослідження балансного змішувача мікрохвильового діапазону на ДБШ.

6. Самостійна робота студента

На самостійну роботу студентів відводиться 128 годин. СРС складається з:

- самостійного опрацювання матеріалу лекцій – 40 год.;
- підготовки до лабораторних робіт, проведення необхідних розрахунків та оформлення протоколів лабораторних робіт, підготовка до захисту лабораторних робіт – 20 год.;
- підготовка до модульних контрольних робіт – 10 год.;
- підготовка до екзамену – 20 год.;
- виконання курсової роботи за індивідуальною тематикою -30 год.

Основна ціль - самостійне рішення конкретної задачі проектування сучасного НВЧ пристрою на основі вивченого теоретичного матеріалу.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Рекомендовані методи навчання:

- метод проблемного навчання: проблемний виклад на окремих лекціях, і дослідницький метод при виконанні лабораторних робіт;
- особистісно-орієнтований - у вигляді навчальних дебатів під час виконання лабораторних робіт;
- розробка і застосування комп'ютерних засобів при виконанні курсової роботи.

Правила відвідування занять. Відвідування лекцій, практичних та лабораторних занять є обов’язковою, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрових контрольних заходів. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність і якість виконання лабораторних робіт, а також виконання курсової роботи.

Призначення заохочувальних та штрафних балів. Заохочувальні бали виставляються за: активну участь на лекціях , лабораторних та практичних заняттях, Кількість заохочуваних балів не більше 10;Штрафні бали можуть виставлятися за: невиконання або невчасне виконання завдань. Кількість штрафних балів не більше 10.

Академічна доброчесність Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code.

Норми етичної поведінки Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code.

Навчання іноземною мовою Навчальна дисципліна «Гібридні та монолітні інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону» передбачає її вивчення українською мовою. У процесі викладання навчальної дисципліни використовуються матеріали та джерела українською та англійською мовою.

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

1.Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Рейтингова оцінка з дисципліни RD (тобто екзаменаційна оцінка за семестр) формується як сума балів поточної успішності навчання та екзаменаційних балів. RD розраховується за 100-бальною шкалою. Рейтинг студента складається з балів, які він отримує за:

- експрес-контроль з лабораторних занять. Контроль проводиться у вигляді індивідуального опитування за темою лабораторного заняття;

- виконання та захист лабораторних робіт;
- модульну контрольну роботу;
- відповідь на екзамені;

Штрафні та заохочувальні бали:

- не допуск до лабораторної роботи у зв’язку з неправильною

  відповіддю на експрес-контролі **мінус 2 бали**

- відсутність на лекції, лабораторному занятті

  без поважних причин **мінус 2бали**

- активна участь у лабораторних заняттях **плюс 2 бали**

Система рейтингових балів та критерії оцінювання в семестрі

1. Експрес-контроль з лабораторних занять

- повна відповідь **5 балів**
- повна відповідь з неістотними помилками **2 бали**
- відповідь з істотними помилками **3 бали**
- неправильна відповідь **мінус 1 бал**

Максимальна сума балів за експрес-контроль **20 балів**

2. Захист лабораторних робіт (ЛР)

В семестрі виконується 4 ЛР

За кожну ЛР нараховуються бали:

- оформлення звіту відповідно до вимог 1 **бал**
- оформлення звіту з порушеннями **0 балів**
- повна відповідь при захисті ЛР 4 **балів**
- неповна відповідь при захисті ЛР **2 бали**
- незадовільна відповідь при захисті ЛР **мінус 1 бал**

Максимальна сума балів за ЛР **20 балів**

3. Модульний контроль МКР :

- повна відповідь **20 балів**
- відповідь має неістотні неточності **15 балів**
- відповідь неповна, є істотні помилки **5 балів**
- незадовільна відповідь, немає відповіді **0 балів**

Максимальна сума балів за МКР **20 балів**

Розрахунок шкали рейтингу

Сума максимально можливих балів контрольних заходів (поз.1-3) протягом семестру складає:

$$R_{сем} = 20 + 20 + 20 = 60 \text{ балів}$$

Екзаменаційна оцінка шкали RD дорівнює 40% і становить 40 балів:

$$RD = R_{сем} + R_{екз} = 60 + 40 = 100 \text{ балів}$$

Умовою допуску до екзамену є сума балів не менше 0,5* $R_{сем}$ тобто > 30 балів та відсутність заборгованостей з лабораторних робіт.

Студентам, які мають $R_{сем}$ менше 30 балів, протягом останнього тижня семестру надається можливість підвищити $R_{сем}$ та отримати допуск до семестрового екзамену.

Без додаткового опитування (автоматом) студент може отримати тільки оцінки «дуже добре» та «добре». При цьому, стартовий рейтинг студента повинен бути не менше ніж 0,9*$R_{сем}$ тобто > 54 бали. Рейтингові оцінки з дисципліни для виставлення їх до екзаменаційної відомості та залікової книжки трансформуються до таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань які виносяться на семестровий контроль.

- Плоскі хвилі в циліндричних хвилеведучих системах. Фазова стала, фазова швидкість, довжина хвилі.
- Рівняння Гельмгольца для циліндричних хвилеведучих систем. Граничні умови.
- Зв'язок між поздовжніми і поперечними компонентами електромагнітних хвиль в циліндричних хвилеведучих системах.
- Хвилі типу Т і квазі-Т , закони дисперсії для них.
- Хвилі типу Е,Н.Закони дисперсії для них.
- МСЛ. Характеристики, застосування.
- ХЩЛ. Характеристики, застосування.
- ХКЛ. Характеристики, застосування.
- Частково-заповнений прямокутний хвилевід. Закон дисперсії. Діелектричний ефект.
- Телеграфні рівняння і їх розв’язок.
- Коефіцієнт відбиття, його фізичний зміст, зв'язок із опором навантаження довгої лінії.
- Графічне зображення відбиття в довгій лінії на комплексній площині. Вхідний коефіцієнт відбиття.
- Вхідний опір і вхідна провідність
- Стандартні навантаження довгої лінії (КЗ, ХХ) і їх реалізація в ГІС і МІС.
- Еквівалентні схеми каскадно-включених відрізків довгої лінії передачі з відмінними від Z0 опорами.
- Шляхи реалізації реактивностей на НВЧ.
- Реактивні шлейфи і їх реалізація в ГІС і МІС.
- Передача енергії вздовж довгої лінії до навантаження. Узгодження.
- Одношлейфне узгодження. Аналітичний розрахунок і розрахунок з допомогою діаграми Сміта..
- Реалізація одношлейфного узгодження в ГІС і МІС НВЧ.
- Двошлейфна схема узгодження.
- Узгодження активних опорів. Чвертьхвильові трансформатори. Реалізація в ГІС і МІС.
- Багатоступінчастий чвертьхвильовий трансформатор. Порядок розрахунку. Реалізація.
- Плавні переходи.

- Збудження ліній передачі, переходи між лініями.
- ФНЧ діапазону НВЧ. Синтез, реалізація.
- Прохідні резонатори НВЧ. Розрахунок, реалізація.
- Смугові фільтри НВЧ. Частотні перетворення.
- Інвертори опорів, як елементи смугопропускаючих фільтрів НВЧ.
- Порядок синтезу смугових фільтрів НВЧ на півхвильових резонаторах.
- Конструкції смугових фільтрів НВЧ на півхвильових резонаторах.
- Спрямовані відгалужувачі, параметри, реалізація в ГІС НВЧ діапазону.
- Фізика роботи p-i-n діодів, їх параметри, p-i-n діодні амплітудні маніпулятори відбиваючого типу. Реалізація, розрахунок, характеристики.
- P-i-n діодні амплітудні маніпулятори невідбиваючого типу.
- Електронно-керовані p-i-n атенюатори. Особливості розрахунку, реалізація, параметри.
- Принципи побудови цифрових керованих атенюаторів НВЧ у вигляді МІС.
- P-i-n діодні перемикачі. Реалізація.
- P-i-n діодні керовані фазові маніпулятори на довільний фазовий зсув.
- P-i-n діодний фазовий 0-π маніпулятор.
- Монолітні цифрові фазозсувачі.
- Діоди НВЧ діапазону із бар’єром Шоткі. ВАХ, еквівалентна схема, параметри.
- Діодні детектори НВЧ діапазону. Реалізація, параметри.
- Діодні змішувачі НВЧ. Однодіодні змішувачі. Недоліки, реалізація, параметри.
- Балансні змішувачі. Переваги, реалізація, параметри.
- Субгармонійні змішувачі НВЧ.
- Діодні помножувачі частоти. Реалізація, параметри.
- Діодні обмежувачі потужності. Реалізація, параметри.
- Транзистори НВЧ діапазону.
- Транзисторні підсилювачі потужності. Стійкість транзисторів. МСЛ реалізація, параметри.
- Сумування потужностей. Потужні транзисторні підсилювачі. Шляхи побудови.
- Малошумлячі транзисторні підсилювачі НВЧ діапазону. Шумова температура. Шумове узгодження, оптимальний коефіцієнт відбиття.
- Транзисторні генератори НВЧ діапазону. ГІС простого транзисторного генератора.
- Транзисторний ГКН (VCO). ГІС ГКН.
- Стабілізація частоти транзисторного генератора. ГІС стабілізованого генератора на ДР.
- Спектральна щільність генератора і її важливість, як характеристики генератора. Синтезатори частоти, принцип роботи, параметри.
- Кругова діаграма повних опорів і провідностей. Використання кругової діаграми для розрахунку вхідних опорів і вхідних провідностей

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Проведення лабораторних робіт спрямовано на засвоєння лекційного матеріалу шляхом дослідження експериментальних характеристик реальних вузлів НВЧ пристроїв (амплітудних та фазових модуляторів на p-i-n діодах, балансних діодних змішувачів) у гібридно-інтегральному виконанні та застосування викладених методик розрахунку систем на їх основі. Методичні вказівки містять для кожної лабораторної роботи теоретичну частину, опис макету та вимірювального стенду, порядок виконання досліджень і контрольні запитання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 - Дослідження смугових фільтрів МКХ діапазону у хвилеводно-планарному виконанні

Обладнання: стандартний панорамний вимірювач КСХ і ослаблення (2 блоки: генераторний Р2-66 та індикаторний Я2Р-67), спеціально розроблені і виготовлені в лабораторії каф. РТС зразки хвилеводно-планарних смугових фільтрів з різними параметрами АЧХ

1 стенд, 4 робочих місця.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 - Дослідження електронно-керованих гібридно-інтегральних

пристроїв НВЧ діапазону:

амплітудний електронно-керований атенюатор на p-i-n діодах.

Стенд 1:стандартний панорамний вимірювач КСХ і ослаблення (2 блоки: генераторний Р2-66 та індикаторний Я2Р-67), Генератор імпульсів. Осцилограф. Спеціально розроблений і виготовлений в лабораторії каф. РТС зразок хвилеводно -щілинного амплітудного модулятора на 3-х p-i-n діодах. Спеціально розроблений блок керування.

фазовий модулятор на p-i-n діоді

Стенд2: стандартний панорамний вимірювач КСХ і ослаблення (2 блоки: генераторний Р2-66 та індикаторний Я2Р-67), хвилеводний тракт, що включає в себе спрямований відгалужувач «10 дБ», вентиль, механічно керований фазообертач на основі циркулятора і КЗ-поршня. Спеціально розроблені і виготовлені в лабораторії каф. РТС зразоки хвилеводно -щілинного фазового маніпулятора на p-i-n діоді і фазового детектора. Блок керування. Осцилограф.

2 стенди, по 4 робочих місця.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 - Дослідження характеристик дзеркальних діелектричних хвилеводів (ДДХ) і пристроїв на їх основі

Обладнання: стандартний панорамний вимірювач КСХ і ослаблення (2 блоки: генераторний Р2-65 та індикаторний Я2Р-67), спеціально розроблений і виготовлений в лабораторії каф. РТС стенд для вимірювання параметрів відрізка ДДХ., макет спрямованого відгалужувача на зв’язаних відрізках ДДХ.

1 стенд, 4 робочих місця.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 - Дослідження характеристик малошумлячого транзисторного мікросмужкового підсилювача

Обладнання: стандартний панорамний вимірювач КСХ і ослаблення (2 блоки: генераторний Р2-66 та індикаторний Я2Р-67), блок живлення Б5-8, спеціально розроблений і виготовлений в лабораторії каф. РТС макет транзисторного підсилювача потужності.

1 стенд, 4 робочих місця.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 - Дослідження роботи малошумлячого змішувача як вхідного пристрою приймальної системи НВЧ

Обладнання: стенд містить стандартний генератор коливань гетеродина (частота 18-22 ГГц), стандартний генератор сигналу (частота 18-22 ГГц), ножовий і поляризаційний атенюатори, досліджуваний змішувач (ЛР №1), попередній підсилювач проміжної частоти (розроблено і виготовлено на каф.РТПС), смуговий фільтр(розроблено і виготовлено на каф.РТПС), детектор амплітудно-модульованих коливань, осцилограф, блок живлення підсилювача проміжної частоти.1 стенд, 4 робочих місця.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):
Складено Турєєва О. В.;
Ухвалено кафедрою РТС (протокол № 06/22 від 14.06.2022)

Погоджено методичною комісією факультету/ННІ (протокол № 06-2022 від 30.06.2022)