

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.01/172.00.1/М/ОК7- 2022
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 16 / 1</i>

## **ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»  
протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
№\_\_

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для самостійної роботи з навчальної дисципліни «Мікрохвильові пристрої та технології»**

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр»  
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
освітньо-професійна програма «Телекомунікації та радіотехніка»  
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій  
кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях

Розглянуто і рекомендовано  
на засіданні кафедри  
комп'ютерних технологій  
у медицині та телекомунікаціях  
«27» вересня 2022 р.,  
протокол №9

Розробник: к.т.н., в.о. завідувача кафедри комп'ютерних технологій  
у медицині та телекомунікаціях ЧУХОВ Владислав

Житомир  
2022 р.

Чухов В. В. Методичні рекомендації для самостійної роботи з навчальної дисципліни «Мікрохвильові пристрої та технології» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр» спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» освітньо-професійної програми «Телекомунікації та радіотехніка» – Житомир: Житомирська політехніка, 2022.– 16 с.

## 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою дисципліни** «Мікрохвильові пристрої та технології» є вивчення принципів побудови, функціонування та основ розрахунку гібридних та монолітних інтегральних пристроїв мікрохвильового діапазону.

**Завданнями вивчення дисципліни** «Мікрохвильові пристрої та технології» є:

- вивчення принципів та методів досліджень, проектування інтегральних пристроїв сучасних та перспективних телекомунікаційних і радіотехнічних систем;
- набуття вмінь аналізу напрямів перспективного розвитку і новітніх стандартів у сфері телекомунікацій та радіотехніки;
- вивчення основ імітаційного моделювання мікрохвильових пристроїв.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування таких **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»:

**ЗК1.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

**ЗК2.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

**ЗК3.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

**ЗК4.** Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

**ЗК5.** Здатність спілкуватися іноземною мовою.

**ЗК9.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

**ЗК10.** Здатність розробляти проекти та управляти ними, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

**СК1 (ФК1).** Знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів та методології наукових досліджень.

**СК2 (ФК2).** Здатність до реалізації принципів системного підходу при проведенні досліджень процесів, що протікають в телекомунікаційних і радіотехнічних системах, комплексах та пристроях.

**СК3 (ФК3).** Здатність обґрунтовано обирати та ефективно застосовувати математичні методи, комп'ютерні технології моделювання, а також технічні підходи для оптимізації телекомунікаційних і радіотехнічних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів на всіх етапах їх життєвого циклу з метою отримання техніко-економічного вигаду.

**СК4 (ФК4).** Здатність застосовувати комплексний підхід до вирішення задач забезпечення надійності, живучості, завадозахищеності, інформаційної безпеки та пропускну здатності телекомунікаційних та радіотехнічних систем.

**СК5 (ФК5).** Здатність розробляти, вдосконалювати та використовувати сучасне програмне, апаратне та програмно-апаратне забезпечення телекомунікаційних та радіотехнічних пристроїв (засобів, систем, комплексів).

**СК6 (ФК6).** Здатність здійснювати діяльність з розробки охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності (патенти на винахід та/або корисну модель), дотримуватися правових і етичних норм з питань інтелектуальної власності.

**СК7 (ФК7).** Здатність працювати з науково-технічною літературою та іншими джерелами інформації.

**СК8 (ФК8).** Здатність розв'язувати складні професійні завдання і проблеми на основі застосування новітніх технологій передавання, приймання і обробки інформації.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими таких **програмних результатів** навчання за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»:

**РН4 (ПРН4).** Знати і розуміти принципи та методи дослідження, проектування, модернізації, впровадження та експлуатації сучасних та перспективних телекомунікаційних і радіотехнічних систем, комплексів, технологій, пристроїв та їх компонентів за напрямком професійної діяльності.

**РН7 (ПРН7).** Вміти аналізувати напрями перспективного розвитку і новітні стандарти у сфері телекомунікацій та радіотехніки.

**РН9 (ПРН9).** Володіти мовами програмування загального та спеціалізованого призначення, пакетами аналітичного та імітаційного моделювання, а також середовищами розробки програмного та/або апаратного забезпечення за напрямком професійної діяльності.

## **2. Програма навчальної дисципліни**

### **Модуль 1**

#### **Змістовий модуль 1. Елементи мікрохвильових пристроїв**

##### **Тема 1. Лнії передачі (ЛП) інтегральних схем (ІС) мікрохвильового діапазону**

Інтегральні схеми (ІС) та модулі мікрохвильових пристроїв: призначення, типи, компоненти. Основні ЛП гібридних інтегральних схем мікрохвильового діапазону, розрахунок їхніх параметрів.

##### **Тема 2. Елементи та вузли ІС мікрохвильового діапазону**

Індуктивності, ємності, резистори та узгоджені навантаження. Резонатори ІС. Пристрої збудження, переходи, короткозамикачі.

### **Модуль 2**

#### **Змістовий модуль 2. Інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону**

##### **Тема 3. Інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону**

Спрямовані відгалужувачі та мости. Подільники та суматори потужності. Пристрої керування фазою та амплітудою сигналу.

##### **Тема 4. Активні інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону**

Автогенератори та підсилювачі мікрохвильового діапазону. Змішувачі.

### 3. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Денна форма навчання

Змістові модулі і теми	Кількість годин				
	Всього	Лекції	Практичні	Лабораторні	Самостійна робота
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1. Елементи мікрохвильових пристроїв</b>					
Тема 1. Лінії передач інтегральних схем мікрохвильового діапазону	18	4	2	0	12
Тема 2. Елементи та вузли інтегральних схем мікрохвильового діапазону	30	4	6	0	20
<b><i>Разом змістовий модуль 1</i></b>	<b><i>48</i></b>	<b><i>8</i></b>	<b><i>8</i></b>	<b><i>0</i></b>	<b><i>32</i></b>
<b>Модуль 2</b>					
<b>Змістовий модуль 2. Інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону</b>					
Тема 3. Інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону	26	6	4	0	16
Тема 4. Активні інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону	16	4	0	0	12
<b><i>Разом змістовний модуль 2</i></b>	<b><i>42</i></b>	<b><i>10</i></b>	<b><i>4</i></b>	<b><i>0</i></b>	<b><i>28</i></b>
<b><i>ВСЬОГО</i></b>	<b><i>90</i></b>	<b><i>18</i></b>	<b><i>12</i></b>	<b><i>0</i></b>	<b><i>60</i></b>

#### 4. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Розрахунок хвильового опору МСЛ	2	0
2	Визначення основних параметрів мікрохвильових резисторів	2	0
3	Програма RFSim99: призначення, можливості, інтерфейс	2	0
4	Дослідження фільтра на зосереджених елементах у RFSim99 (частина 1)	2	0
5	Дослідження фільтра на зосереджених елементах у RFSim99 (частина 2)	2	0
6	Моделювання фільтра на елементах з розподіленими параметрами у RFSim99	2	0
Разом		12	0

#### 5. Завдання для самостійної роботи

##### **Тема 1. Лінії передач інтегральних схем мікрохвильового діапазону**

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Питання для самостійного вивчення у темі 1: щілинна та хвильоводно-щілинна лінії передач [1]; склад та будова мікрохвильових телерадіоінформаційних мереж [1].
3. Підготовка до практичного заняття №1.

##### **Тема 2. Елементи та вузли інтегральних схем мікрохвильового діапазону**

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Питання для самостійного вивчення у темі 2: фільтри НВЧ [2, 4, 6].
3. Підготовка до практичних занять №2 – 4.



### **Тема 3. Інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону**

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Питання для самостійного вивчення у темі 3: подільники потужності на мостових пристроях [2, 4, 6].
3. Підготовка до практичних занять №5, 6.

### **Тема 4. Активні інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону**

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Питання для самостійного вивчення у темі 4: математична модель діода Гана [2, 4].
3. Підготовка до КМР №2.

## **6. Індивідуальні завдання**

Індивідуальні завдання для самостійної роботи студентів не передбачено навчальним планом.

## **7. Методи навчання**

Методами навчання під час викладання дисципліни є: лекції (теорія), практичні та лабораторні заняття, самостійна робота, консультації.

## **8. Методи контролю**

Під час вивчення дисципліни застосовуються поточний, модульний контроль і підсумковий контроль знань студентів. Останній здійснюється у формі екзамену.

Об'єктом оцінювання знань студентів є програмний матеріал дисципліни різного характеру і рівня складності, засвоєння якого відповідно перевіряється під час поточного контролю і на екзамені. Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою.

*1. Поточний контроль.* В процесі поточного контролю здійснюється перевірка запам'ятовування та розуміння програмного матеріалу, набуття вміння і навичок конкретних розрахунків та обґрунтувань, набуття навичок практичної роботи з вимірювальними приладами.

Об'єктами поточного контролю знань студента є:

1) систематичність та активність роботи на практичних заняттях;

2) виконання завдань для самостійного опрацювання;

4) виконання модульних робіт (контрольних занять).

При контролі систематичності та активності роботи на лекційних заняттях оцінці підлягають: рівень знань продемонстрований в письмових та усних відповідях на практичних заняттях, результати контролю.

При контролі виконання завдань для самостійного опрацювання оцінці підлягають: самостійне опрацювання тем в цілому чи окремих питань, проведення контрольних робіт.

При виконанні модульних (контрольних) завдань оцінці підлягають: тести, виконання письмових завдань під час проведення контрольних робіт, інші завдання.

*2. Система підсумкового контролю*

Формою підсумкового контролю з дисципліни є екзамен. Екзамен проводиться в усній формі. Студент має право отримати оцінку за результатами модульного контролю, якщо він виконав всі види навчальної роботи без порушення встановлених термінів і отримав позитивну (за національною шкалою) підсумкову оцінку.

Якщо студент отримав незадовільну оцінку або не згоден з оцінкою за результатами модульного контролю, він повинен скласти екзамен.

*3. Перелік екзаменаційних завдань*

Теоретичні питання, наведені у білетах, добираються з тематичного плану дисципліни, лекційного матеріалу, переліку питань для самостійного вивчення дисципліни, питань самостійної роботи студентів.

## 9 Схема нарахування балів

Загальна кількість балів за якими оцінюється вся поточна робота розподіляється між об'єктами контролю таким чином:

- дві письмові контрольні модульні роботи 52 бали;
- робота під час 6 практичних занять 48 балів;
- Разом 100 балів.

Передбачено 5 додаткових балів за підготовку та виступ з презентацією за темою дисципліни.

Мінімум балів при яких студент допускається до екзамену – 50 балів.

## 10. Розподіл балів

Поточне тестування та самостійна робота				Сума
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2		
T1	T2	T3	T4	100
25	30	25	20	

Підсумкову оцінку студент отримує за загальною сумою балів згідно таблиці:

За шкалою	Екзамен	Залік	Бали
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре	Зараховано	82-89
C			74-81
D	Задовільно	Зараховано	64-73
E			60-63
FX	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F		Не зараховано	0-34

### ***Основна література***

1. Michael Steer Microwave and RF Design: transmission lines. Volume 2 – Third edition. – NC State University, 2019. – 304 p.
2. Bahl I. J. Lumped elements for RF and microwave circuits – Artech house, 2003. – 505 p.
3. Reinmut K. Hoffman Handbook of microwave integrated circuits – Artech house, 1987. – 265 p.
4. Ingo Wolff Coplanar microwave integrated circuits – John Wiley & sons, 2006. – 558 p.
5. Samuel Y. Liao Microwave devices and circuits – Prentice hall, 2007. – 540 p.
6. Kyohei Fujimoto Mobile Antenna Systems Handbook – Third edition. – Artech House inc, 2008. – 790 p.
7. Kin-Lu Wong Compact and Broadband Microstrip Antennas John Wiley & Sons, Inc, 2002. – 340 p.

### ***Допоміжна література***

1. Захарія Й. А. Методи прикладної електродинаміки. – Львів: Бескид Біт, 2003. – 352 с.
2. Wadell Brian Transmission line design handbook – Artech house, 1991. – 266 p.

### ***Інформаційні ресурси в Інтернеті***

1. [www.iec.ch](http://www.iec.ch) – Міжнародна електротехнічна комісія.
2. [www.itu.int](http://www.itu.int) – Міжнародний союз з телекомунікацій.
3. [www.cenelec.org](http://www.cenelec.org) – Європейський комітет стандартизації в області електротехніки.
4. <http://www.rtt.ua/> – Концерн радіомовлення, радіозв'язку та телебачення.

5. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1208-2005-%D0%BF> – Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Національної таблиці розподілу смуг радіочастот України» №1208 від 15 грудня 2005 р.

6. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1280-iv> – Закон України «Про телекомунікації» №1280-IV від 18 листопада 2003 р.

7. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/3759-12> – Закон України «Про телебачення і радіомовлення» № 3759-XII від 21 грудня 1993 р.

8. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/1770-14> – Закон України «Про радіочастотний ресурс» №1770-III від 1 червня 2000 р.

10. <http://www.zeonbud.com.ua/> – ТОВ «Зеонбуд»

11. <https://www.rohde-schwarz.com> – компанія «Rohde & Schwarz», продукція бездротового зв'язку, контрольнo-вимірювальне обладнання для радіовимірювань, телерадіомовлення ті мультимедіа, керування повітряним рухом, радіозв'язок, кібербезпека та мережеві технології.

12. <http://kvantefir.com/> – НВП «Квант-Ефір», обладнання для телерадіомовлення

13. <https://www.kathrein.com/> – Kathrein, антени, антенна техніка

14. [www.schwarzbeck.com](http://www.schwarzbeck.com) – компанія «Schwarzbeck»

15. [www.ets-lindgren.com](http://www.ets-lindgren.com) – компанія «TS-Lindgren»

16. [www.teseq.com](http://www.teseq.com) – компанія «Teseq»

17. [www.aaronia.de](http://www.aaronia.de) – компанія «Aaronia»

18. <https://tera.pro> – «ТЕРАПРО» ,обладнання для телерадіомовлення

19. <http://vigintos.com/> – «Vigintos Elektronika», обладнання для телерадіомовлення

20. [www.ied.org.ua](http://www.ied.org.ua) – Інститут електродинаміки Національної академії наук України.

21. [www.ire.kharkov.ua](http://www.ire.kharkov.ua) – Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова.
22. [www.nbuv.gov.ua/](http://www.nbuv.gov.ua/) – Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського.
23. [www.lib.zt.ua/](http://www.lib.zt.ua/) – Житомирська обласна універсальна наукова бібліотека ім. Олега Ольжича.
24. [www.lib.ztu.edu.ua/](http://www.lib.ztu.edu.ua/) – бібліотека Державного університету «Житомирська політехніка».
25. [www.akoninc.com](http://www.akoninc.com) – AKON, Inc, електронні пристрої з цифровим керуванням для діапазону частот 0,5...40 ГГц.
26. [www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) – компанія Mini-Circuits, ВЧ та НВЧ пристрої.
27. [www.flann.com](http://www.flann.com) – Flann Microwave, антени, НВЧ пристрої, тестове та вимірювальне обладнання для діапазону частот 2...170 ГГц.
28. [www.etiworld.com](http://www.etiworld.com) – Electromagnetic Technologies Industries (ET Industries), компоненти та системи ВЧ та НВЧ діапазонів.
29. [www.eclipsemicrowave.com](http://www.eclipsemicrowave.com) – Eclipse Microwave, Inc , НВЧ компоненти.
30. [www.ditom.com](http://www.ditom.com) – DiTom Microwave, феритові пристрої для діапазону частот 250 МГц... 40 ГГц.
31. [www.aml-microtec.com](http://www.aml-microtec.com) – AML Microtechnique Lorraine, НВЧ пристрої та вироби для бортової авіаційної та космічної апаратури.
32. [www.barryind.com](http://www.barryind.com) – Barry Industries, пасивні електронні компоненти.
33. [www.datadelay.com](http://www.datadelay.com) – Data Delay Devices, Inc. (DDD), лінії затримки, генератори, помножувачі частоти, фільтри.
34. [www.emifiltercompany.com](http://www.emifiltercompany.com) – EMI Filter Company, фільтри.

35. [www.ionbeammilling.com](http://www.ionbeammilling.com) – Ion Beam Milling, прецизійні радіочастотні елементи.
36. [www.ums-gaas.com](http://www.ums-gaas.com) – United Monolithic Semiconductors, ВЧ та НВЧ мікросхеми.
37. [www.rogerscorp.com](http://www.rogerscorp.com) – Rogers Corporation, радіоматеріали.
38. [www.semiconductorenclosures.com](http://www.semiconductorenclosures.com) – Semiconductor Enclosures, Inc. (SEI), корпуси для НВЧ та оптоелектронних пристроїв, керамічні підложки, кристали на підложці.
39. [www.precidip.com](http://www.precidip.com) – PRECI-DIP, контакти та з'єднувачі.
40. [www.passiveplus.com](http://www.passiveplus.com) – Passive Plus Inc, НВЧ компоненти.
41. [www.coaxicom.com](http://www.coaxicom.com) – Coaxial Components Corporation (COAXICOM, коаксіальні радіочастотні компоненти.
42. [www.diamondantenna.com](http://www.diamondantenna.com) – Diamond Antenna & Microwave Corporation, обертові зчленування.
43. [www.megaphase.com](http://www.megaphase.com) – MegaPhase, НВЧ та оптичні кабелі і роз'єми
44. [www.microtech-inc.com](http://www.microtech-inc.com) – Microtech, Inc., хвилеводи, хвилеводні пристрої.
45. [www.ni-microwavcomponents.com](http://www.ni-microwavcomponents.com) – National Instruments, вимірювальна апаратура, радіочастотні компоненти та пристрої.
46. [www.signalhound.com](http://www.signalhound.com) – Test Equipment Plus, тестове обладнання.
47. <https://romsat.ua/> – «ROMSAT» – українська компанія, яка спеціалізується на комплексних поставках обладнання систем телебачення та телекомунікації.
48. <https://www.amos-spacescom.com> – Spacescom, оператор супутникових послуг.
49. <https://www.ses.com> – SES, оператор супутникових послуг.