

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/Б/ОК26- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету
інформаційно-комп'ютерних
технологій

28 серпня 2023 р., протокол № 5

Голова Вченої ради

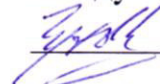
Тетяна НІКІТЧУК




РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Приймання та оброблення сигналів і зображень»

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

Схвалено на засіданні кафедри
комп'ютерних технологій у
медицині та телекомунікаціях
28 серпня 2023 р., протокол №7
Завідувач кафедри

 Владислав ЧУХОВ

Гарант освітньо-професійної
програми

 Віталій ЦИПОРЕНКО

Розробник: к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях ЦИПОРЕНКО Валентин, ст. викл. АНДРУСЕНКО Євген

Житомир
2023 – 2024 н.р.

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/Б/ОК26- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 2

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів 4	Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»	Нормативна	
Модулів – 2	Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2024	2024
Загальна кількість годин - 120		Семестр	
		6-й	6-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи – 2,5	Освітній ступінь «бакалавр»	Лекції	
		48 год.	8 год.
		Практичні	
		0 год.	0 год.
		Лабораторні	
		32 год.	6 год.
		Самостійна робота	
40 год.	106 год.		
Індивідуальна робота:			
-			
Вид контролю: екзамен			

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

для денної форми навчання – 67 % аудиторних занять, 33 % самостійної та індивідуальної роботи;

для заочної форми навчання – 12 % аудиторних занять, 88 % самостійної та індивідуальної роботи.

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/Б/ОК26- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 3

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни «Приймання та оброблення сигналів» є вивчення основ фізичних процесів, теорії та принципів побудови і функціонування пристроїв приймання та оброблення сигналів, використовуваних у різних телекомунікаційних і радіотехнічних системах.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є вивчення основних методів приймання та оброблення сигналів, методів забезпечення основних характеристик пристроїв приймання та оброблення сигналів; формулювання та обґрунтування основних технічних вимог до них та окремих вузлів.

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

ФК1. Здатність застосовувати пакети інженерного програмного забезпечення для проведення досліджень, аналізу, обробки та представлення результатів.

ФК4. Здатність розуміти технічні і функціональні характеристики телекомунікаційних та радіотехнічних систем, методів і процедур, що використовуються в радіотехніці.

ФК6. Здатність планувати, проектувати, розробляти, встановлювати, експлуатувати і підтримувати прилади, обладнання, телекомунікаційні та радіотехнічні пристрої та системи.

ФК7. Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проектування, розрахунку та випробувань при розробці телекомунікаційних та радіотехнічних пристроїв та систем.

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

ПРН4. Здатність використовувати бази даних, математичне і програмне забезпечення для обробки даних та комп'ютерного моделювання телекомунікаційних та радіотехнічних систем.

ПРН5. Вміти спілкуватися з професіоналами в області телекомунікацій та радіотехніки та розуміти їхні вимоги до технічних продуктів і послуг.

ПРН8. Вміти планувати, організувати, направляти і контролювати системи і процеси в області телекомунікацій та радіотехніки.

ПРН11. Вміти аналізувати сигнали, які передаються в телекомунікаційних системах.

ПРН13. Вміти вибирати та рекомендувати відповідне обладнання та програмне забезпечення для основних стадій технологічного процесу проектування, діагностики та ремонту.

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/Б/ОК26- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 4

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Загальні відомості про пристрої приймання та оброблення сигналів

Тема 1. Загальні відомості про пристрої приймання та оброблення сигналів

Призначення, складові частини, класифікація приймальних пристроїв. Характеристики приймальних пристроїв. Функціональні вузли та структури приймачів. Моделі та характеристики сигналів.

Тема 2. Радіозавади

Характеристики радіозавад. Моделі радіозавад. Вплив завад на лінійні селективні кола. Загальні відомості про внутрішні шуми та джерела їх виникнення. Шум елементів приймача. Шумові характеристики приймача та його елементів.

Змістовий модуль 2. Функціональні вузли пристроїв приймання та оброблення. Архітектура програмно-конфігурованого радіо

Тема 3. Вхідні кола

Призначення, класифікація та характеристики вхідних кіл. Принципи роботи вхідних кіл різних частотних діапазонів. Аналіз узагальненого вхідного кола. Вхідні кола з настроєною та ненастроєною антенами.

Тема 4. Селективні підсилювачі

Визначення, призначення, основні параметри та класифікація селективних підсилювачів. Принципи роботи та схеми селективних підсилювачів. Проходження сигналів через селективні підсилювачі.

Тема 5. Підсилювачі проміжної частоти

Призначення та основні параметри підсилювачів проміжної частоти. Принцип роботи підсилювача проміжної частоти. Коефіцієнт передачі та селективні властивості підсилювачів проміжної частоти.

Тема 6. Перетворювачі частоти

Призначення, класифікація та основні параметри перетворювачів частоти. Кола перетворювачів частоти.

Тема 7. Детектори

Призначення, класифікація та основні параметри амплітудних детекторів. Аналіз діодних амплітудних детекторів. Кола амплітудних детекторів.

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/Б/ОК26- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 5

Обмежувачі амплітуди.

Призначення, класифікація та основні параметри частотних детекторів.
Принципи роботи та типові схеми частотних детекторів.

Призначення, класифікація та основні параметри фазових детекторів.
Принципи роботи та типові схеми фазових детекторів.

Тема 8. Керування пристроями приймання

Загальні відомості. Автоматичне регулювання підсиленням. Автоматичне підстроювання частоти.

Тема 9. Завади радіоприйому та методи боротьби з ними

Завадостійкість приймачів. Методи боротьби з адитивними завадами у приймальних пристроях. Методи боротьби з мультиплікативними завадами у приймальних пристроях.

Тема 10. Архітектура програмно-конфігурованого радіо (ПКР)

Радіостанція ПКР: архітектура, параметри, перетворення спектра сигналу. Комбінаційні частоти у перетворенні спектра. Приймач ПКР. Передавач ПКР. Програмна підтримка обладнання радіоканалу ПКР.

Тема 11. Основи представлення зображення. Методи покращення зображень. Формати та інтерфейси передачі відео зображень

Тема 12. Загальні принципи побудови систем обробки та відтворення відео зображень. Виробництво систем обробки і відтворення зображень, LED екранів

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/Б/ОК26- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 6

4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Змістові модулі і теми	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	лекції	лабораторні	самостійна робота	усього	лекції	лабораторні	самостійна робота
Модуль 1								
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про пристрої приймання та оброблення сигналів								
Тема 1. Загальні відомості про пристрої приймання та оброблення сигналів		2	2	4		1	2	8
Тема 2. Радіозавади		2	2	4		1	0	8
Разом за змістовий модуль 1	16	4	4	8	20	2	2	16
Модуль 2								
Змістовий модуль 2. Функціональні вузли пристроїв приймання та оброблення. Архітектура програмно-конфігурованого радіо. Передавання та обробка зображень								
Тема 3. Вхідні кола		2	2	2		0,5	2	11
Тема 4. Селективні підсилювачі		2	2	2		0,5	0	11
Тема 5. Підсилювачі проміжної частоти		4	2	2		0,5	0	11
Тема 6. Перетворювачі частоти		4	2	2		0,5	0	12
Тема 7. Детектори		4	2	2		0,5	0	12
Тема 8. Керування пристроями приймання		4	0	2		0,5	0	11
Тема 9. Завади радіоприйому та методи боротьби з ними		4	2	2		0,5	0	11
Тема 10. Архітектура програмно-конфігурованого радіо		4	0	2		0,5	0	11
Тема 11. Основи представлення зображення. Методи покращення зображень. Формати та інтерфейси передачі відео зображень		8	8	8		1	2	
Тема 12. Загальні принципи побудови систем обробки та відтворення відео зображень. Виробництво систем обробки і відтворення зображень, LED екранів		8	8	8		1	0	
Разом за змістовий модуль 2	104	44	28	32	100	6	4	90
ВСЬОГО	120	48	32	40	120	8	6	106

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/Б/ОК26- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 7

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Дослідження основних технічних характеристик побутових радіоприймачів	2	0
2	Апаратура для імітації радіосигналів	2	2
3	Розподіл діапазону частот на піддіапазони	2	0
4	Вибір кількості каскадів підсилення	2	0
5	Вхідні кола приймачів. Методи боротьби із завадами радіоприйому	2	0
6	Підсилювачі проміжної частоти. Фільтри зосередженої селекції	2	2
7	Перетворювачі частоти	2	0
8	Амплітудний детектор у режимі малого та великого сигналу	2	0
9	Колірні простори RGB та HSV. Взаємоперетворення	4	2
10	Дослідження основних параметрів відеосигналу в системі обробки та відтворення зображень	4	0
11	Вивчення основних параметрів діодного екрану.	4	
12	Створення файлу налаштувань. Розрахунок параметрів	4	
РАЗОМ		32	6

6. Завдання для самостійної роботи

Тема 1. Загальні відомості про пристрої приймання та оброблення сигналів

- Опрацювання лекційного матеріалу.
- Питання для самостійного вивчення у темі 1: використання інтегральних мікросхем у приймачах [10].
- Підготовка до лабораторної роботи №1.

Тема 2. Радіозавади

- Опрацювання лекційного матеріалу.
- Питання для самостійного вивчення у темі 2: шумова температура [1, 3, 10]; зв'язок коефіцієнта шуму та шумової температури з реальною чутливістю приймача [3].
- Підготовка до КМР №1.

Тема 3. Вхідні кола

- Опрацювання лекційного матеріалу.
- Питання для самостійного вивчення у темі 3: вхідні кола УВЧ та НВЧ приймачів [2, 4, 10].
- Підготовка до лабораторної роботи №2.

Тема 4. Селективні підсилювачі

- Опрацювання лекційного матеріалу.

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/Б/ОК26- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 8

2. Питання для самостійного вивчення у темі 4: логарифмічні підсилювачі [2, 4, 5].
3. Підготовка до лабораторних робіт №3, 4.

Тема 5. Підсилювачі проміжної частоти

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Питання для самостійного вивчення у темі 5: спотворення у підсилювачах проміжної частоти [2].
3. Підготовка до лабораторної роботи №5.

Тема 6. Перетворювачі частоти

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Питання для самостійного вивчення у темі 6: коефіцієнт перетворення та коефіцієнт шуму перетворювачів частоти [2, 10].
3. Підготовка до лабораторної роботи №6.

Тема 7. Детектори

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Питання для самостійного вивчення у темі 7: / амплітудне детектування сигналів на фоні завад [1, 3, 4, 10]. Спотворення сигналів у частотних детекторах [2, 10].
3. Підготовка до лабораторної роботи №7.

Тема 8. Керування пристроями приймання

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Питання для самостійного вивчення у темі 9: ручне керування приймачами [10, 3].

Тема 9. Завади радіоприйому та методи боротьби з ними

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Питання для самостійного вивчення у темі 9: методи та пристрої оптимального приймання та оброблення сигналів [3].
3. Підготовка до лабораторної роботи №9.

Тема 10. Архітектура програмно-конфігурованого радіо

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Питання для самостійного вивчення у темі 10: синтезатори частоти [5, 7].
3. Підготовка до КМР №2.

Тема 11.

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Основи кольору.
3. Колірні простори та стандарти їх представлення [6, 7].

Тема 12.

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Методи покращення зображень [6, 7].

7. Індивідуальні завдання

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/Б/ОК26- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 9

8. Методи навчання

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

9. 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 заліку. 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.

Об'єктами поточного контролю знань студента є:

- 1) систематичність та активність роботи на лабораторних заняттях;
- 2) виконання завдань для самостійного опрацювання;
- 3) виконання модульної роботи (контрольних занять).

При контролі систематичності та активності роботи на лекційних заняттях оцінці підлягають: рівень знань продемонстрований в усних відповідях на лабораторних 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.

10. Розподіл балів

Поточне тестування та самостійна робота									Сума
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2							
T1	T2	T4	T5	T6	T7	T8	T9,10	T11,12	100
10	10	8	8	8	8	8	20	20	

1. За відвідування лекційних занять, конспект – 10б.

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/Б/ОК26- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 10

2. Контрольно-модульні роботи: $2 \cdot 256 = 506$.
3. Захист звітів з лабораторних робіт: $8 \cdot 56 = 406$.
Всього: 100балів.

Шкала оцінювання

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

11. Рекомендована література

Основна література

1. Ralf Rudersdorfer Radio receiver technology : principles, architectures, and applications / Ralf Rudersdorfer, Ulrich Graf, Hans Zahnd. – John Wiley & Sons Ltd, 2014. – 317 p.
2. Cornell Drentea Modern Communications Receiver Design and Technology. – Artech House, 2010. – 485 p.
3. Kevin McClaning Wireless Receiver Design for Digital Communications. – 2nd ed. – SciTech Publishing, Inc, 2012. – 775 p.
4. PaulClark, David Clark Introduction to Software Defined Radio. Volume 1. – Meadow Registry Press, 2015. – 173 p.
5. John Bard Software defined radio : the software communications architecture / John Bard, Vincent J. Kovarik Jr. – John Wiley & Sons Ltd, 2007. – 465 p.
6. Gonzalez, C.Rafael, Woods, E.Richard and Steven, L. «Eddins Digital Image Processing Using MATLAB», 3rd edition, Gatesmark Publishing, 2020. – 1009 p.
7. Кобилін О. А., Творошенко І.С. Методи цифрової обробки зображень: Навчальний посібник. Харків: ХНУРЕ. – 2021. – 124 с.

Допоміжна література

1. Peter B. Kenington RF and Baseband Techniques for Software Defined Radio. – Artech House, 2005. – 352 p.
2. Marcel Dekker Radio receiver design – Marcel Dekker, Inc, 1989. – 489 p.
3. Heinrich Meyr Digital communication receivers: synchronization, channel estimation and signal processing / Heinrich Meyr, Marc Moeneclaey, Stefan A. Fechtel.– John Wiley & Sons, 1998. – 843 p.
4. Теорія і практика управління використанням радіочастотного ресурсу / П. В. Слободянюк, Т. М. Наритник, В. Г. Благодарний та ін.; за ред. В. Г. Кривуци. – К.: ДУІКТ, 2012. – 596 с.

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/Б/ОК26- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 12 / 11

12. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. www.iec.ch – Міжнародна електротехнічна комісія.
2. www.itu.int – Міжнародний союз з телекомунікацій.
3. www.cenelec.org – Європейський комітет стандартизації в області електротехніки.
4. <http://www.rrt.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://www.dxzone.com/catalog/Manufacturers/Receivers/> – Radio receivers manufacturers
8. <https://www.hoperf.com/> – HopeRF, Professional RF&SENSOR Designer and Manufacturer
9. <https://www.kenwood.com/usa/com/> – Kenwood
10. <https://www.tentec.com/> – Ten Tec, a Dishtronix Company
11. <https://www.rohde-schwarz.com> – компанія «Rohde & Schwarz», продукція бездротового зв'язку, контрольно-вимірювальне обладнання для радіовимірювань, телерадіомовлення ті мультимедіа, керування повітряним рухом, військовий радіозв'язок, кібербезпека та мережеві технології.
12. www.nbuv.gov.ua/ – Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського.
13. www.lib.ztu.ua/ – Житомирська обласна універсальна наукова бібліотека ім. Олега Ольжича.
14. www.lib.ztu.edu.ua/ – бібліотека Державного університету «Житомирська політехніка».
15. www.akoninc.com – AKON, Inc, електронні пристрої з цифровим керуванням для діапазону частот 0,5...40 ГГц.
16. www.minicircuits.com – компанія Mini-Circuits, ВЧ та НВЧ пристрої.
17. www.flann.com – Flann Microwave, антени, НВЧ пристрої, тестове та вимірювальне обладнання для діапазону частот 2...170 ГГц.
18. www.etiworld.com – Electromagnetic Technologies Industries (ET Industries), компоненти та системи ВЧ та НВЧ діапазонів.
19. www.ni-microwavcomponents.com – National Instruments, вимірювальна апаратура, радіочастотні компоненти та пристрої.