



# [RE-232] КОНСТРУЮВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ НВЧ АПАРАТУРИ (ПО 15)

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

<b>Рівень вищої освіти</b>	<i>Перший (бакалаврський)</i>
<b>Галузь знань</b>	<i>G - Інженерія, виробництво та будівництво</i>
<b>Спеціальність</b>	<i>G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>172Б ІКР - Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія (ЄДЕБО id:49228) 172Б ІКРІ+ - Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія (ЄДЕБО id: 57910) G5Б ІКРІ - Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія (ЄДЕБО id: 83618)</i>
<b>Статус дисципліни</b>	Нормативна
<b>Форма навчання</b>	<i>Очна, очна прискорена (денна)</i>
<b>Рік підготовки, семестр</b>	<i>курс, весняний семестр (очна денна) курс, весняний семестр (очна прискорена денна)</i>
<b>Обсяг дисципліни</b>	Обсяг дисципліни 4 кредити (Лекц. 20 год, Практ. 20 год, Лаб. 32 год, СРС. 48 год )
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	Залік
<b>Розклад занять</b>	
<b>Мова викладання</b>	<i>Українська</i>
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	<i>Лекц.: Антипенко Р. В. Лаб.: Антипенко Р. В. СРС: Антипенко Р. В.</i>
<b>Розміщення курсу</b>	Курс розміщено на платформі дистанційного навчання "Сікорський":

### Програма навчальної дисципліни

#### Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна «Конструювання та виготовлення НВЧ апаратури» присвячена вивченню: роцесу проектування планарних пристроїв НВЧ на основі смужкових ліній, роцесу проектування друкованих плат (ДП) на основі програмного продукту Altium ехнологій виготовлення друкованих вузлів НВЧ діапазону.

Включає знайомство з особливостями планарних НВЧ пристроїв, різновидами та технологіями виготовлення НВЧ ДП, послідовністю її проектування на прикладі одно-, дво- або багат шарової ДП. Починається від аналізу отриманої схеми електричної принципової і завершується створенням конструкторської документації.

Предмет навчальної дисципліни: процес створення друкованих плат для пристроїв НВЧ від схеми електричної принципової до розроблення конструкторської документації.

Мета навчальної дисципліни навчити:

- аналізувати отримані технічні завдання на розробку друкованих плат (ДП) та електронних модулів (ЕМ) з конструкторської та технологічної точок зору;
- проектувати ЕМ та корпус приладу для нього за готовими схемами з обґрунтуванням прийнятих рішень;
- використовувати сучасні середовища проектування (Altium Designer (AD)) при проектуванні ЕМ та приладу;
- розрахувати основні розрахунки для проектування ДП НВЧ діапазону.

Відповідно до освітньо-професійних програм (ОПП) першого «бакалаврського» рівня вищої освіти, після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають набути наступних програмних компетентностей:

#### **Загальні компетентності (ЗК)**

ЗК-2 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК-4 – Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

#### **Фахові компетентності (ФК)**

ФК-8 – Готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів.

ФК-14 – Готовність до вивчення науково-технічної інформації, вітчизняного і закордонного досвіду з тематики інвестиційного (або іншого) проекту засобів телекомунікацій та радіотехніки.

ФК-21 – Здатність проектувати радіочастотні друковані плати та конструкції НВЧ модулів.

#### **Програмні результати навчання (ПРН)**

Згідно ОПП першого «бакалаврського» рівня вищої освіти в результаті засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати наступні **програмні результати навчання**:

ПРН-14 – Застосовувати основні властивості компонентної бази для забезпечення якості та надійності функціонування телекомунікаційних, радіотехнічних систем і пристроїв.

ПРН-15 – Застосовувати засоби автоматизації проектування і технічної експлуатації систем телекомунікацій та радіотехніки у професійній діяльності.

ПРН-24 – Виконувати розрахунок, чисельну оптимізацію та проектування антен та мікрохвильових пристроїв, активних приймальних систем НВЧ, використовуючи сучасні САПР.

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

Курс орієнтований на слухачів з базовими знаннями схемотехніки та елементної бази РЕЗ, пристроїв НВЧ та антенних систем.

Курс базується на знаннях з кредитних модулів Схемотехніка, Пристрої НВЧ, Антени, Проектування приймальних пристроїв НВЧ.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

#### **Розділ 1. Основні поняття та визначення.**

- 1.1 Історія виникнення ДП та ДП НВЧ діапазону.
- 1.2 ДП, основні визначення.
- 1.3 Види ДП.
- 1.4 Особливості ДП НВЧ діапазону.
- 1.5 Елементи друкованого монтажу.
- 1.6 Основні типи мікросмужкових ліній, які використовуються для створення ДП НВЧ діапазону.
- 1.7 Неоднорідності мікросмужкових ліній та переходи в ДП НВЧ діапазону.
- 1.8 Послідовність проектування ДП НВЧ діапазону.

#### **Розділ 2. Матеріали для виготовлення друкованих плат (ДП).**

- 2.1 Фольга.
- 2.2 Препреги.
- 2.3 Ламінати.
- 2.4 Особливості матеріалів для ДП НВЧ діапазону.
- 2.5 Інші матеріали.

#### **Розділ 3. Технології виготовлення ДП.**

- 3.1 Огляд технологій виготовлення ДП.
- 3.2 Виготовлення односторонньої ДП.
- 3.3 Виготовлення двосторонньої ДП.
- 3.4 Виготовлення багатошарової ДП.
- 3.5 Особливості виготовлення ДП НВЧ діапазону.
- 3.6 Виготовлення гнучкої ДП.
- 3.7 Виготовлення гнучко-жорсткої ДП.

#### **Розділ 4. Технології виготовлення електронних модулів (ЕМ) НВЧ діапазону**

- 4.1. Види монтажу низькочастотних ЕМ та ЕМ НВЧ діапазону
- 4.2. Вивідний монтаж.
- 4.3. Пайка. Припій. Традиційний та безсвинцевий припій. Пайка хвилею. Пайка подвійною хвилею. Селективна пайка.
- 4.4. Поверхневий (SMT) монтаж. Встановлення SMT елементів. Пайка

#### **Розділ 5. Дефекти та контроль якості при виготовленні ДП**

- 5.1. Типові дефекти трафаретного друку
- 5.2. Дефекти пайки оплавленням. Шарики припою.
- 5.3. Відсутність змочування. Відсутність паяного з'єднання.
- 5.4. Перемички, пустоти. Пошкодження компонентів та паяних з'єднань.

#### **Розділ 6. Особливості проектування ДП НВЧ діапазону**

- 6.1. Класи точності ДП
- 6.2. Конструктивні характеристики ДП.
- 6.3. Розрахунок низькочастотних елементів друкованого рисунку
- 6.4. Скрайбування. Реперні мітки.
- 6.5. Особливості топології в планарних пристроях НВЧ.
- 6.6. НВЧ з'єднувачі для встановлення на ДП.
- 6.7. Корпуса НВЧ компонентів для встановлення на ДП.
- 6.8. Боротьба з побічним НВЧ випромінюванням.
- 6.9. Особливості проектування корпусів для планарних пристроїв НВЧ.

## **Розділ 7. Оформлення конструкторської документації.**

- 7.1. Загальні положення.
- 7.2. Схеми.
- 7.3. Перелік елементів.
- 7.4. Кресленик ДП (кресленик деталі).
- 7.5. Кресленик друкованого вузла/ЕМ.
- 7.6. Кресленик приладу.
- 7.7. Специфікації на складальні одиниці.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

1. ДСТУ 2646-94. Плати друковані. Терміни та визначення
2. Препрег. Розробка стека складних багатошарових друкованих плат. Особливості формування стека з урахуванням контролю за імпедансом провідників. Частина 3 – Режим доступу: <http://ictech.com.ua/publication.html#prepreg>
3. Printed circuit board materials – Режим доступу: <http://surl.li/hubig>

8. PCB Trace Width Calculator [Електронний ресурс] // PCBway – Режим доступу до ресурсу:

9. PCBway [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pcbway.com/>
10. JLCPCB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://jlcpcb.com/>
- ium Designer [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: Tutorial - A Complete Design

12. Altium Academy [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

13. Rogers Corporation - режим доступу до ресурсу: <https://rogerscorp.com/>

## **Навчальний контент**

### **5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Лекційний матеріал у вигляді конспекту лекцій — презентацій, знаходиться на Google диску та завжди доступний слухачам кредитного модуля.

Основною метою лабораторних робіт є навчити студентів проектувати ДП НВЧ діапазону, приймати самостійні обґрунтовані рішення, навчити працювати з технічною документацією, орієнтуватися в елементній базі та технології виготовлення ДП та ДП НВЧ діапазону, вміти працювати в середовища Altium Designer.

Орієнтовний перелік тем лабораторних робіт:

1. Вибір завдання. Аналіз отриманого завдання.
2. Налаштування програмного середовища.
3. Створення бібліотеки умовних графічних позначень.

4. Створення бібліотеки посадкових місць ЕК. Побудова/завантаження 3D моделей корпусів.
  5. Розрахунок та створення бібліотеки контактних майданчиків.
  6. Створення схеми електричної принципової, переліку елементів.
  - . Перевірка схеми, виправлення помилок.
  8. Розрахунок та створення габаритів ДП. Завантаження та розміщення елементів.
  9. Розрахунок елементів друкованого монтажу. Налаштування правил трасування.
  10. Трасування ДП. Перевірка ДП, виправлення помилок.
- Створення кресленика ДП.
12. Створення кресленика ЕМ.
  13. Створення технологічних файлів для виготовлення ДП
  14. Створення специфікації на ЕМ та прилад.

## **6. Самостійна робота студента**

На початку семестру кожному студенту видається індивідуальне завдання, яке є наскрізним для всього курсу і може в подальшому стати основою для дипломного проекту.

Індивідуальні завдання розробляються нові для кожного курсу/групи.

На лабораторних роботах студенти виконуються задачі згідно отриманого завдання. Завдання для лабораторних робіт базуються на виконанні попередніх.

За навчальним планом передбачено РГР. Вона містить розрахунки ДП, що необхідні для успішного виконання лабораторних робіт. РГР захищається.

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Основна увага приділяється самостійному виконанню індивідуальних завдань та вчасності їх здачі. А також розумінню технологічних та конструкційних аспектів проектування ДП. Лабораторні роботи побудовані наступним чином: на початку заняття викладач демонструє послідовність виконання задач на дану лабораторну роботу, і весь інший час студенти працюють над відповідною частиною свого індивідуального завдання. На лабораторних роботах дозволяється користуватися телефонами для пошуку необхідної інформації.

Увесь довідковий матеріал розміщено на Google диску, до якого у студентів завжди є доступ.

### **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

#### **1. Виконання лабораторних робіт**

Оцінюється виконання задач на лабораторних роботах

Оцінюється вчасність виконання задач

Оцінюється повнота виконання

За кожне виконане завдання лабораторної роботи можна набрати 3 бали:

Максимально можливо отримати  $3 \text{ бали} \times 14 = 42 \text{ бали}$ .

#### **2. Написання модульної контрольної роботи (МКР)**

МКР проводиться on-line у вигляді тестових завдань. МКР має обмеження в часі.

Максимально можливо отримати 20 балів.

### 3. Виконання та захист РГР

РГР здається в електронному вигляді, як файл архіву (\*.zip)

РГР виконана не за своїм індивідуальним завданням до захисту не приймається.

РГР виконана частково, до захисту не приймається.

Максимально можливо отримати 20 балів.

### 4. Виконання самостійних робіт та відповіді на практичних заняттях.

Максимально можливо отримати 18 балів.

### 5. Умови допуску до заліку:

спішне написання МКР;

виконання лабораторних задач ;

аражування РГР;

тримання не менше 60 балів за семестр.

### 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)

### Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Лабораторні заняття проводяться в програмному забезпеченні Altium Designer, що завантажується студентами самостійно за академічною ліцензією з сайту розробника.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено Антипенко Р. В.;

Ухвалено кафедрою ПРЕ (протокол № 06/2025 від 25.06.2025)

Погоджено методичною комісією факультету/ННІ (протокол № 06/2025 від 26.06.2025)