

621.39
175

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА

ПРИЙМАННЯ ТА ОБРОБЛЕННЯ
СИГНАЛІВ



Харків
2023

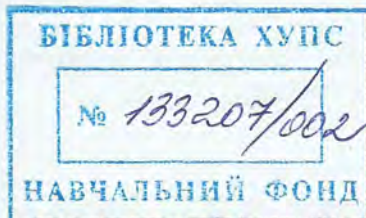
621.39
П75

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА

**ПРИЙМАННЯ ТА ОБРОБЛЕННЯ
СИГНАЛІВ**

навчальний посібник з курсової роботи

A151232



Харків
2023

УДК 621.396.96(075)

П75

*Затверджено до видання вченою радою
Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(протокол № 14 від 21. 10.2021)*

Автори: Д. В. Атаманський, В. А. Таршин, І. В. Красношاپка,
К. В. Садовий, А. О. Ковальчук, О. Л. Кузнецов,
О. М. Дзігора, О. В. Борисенко, Р. Л. Стівба

Рецензенти: полковник **І. І. Сачук**, к.т.н., с.н.с., доцент,
підполковник А. А. Гризо, к.т.н., доцент

Приймання та оброблення сигналів : навчальний посібник з
П75 курсової роботи / Д. В. Атаманський, В. А. Таршин, І. В. Красношاپка,
К. В. Садовий, А. О. Ковальчук та ін. – Х. : ХНУПС, 2023 – 234 с.

Навчальний посібник з курсової роботи підготовлений для забезпечення навчальної дисципліни „Приймання та оброблення сигналів”, яка належить до дисциплін загально-професійної підготовки і забезпечує навчання курсантів відповідно до ступеня вищої освіти „Бакалавр” зі спеціальністю 172 „Телекомунікації та радіотехніка”.

У навчальному посібнику з курсової роботи подано великий обсяг матеріалу, який необхідний для проектування радіоприймальних пристроїв; викладені питання проектування функціональних схем приймачів різного призначення та методики розрахунку каскадів приймального пристрою; наведено велику кількість прикладів розрахунків та довідкового матеріалу. У процесі курсового проектування курсанти повинні вибрати та обґрунтувати функціональну схему одного з типів радіоприймального пристрою, скласти принципову електричну схему та виконати електричний розрахунок основних каскадів радіоприймального пристрою.

УДК 621.396.96(075)

© Атаманський Д. В., Таршин В. А., Красношاپка І. В.,
Садовий К. В., Ковальчук А. О., Кузнецов О. Л.,
Дзігора О. М., Борисенко О. В., Стівба Р. Л., 2023
© Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба, 2023

З М І С Т

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 5 |
| 1. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ..... | 7 |
| 1.1. Загальні положення, мета й завдання курсової роботи..... | 7 |
| 1.2. Рекомендації до організації курсового проектування..... | 8 |
| 1.3. Рекомендації з оформлення курсового проекту..... | 9 |
| 2. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРИЙМАЧА. РОЗРАХУНОК ЙОГО ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ..... | 12 |
| 2.1. Розрахунок основних показників якості приймача..... | 13 |
| 2.1.1. Вибір проміжної частоти..... | 13 |
| 2.1.2. Розрахунок смуги пропускання та розподіл її між окремими каскадами..... | 15 |
| 2.1.3. Розрахунок чутливості та коефіцієнта шуму радіоприймального пристрою..... | 17 |
| 2.1.4. Вибір типу першого каскаду приймача та розподіл підсилення між каскадами..... | 20 |
| 2.2. Вибір функціональної схеми радіоприймальних пристроїв радіотехнічних систем..... | 24 |
| 2.2.1. Особливості функціональних схем радіомовних приймальних пристроїв..... | 25 |
| 2.2.2. Особливості функціональних схем телевізійних приймальних пристроїв..... | 27 |
| 2.2.3. Особливості функціональних схем приймальних пристроїв зв'язку..... | 29 |
| 2.2.4. Особливості функціональних схем радіолокаційних приймальних пристроїв..... | 33 |
| 2.2.5. Особливості функціональних схем радіоприймальних пристроїв з цифровою обробкою сигналів..... | 41 |
| 2.2.6. Особливості використання автоматичної підстроювання частоти в радіоприймачах..... | 46 |
| 2.2.7. Особливості забезпечення динамічного діапазону в радіоприймачах..... | 51 |
| 3. РОЗРАХУНОК ВХІДНИХ КІЛ..... | 56 |
| 3.1. Розрахунок вхідних кіл приймачів метрового діапазону..... | 56 |
| 3.2. Розрахунок вхідних кіл приймачів дециметрового діапазону... | 60 |
| 3.3. Розрахунок вхідних кіл приймачів сантиметрового діапазону..... | 66 |

| | |
|---|-----|
| 4. РОЗРАХУНОК ПІДСИЛЮВАЧІВ ВИСОКИХ ЧАСТОТ..... | 76 |
| 4.1. Розрахунок напівпровідникового параметричного підсилювача..... | 76 |
| 4.2. Розрахунок підсилювача на тунельному діоді..... | 94 |
| 4.3. Розрахунок підсилювача на ЛБХ..... | 99 |
| 4.4. Розрахунок транзисторних підсилювачів..... | 100 |
| 4.4.1. Розрахунок транзисторних ПВЧ дециметрового діапазону..... | 103 |
| 4.4.2. Розрахунок транзисторних підсилювачів НВЧ діапазону..... | 110 |
| 5. РОЗРАХУНОК ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ..... | 124 |
| 5.1. Загальні відомості про перетворювачі частоти..... | 124 |
| 5.2. Розрахунок транзисторного перетворювача частоти..... | 129 |
| 5.3. Розрахунок діодного перетворювача частоти..... | 136 |
| 6. РОЗРАХУНОК ПІДСИЛЮВАЧІВ ПРОМІЖНОЇ ЧАСТОТИ..... | 144 |
| 6.1. Загальні відомості про підсилювачі проміжної частоти..... | 144 |
| 6.2. Розрахунок резонансних підсилювачів з одноконтурними однаково настроєними каскадами..... | 148 |
| 6.3. Розрахунок резонансних підсилювачів з парами взаємно розстроєних каскадів..... | 160 |
| 6.4. Розрахунок резонансних підсилювачів на трійках взаємно розстроєних каскадів..... | 168 |
| 6.5. Розрахунок резонансних підсилювачів з фільтрами зосередженої селекції..... | 176 |
| 7. РОЗРАХУНОК ДЕТЕКТОРІВ..... | 185 |
| 7.1. Загальні відомості про детектори..... | 185 |
| 7.2. Розрахунок амплітудних детекторів..... | 191 |
| 7.2.1. Розрахунок детектора амплітудно-модульованих сигналів..... | 191 |
| 7.2.2. Розрахунок амплітудного детектора імпульсних сигналів..... | 199 |
| 7.2.3. Розрахунок двотактного детектора амплітудно-модульованих сигналів..... | 203 |
| 7.3. Розрахунок частотних детекторів..... | 206 |
| 7.3.1. Розрахунок частотного детектора зі зв'язаними контурами..... | 206 |
| 7.3.2. Розрахунок детектора відношень..... | 215 |
| 7.4. Розрахунок фазового детектора..... | 223 |
| Додаток..... | 231 |
| ЛІТЕРАТУРА..... | 233 |

ВСТУП

Навчальний посібник до курсової роботи за змістом відповідає програмі дисципліни «Приймання та оброблення сигналів» і призначений для курсантів радіотехнічних спеціальностей Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

Розвиток радіолокаційної техніки значною мірою обумовлений прогресом у розвитку апаратних і програмних засобів обробки сигналів. Сучасний етап розвитку електроніки характеризується стрімким розвитком теорії і практики прийому та обробки сигналів, постійно вдосконалюються технології виготовлення елементів (схем, вузлів), у радіотехнічних системах використовуються найсучасніші ідеї та підходи, а сучасний рівень елементної бази і технологій відкрили нові горизонти для удосконалення радіоприймальних систем. Цифрова обробка сигналів (ЦОС) останнім часом усе ширше використовується в радіоприймальних пристроях. Прогрес у цій області викликаний досягненнями в мікроелектроніці, що дозволило створити обчислювальні засоби, які мають високу швидкість, малі габарити, вагу й енергоспоживання. Інтерес до цифрової обробки сигналів зумовлений тим, що на її основі можна створювати пристрої з характеристиками, недостижними при використанні аналогових методів обробки сигналів. Крім того, застосування пристроїв з цифровою обробкою в деяких випадках виявляється більш доцільним з технічної й економічної точок зору через їхню універсальність і можливість працювати в різних режимах.

Це зумовлює швидкий перехід до нових поколінь устаткування. До того ж, теорія і практика прийому та обробки сигналів протягом багатьох десятиріч пройшла суттєвий шлях щодо модернізації й накопичила достатньо велику кількість вдалих практичних рішень та ефективних алгоритмів. Тому розуміння особливостей будови та функціонування радіоприймальних пристроїв стає головною умовою ефективного використання будь-якої техніки.

Запропонований навчальний посібник до курсового проектування розроблено у відповідності з програмою навчальної дисципліни «Приймання та оброблення сигналів» і доповнює навчальний посібник «Приймання та оброблення сигналів». Курсове проектування має на меті закріплення, поглиблення та узагальнення знань, отриманих курсантами за час навчання з дисципліни «Приймання та оброблення сигналів», практичне застосування знань для вирішення конкретної інженерної задачі – розрахунку основних параметрів приймальних пристроїв – та готує курсантів до вивчення дисциплін профільних кафедр і виконання

кваліфікаційних робіт бакалавра з галузі знань «Електроніка та телекомунікації». У навчальному посібнику з курсової роботи викладені питання проектування функціональних схем приймачів різного призначення та методики розрахунку каскадів приймального пристрою. Наведено велику кількість прикладів розрахунків та довідкового матеріалу. Також завданням навчального посібника до курсового проектування є: забезпечити методичну допомогу з виконання та оформлення курсового проєкту й прищеплення курсантам навичок самостійно користуватися Державними стандартами України (ДСТУ), довідниками, науковою літературою, розрахунковими таблицями та іншими нормативними документами.

Навчальне видання

Атаманський Дмитро Володимирович
Таршин Володимир Анатолійович
Красношапка Ігор Валерійович
Садовий Костянтин Віталійович
Ковальчук Андрій Олексійович
Кузнєцов Олександр Леонідович
Дзігора Олександр Михайлович
Борисенко Олександр Васильович
Стовба Руслан Леонідович

ПРИЙМАННЯ ТА ОБРОБЛЕННЯ СИГНАЛІВ

Навчальний посібник з курсової роботи

Редактор *Л. Ф. Моренець*

Підписано до друку *02.01.2023*. Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Гарнітура “Times New Roman”. Друк ризографічний. Ум. друк. арк. 13,6
Тираж 50 пр. Зам. № *1/01-2023*

Видавець і виготівник
Харківський національний університет
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
61023, м. Харків-23, вул. Сумська, 77/79
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 5370 від 30.06.2017