

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Кафедра акустики та акустoeлектроніки

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету електроніки

_____ Жуйков В.Я.

“30” _____ 06 _____ 2017 р.

_____ Жуйков В.Я.

“ ____ ” _____ 2018 р.

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ
“АКУСТИЧНІ АНТЕНИ”

за спеціальністю 171 "Електроніка"
денної форми навчання

Програму рекомендовано кафедрою
акустики та акустoeлектроніки

Протокол № 13 від 21.06.2017 р.

Завідувач кафедри

_____ Дідковський В. С.

Київ – 2017

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Дисципліна базується на попередньому курсі “Теоретичні основи акустики” і використовується при вивченні курсів, в яких викладаються акустичні методи і способи побудови акустичних пристроїв різноманітного призначення.

РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

Форма навчання	Семестри	Всього кредитів/годин	Розподіл навчального часу за видами занять ¹						Семестрова атестація
			Лекції	Практичні заняття	Семінарські заняття	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	СРС	
Денна	9	7,5/270	54	36				180	Екзамен

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Мета вивчення дисципліни “Акустичні антени” полягає в набутті студентами знань з основ теорії прийомних та випромінюючих акустичних антен, загальним методам їх аналізу та синтезу, а також в набутті студентами первинних навичок проектування антенних засобів найбільш типових видів та форм.

II. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

II. 1. ЛЕКЦІЇ

Розділ 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ. ОСНОВНІ ПИТАННЯ ПРО ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ ВИБІРКОВОСТІ АКУСТИЧНИХ АНТЕН (АА). МЕТОДИ ОПИСАННЯ ЗВУКОВИХ ПОЛІВ

Тема 1.1. Класифікація та основні характеристики АА

Лекція 1. Класифікація АА. Основні параметри АА в режимах випромінювання та прийому, їх позначення та фізичне тлумачення [1,2,4]

Тема 1.2. Загальні методи описання звукових полів АА

Лекція 2. Формування звукового поля АА (задача, основні типи граничних умов та способи розв'язку) [6,8,9,12,13-17]

Лекція 3. Методи описання поля АА [12]

Розділ 2 ПРОСТОРОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИХ АА

Тема 2.1. Направлені властивості АА (загальне тлумачення)

Лекція 4. Формування направлених властивостей інтерференційних АА для режимів випромінювання та прийому. Характеристики та діаграми направленості АА (ХН, ДН) [1-8,21]

Лекція 5. Загальні рівняння характеристик направленості (ХН) інтерференційних АА [1-8,21]

Лекція 6. Основні теореми направленості (теорема множення, теорема зміщення, теорема додавання) [1-8,21]

Тема 2.2. Визначення ХН дискретних АА основних типів

Лекція 7. ХН дискретних АА з рівномірним розподіленням амплітудно – фазового розподілення збудження елементів. Двохелементна АА [1-8,21]

Лекція 8. ХН дискретних АА з амплітудним розподіленням збудження елементів що зростає до країв (що спадає до країв) [7-9]

Лекція 9. ХН АА Дольф-Чебишевського типу [2-9,21]

Тема 2.3. Визначення ХН неперервних АА основних типів

Лекція 10. ХН неперервних АА з рівномірною густиною амплітудно – фазового розподілення збудження [1-9]

Лекція 11. ХН неперервних прямолінійних АА з рівномірною густиною амплітудно – фазового розподілення збудження [1-9,21]

Лекція 12. ХН неперервних криволінійних АА з рівномірною густиною амплітудно – фазового розподілення збудження [1-9,21]

Тема 2.4. Визначення ХН неперервних поверхневих АА основних типів

Лекція 13. ХН неперервних поверхневих прямокутних АА з рівномірною густиною амплітудно – фазового розподілення збудження [1-9]

Лекція 14. ХН неперервних поверхневих дискових АА з рівномірною густиною амплітудно – фазового розподілення збудження [1-9]

Розділ 3 ПРОСТОРОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АА З ФОКУСОВАНОЮ АПЕРТУРОЮ

Тема 3.1. Фокусування звуку. Визначення ХН фокусуючих АА основних типів

Лекція 14. Загальні розрахункові співвідношення, вибір моделі середовища, вибір системи координат та її використання [4,16,19,22]

Лекція 15. Визначення ХН рефлекторних АА [4,16,19,22]

Лекція 16. Імпульсні ХН. ХН ультразвукових АА ехотомоскопів. [4,16,19,22]

Лекція 17. Лінзові АА [4,16,19,22]

Розділ 4 КОЕФІЦІЄНТ КОНЦЕНТРАЦІЇ АА

Тема 4.1. Коефіцієнт концентрації інтерференційних АА основних типів

Лекція 18. Загальне визначення коефіцієнта концентрації та його застосування [1-9]

Лекція 19. Коефіцієнт концентрації дискретних та неперервних АА [1-9]

Розділ 5 НАПРАВЛЕНІСТЬ СИСТЕМ ЗВУКОВОГО МОВЛЕННЯ ДЛЯ ВІДКРИТИХ ПРОСТОРІВ

Тема 5.1. Направленість випромінюючих та прийомних систем звукового мовлення

Лекція 20. Направленість випромінюючих рупорних систем [10,11,17,18]

Лекція 21. Направленість групових та поодиноких приймальних систем [10,11,17,18]

II.2. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Розділ 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ. ОСНОВНІ ПИТАННЯ ПРО ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ ВИБІРКОВОСТІ АКУСТИЧНИХ АНТЕН (АА). МЕТОДИ ОПИСАННЯ ЗВУКОВИХ ПОЛІВ

Тема 1.2. Загальні методи описання звукових полів АА

Пр.-1. Аналітичне дослідження застосування методу Фур'є для описання звукового поля довільного сферичного джерела

Розділ 2 ПРОСТОРОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИХ АА

Тема 2.1. Направлені властивості АА (загальне тлумачення)

Пр.-2. Традиційне та логарифмічне представлення ДН АА. Визначення елементів ДН за тиском, інтенсивністю, напругою,

Тема 2.2. Визначення ХН дискретних АА основних типів

Пр.-3. Визначення та розрахунок ХН дискретних АА основних типів з рівномірним розподіленням збудження елементів

Пр.-4,5. Застосування теорем множення та зміщення для дискретних АА основних типів з рівномірним розподіленням збудження елементів

Пр.-6,7. Застосування теореми множення та додавання для дискретних АА основних типів з нерівномірним розподіленням збудження елементів

Тема 2.3. Визначення ХН неперервних АА основних типів

Пр.-8,9. Визначення та розрахунок ХН неперервних АА основних типів з рівномірною густиною амплітудно – фазового розподілення збудження

Пр.-10,11. Застосування теорем множення та зміщення для неперервних АА основних типів з рівномірною густиною амплітудно – фазового розподілення збудження

Пр.-12,13. Застосування теореми множення та додавання для АА основних типів з нерівномірною густиною амплітудно – фазового розподілення збудження

Тема 2.4. Визначення ХН неперервних поверхневих АА основних типів

Пр.-14. Визначення та розрахунок ХН неперервних поверхневих АА основних типів з рівномірною густиною амплітудно – фазового розподілення збудження

Пр.-15. Застосування теорем множення та зміщення для неперервних поверхневих АА основних типів з рівномірною густиною амплітудно – фазового розподілення збудження

Розділ 3 ПРОСТОРОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АА З ФОКУСОВАНОЮ АПЕРТУРОЮ

Тема 3.1. Фокусування звуку. Визначення ХН фокусуючих АА основних типів

Пр.-16. Визначення та розрахунок ХН рефлекторних АА

Пр.-17. Визначення та розрахунок ХН АА ехотомоскопів

Розділ 4 КОЕФІЦІЄНТ КОНЦЕНТРАЦІЇ АА

Тема 4.1. Коефіцієнт концентрації інтерференційних АА основних типів

Пр.-18. Визначення та розрахунок КК дискретних, лінійних та поаерхневих АА

ІІІ. ІНДИВІДУАЛЬНІ СЕМЕСТРОВІ ЗАВДАННЯ

Індивідуальні завдання призначені для закріплення та поглиблення знань, отриманих під час аудиторних занять та для підготовки студентів до самостійної творчої роботи.

Форма контролю виконання завдань за умов довільного обрання студентами вихідних даних для виконання завдань на практичних заняттях – визначається викладачем.

З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИЩЕНАВЕДЕНОГО, В КУРС ВВЕДЕНО КОНТРОЛЬНУ РОБОТУ, ЗАВДАННЯ ЯКОЇ МАЮТЬ ОХОПЛЮВАТИ ВСІ РОЗДІЛИ КУРСУ

Згідно з навчальним планом в якості індивідуального семестрового завдання передбачається власне самостійне опрацювання матеріалу та виконання курсового проекту (тематика розділу 2, теми 2.1 – 2.4, а з 2012 року також і за тематикою розділу 3).

Самостійне опрацювання матеріалу

Самостійне опрацювання матеріалу передбачає виконання повного аналізу та синтезу антен наступних типів :

- прямолінійної дискретної еквідистантної АА;
- плоских колових, прямокутних та об'ємних АА у вигляді антенних решіток (АР) без амплітудно - фазового розподілення збудження елементів;
- прямолінійних, плоских колових, прямокутних та об'ємних АА у вигляді АР, збудження елементів яких зростає до країв, (спадає до країв) та АР Дольф-Чебишевського типу;
- неперервних прямолінійних АА;
- неперервних суцільних прямокутних АА;
- неперервних суцільних дискових АА;
- рефлекторних АА;
- ультразвукових АА ехотомоскопів;

- лінзових АА ;

При цьому необхідно оцінити наступні характеристики антен :

- діаграма направленості;
- коефіцієнт концентрації;
- фази збудження та величини часових затримок збудження елементів;
- максимуми і нулі діаграми напрямленості .

Форма контролю виконання завдань за умов довільного обрання студентами вихідних даних для завдань – визначається викладачем на практичних заняттях.

Курсове проектування (КП)

Ціллю курсового проектування є синтез акустичної антени (розрахунки та аналіз результатів) за вихідними даними технічного завдання на курсове проектування, а також попереднє загальне конструкторське опрацювання АА заданого типу.

КП передбачує:

- Отримання студентами під розпис вихідних даних та з'ясування суті роботи (термін визначається викладачем, виходячи з завантаження кафедри, календарних планів та строків проведення атестацій, залікових та екзаменаційних сесій). Форма вихідних даних наведена в Доданку 1.

- Проведення аналітичного дослідження основних співвідношень для визначення характеристик АА заданого типу. А саме:

- За завданням значенням ширини ХН $2\Delta\varphi_{0,707}$ або $2\Delta\theta_{0,707}$, напрямку компенсації в межах сектора огляду $\Delta\Theta_{обз}$, рівня бокових пелюстків β , критерія ν та умов збудження елементів АА – синтезувати АА, яка забезпечує формування статичного віяла або сканування одиночної ХН в межах заданого сектора огляду. Для цього необхідно аналітично визначити :

- геометричні розміри АА ;
- число елементів N (для дискретних антен) ;
- кількість і напрямки одиничних максимумів ХН (з подальшим виключенням хибного пеленгу);
- кількість, рівень і напрямки додаткових максимумів ХН ;
- кількість і напрямки нулів ХН ;
- гостроту напрямленої дії ХН (для ситуацій напрямків компенсації $\varphi_0 = 0^\circ$, $\varphi_0 = 90^\circ$, а також для випадків $\varphi_0 = \pm \Delta\Theta_{обз}^0$) ;
- число ХН у віялі.

Результати розрахунків зводити до таблиць. Побудову ДН АА, що синтезується, - проводити для найбільш показових напрямків компенсації в перетинах ХН, виходячи з даних технічного завдання та результатів аналітичних досліджень.

- Розрахунковим шляхом (точно и приблизно) показати конструктивні параметри для АА, що синтезується :

- ширину ХН $2\Delta\varphi_{0,707}$ або $2\Delta\theta_{0,707}$;
- кут, в межах якого змінення пеленгу не проявляється $\Delta\varphi$;
- рівень бокових пелюстків (бокового поля) β ,

а також ступень їх співпадіння з заданими.

● Результати **КП** мають бути оформлені у вигляді пояснювальної записки, що містить:

- введення;
- технічне завдання на проектування (вихідні дані);
- скорочені теоретичні відомості про АА заданого типу;
- подробиці розрахункові результати та їх аналіз, що містять також пояснюючі надписи, рисунки, таблиці, графіки;
- опис конструкції антени, елементів та застосованих матеріалів;
- заключення, яке включає висновки за розрахунковими і графічними матеріалами;
- список використаної літератури;
- специфікація та креслення, що виконані у вигляді ескізів (збиральне креслення та деталювання для двох-трьох будь-яких деталей).

В тексті пояснювальної записки обов'язковими є посилання на літературні та інші джерела.

Термін виконання **КП** визначається викладачем, виходячи з завантаження кафедри, календарних планів та строків проведення атестацій, залікових та екзаменаційних сесій.

IV. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Модульна контрольна робота №1 (розділ 2, тема 2.2)

Синтез інтерференційних АА та розрахунок їх основних характеристик.

Показати шлях синтезу дискретної еквідистантної АА з рівномірним збудженням елементів. При цьому аналітично визначити умови виключення хибності пеленгу та основні елементи ХН. Напрямки компенсації - Θ_0 .

Модульна контрольна робота №2 (розділ 4, тема 4.1)

Розрахунок КК дискретної еквідистантної АА

За вихідними даними, що уточнюються викладачем розрахувати КВК в діапазоні значень $d/\lambda = (0.2 - 10)$ для дискретної еквідистантної прямолінійної АА з рівномірним збудженням елементів (кількість елементів $N = 5$). Побудувати графіки залежності КВК від d/λ . Зробити висновки.

V. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Для засвоєння кредитного модуля “Акустичні антени” використовуються такі методи навчання :

- лекційні заняття;
- практичні заняття;

- самостійні заняття.

На лекційних та практичних заняттях регулярно проводиться опитування студентів, спрямоване на обговорення і роз'яснення основних теоретичних положень, які забезпечують розв'язок поставлених задач і більш глибоке розуміння фізичної суті процесів, що обговорюються.

З метою інтенсифікації навчального процесу та підвищення якості підготовки фахівців, підвищення мотивації студентів до активного, свідомого навчання, систематичної самостійної роботи протягом семестру та відповідальності за результати навчальної діяльності запропонована рейтингова система оцінювання успішності студентів.

Для більш зручної роботи деякі робочі матеріали та методичні вказівки надаються в електронному вигляді.

Вимоги до структури, змісту і оформлення навчальної програми викладені у Методичних рекомендаціях до складання навчальних програм дисциплін та робочих навчальних програм кредитних модулів/ Уклад. В.П. Головенкін.-2-ге вид.ю переробл. і допов. –К.: ІВЦ “Видавництво “Політехніка”” ю2006. – 20 с.

У.І. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Основна література

1. Справочник по гидроакустике/ [А.П.Евтютов,А.Е.Колесников, Е.А.Корепин и др.]; – [2-е изд. перераб. и доп.] – Л.: Судостроение, 1988. – 552 с.
2. Смаришев М.Д. Справочник по расчету направленных свойств гидроакустических антенн/ Смаришев М.Д., Добровольский Ю.Ю.– Л.: Судостроение, 1984. – 304 с.
3. Смаришев М.Д. Направленность гидроакустических антенн/ Смаришев М.Д. – Л.: Судостроение, 1973. – 280 с.
4. Габидулин Г.С. Антенные устройства гидроакустических средств и их элементы/ Габидулин Г.С., Тюрин А.М., Нестеренко В.И.- Л.: ВМА,1982.– 364 с.
5. Евтютов А.П. Инженерные расчеты в гидроакустике/Евтютов А.П., Митько В.Б.–Л.:Судостроение,1988.–340 с.
6. Домаркас В.Й. Ультразвуковая эхоскопия / Домаркас В.Й., Пилецкас Э.Л.– Л.: Машиностроение, 1988. – 276 с.
7. Орлов Л.В. Гидроакустическая аппаратура рыбопромыслового флота/ Орлов Л.В., Шабров А.А. – Л.: Судостроение, 1987. – 222 с.
8. Свердлин Г.М. Гидроакустические антенны и преобразователи/ Свердлин Г.М. – Л.: Судостроение, 1988. – 200 с.
9. Свердлин Г.М. Прикладная гидроакустика/ Свердлин Г.М. – Л.: Судостроение, 1990. – 320 с.
10. Сапожков М.А. Электроакустика/ Сапожков М.А. - М.: Связь, 1978. - 272 с.

11. Вахитов Я.Ш. Теоретические основы электроакустики и электроакустическая аппаратура/ Вахитов Я.Ш. – М.: Искусство, 1982. – 415 с.
12. Лепендин Л.Ф. Акустика/ Лепендин Л.Ф. - М.: Высшая школа, 1978. - 448 с
13. Подводная акустическая аппаратура и устройства: В 2-х томах. Т.2. Подводные акустические антенны. Методы расчета звуковых полей/ Лейко. А.Г., Шамарин Ю.Е., Ткаченко В.П. – К.: ГК ППУ, 2001.–256 с.
14. Дідковський В.С. Електроакустичні п'єзокерамічні перетворювачі (Розрахунок, проектування, конструювання): Навчальний посібник/ Дідковський В.С., Лейко О.Г., Савін В.Г. – Кіровоград: "Імекс-ЛТД", 2006. – 448 с.
16. Голямина И.П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия/ Голямина И.П. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.
17. Гринченко В.Т., В Гринченко В.Т. Основы акустики/ Гринченко В.Т., Вовк І.В., Маципура В.Т. – К.: Наукова думка, 2007 – 640с.
18. Дідковський В.С., Коржик О.В., Лейко О.Г, О.М.Петрищев, С.А.Найда, Порошин С.М. Направленість інтерференційних та фокусованих акустичних антен/Навчальний посібник (Електронний варіант), - К.: НТУУ "КПІ" , 2012. – 200 с.

Додаткова література

19. Исакович М.А. Общая акустика/ Исакович М.А.М.: Наука, 1973. 496 с.
20. Применение ультразвука в медицине: Физические основы: Пер.с англ./ Под ред. К. Хилла.М.: Мир, 1989. 568 с.
21. Анго А. Математика для электро- и радиоинженеров/ Анго А. –М.: Наука, 1964. – 772 с.
22. Пугач В.П. Особенности проектирования гидроакустических антенн и преобразователей: Учебное пособие/ Карновский М.И., Белоус Е.С., Горбенко В.С., Пугач В.П. . – К: "Межвузовское ПП при КИНХ", 1976. – 64 с.
- 23.Справочник по специальным функциям/ Под.ред. М.Абрамовица. – М.: Наука, 1979. - 830 с.
- 24.Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Наука, 1967. -608 с.

Навчальна програма складена на основі освітньо-професійної програми СВО напрямку підготовки 6.050803 Акустотехніка

Розробник програми – д.т.н. професор кафедри акустики та акустoeлектроніки НТУУ "КПІ" Коржик О.В.

_____ О.В.Коржик