

Робоча програма з дисципліни

“Основи побудови і технології супутникових систем зв’язку”

1. Введення

1.1 Об’єкт вивчення

Об’єктом курсу є супутникові системи зв’язку (ССЗ), які широко застосовуються у міжнародних, національних і регіональних системах передачі аналогової та цифрової інформації, сигналів телебачення та радіомовлення, персонального зв’язку, спеціалізованих системах навігації, безпеки руху морського, сухопутного та повітряного сполучення, тощо.

1.2 Предмет вивчення

Предмет курсу – вивчення принципів організації та побудови супутникових систем зв’язку, методів проектування ССЗ та розрахунку їх системних характеристик та структур, методів забезпечення надійності передачі інформаційних даних у сучасних супутникових системах в умовах впливу різноманітних завад атмосферного та штучного походження, апаратурні рішення бортових ретрансляторів та земних станцій сполучення і управління, принципів інтеграції сучасних та перспективних супутникових систем з іншими системами телекомунікацій.

1.3 Мета навчання

Метою курсу є формування у студентів теоретичних та практичних знань та навичок, що необхідні для їх участі у проектуванні, виробництві та експлуатації різноманітних систем і мереж зв’язку.

В результаті вивчення курсу студенти повинні знати наступне:

- призначення та області застосування ССЗ;
- архітектуру, принципи функціонування, структурні схеми та типові характеристики ССЗ;
- головні положення теорії ССЗ;
- методи проектування ССЗ та розрахунку їх системних характеристик та структур;
- основні принципи побудови апаратури бортових ретрансляторів і земних станцій ССЗ.

В результаті вивчення курсу студенти повинні вміти наступне:

- самостійно вибирати оптимальну структуру ССЗ та її технічні показники;
- самостійно вивчати нові ССЗ;
- застосовувати отримані знання на практиці.

В результаті вивчення курсу студенти повинні мати уяву про:

- сучасні тенденції розвитку та перспективи ССЗ;
- взаємодію ССЗ з іншими системами телекомунікацій.

2. Зміст дисципліни

Лекція 1. Вступ. Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни в навчальному плані. Історія розвитку ССЗ. Сучасні системи передачі інформації. Основні служби радіозв’язку. Основні поняття і визначення у галузі систем радіозв’язку

Лекція 2. Системи передачі інформації множинного доступу. Багатоканальні та багатостанційні системи. Формування групового сигналу у системах множинного доступу. Математичні моделі сигналів і завад систем радіозв’язку. Лінійні та ортогональні сигнали. Багатоствольні системи та їх структура.

Лекція 3. Види радіозв’язку та їх класифікація. Відмінні ознаки радіорелейних, тропосферних, супутникових та сотових систем Інтеграція радіозв’язку у сучасних міжнародних і національних телекомунікаційних мережах.

Лекція 4. Організація побудови супутникових систем зв'язку. Смуги частот, що виділяються сучасним ССЗ. Орбіти ССЗ. Геостаціонарні, еліптичні, середньо- і низько висотні орбіти та їх порівняльні характеристики.

Лекція 5. Основні показники, геометричні співвідношення та вірогідні характеристики орбітальних угруповань. Розрахунок зон покриття і зон радіовидимості.

Лекція 6. Космічний сегмент ССЗ. Склад, основні характеристики космічних апаратів супутникових систем та засобів виводу на орбіту.

Лекція 7. Наземний сегмент та сегмент управління ССЗ. Склад, основні функціональні характеристики.

Лекція 8. Особливості енергетики супутникових систем. Енергетичні рівняння для супутникових радіоліній з урахуванням співвідношення сигнал/завада.

Лекція 9. Поглинання енергії сигналу атмосферою. Молекулярне поглинання. Поглинання у дощах і туманах.

Лекція 10. Вплив рефракції сигналів та неточності наведення антен на енергетичні характеристики супутникових систем.

Лекція 10. Розрахунок шумів у супутникових каналах зв'язку.

Лекція 11. Деякі особливості розрахунку енергетичних характеристик наземних радіоліній ССЗ. Вплив інтерференції і дифракції радіохвиль.

Лекція 12. Вплив шумів штучного походження на чуйність приймальних пристроїв станцій ССЗ.

Лекція 13. Організація багатостанційного доступу у супутникових системах. Багатостанційний доступ з частотним розділенням сигналів. Вплив нелінійності вихідних підсилювачів на якість перетворення групового сигналу.

Лекція 14. Багатостанційний доступ з часовим та кодовим розділенням сигналів. Порівняльні характеристики методів багатостанційного доступу.

Лекція 15. Особливості побудови бортових ретрансляторів ССЗ. Вимоги до бортових ретрансляторів та їх шумові характеристики.

Лекція 16. Класифікація бортових ретрансляторів. Побудова багатоствольних ретрансляторів. Особливості ретрансляторів с багатопроміневими антенами.

Лекція 17. Структура побудови і апаратура земних станцій. Стандарти ЗС. Конструктивне виконання земних станцій.

Лекція 18. Каналостворююча апаратура для передачі телебачення та радіомовлення в аналоговій та цифровій формі для роботи у режимах БДЧР, БДЧсР, БДКР.

Лекція 19. Міжнародні системи телерадіомовлення і зв'язку. Система Intelsat. Супутники серії Intelsat. Зони обслуговування та служби. Стандарти Intelsat. Використання каналів Intelsat у системі міжнародного зв'язку України.

Лекція 19. Міжнародна система супутникового зв'язку Eutelsat. Орбітальне угруповання. Космічні апарати серії Eutelsat. Зони обслуговування та служби. Особливості використання в Україні.

Лекція 20. Міжнародна низькоорбітальна система персонального зв'язку Iridium. Склад і структура системи, види послуг. Характеристики космічного та наземного сегментів. Станції сполучення та термінальне устаткування.

Лекція 21. Міжнародна геостаціонарна система Inmarsat. Стандарти Inmarsat А, В, М, С, Р. Космічні апарати і супутникові платформи. Організація зв'язку в системі. Берегові станції та термінали.

Лекція 23. Середньо орбітальні системи глобального радіотелефонного зв'язку з кодовим розділенням каналів Odyssey і ICO. Основні характеристики бортової апаратури. Особливості формування багато променевої структури на поверхні Землі. Характеристики станцій сполучення та термінального устаткування.

Лекція 24. Загальні принципи телеконтролю і управління у супутникових системах зв'язку.

Лекція 26. Принципи і апаратура передачі телеметричної та прийому командної інформації у супутникових системах зв'язку.

Лекція 27. Загальні положення проблеми електромагнітної сумісності супутникових системах зв'язку.

Лекція 28. Електромагнітна сумісність різних супутникових систем зв'язку. Взаємні завади між різними супутниковими системами зв'язку та поміж супутниковими і наземними системами зв'язку.

Лекція 29. Оцінка впливу завад на роботу аналогових та цифрових ССЗ.

Лекція 30. Міжнародні угоди щодо частотно-орбітальних присвоєнь. Координація під час введення нових систем.

Лекція 31. Вихідні дані і порядок проектування систем зв'язку. Проектування зон обслуговування, пропускну здатності, частотно-територіальних та інших системно-економічних характеристик.

Лекція 32. Перспективи розвитку систем зв'язку. Міжнародні і вітчизняні проекти створення супутникових систем зв'язку.

3. Лабораторні роботи

1. Дослідження впливу характеристик радіоліній супутникових систем зв'язку (4 години).
2. Оцінка впливу атмосферних явищ на енергетичні показники радіорелейних ліній ССЗ (4 години).
3. Дослідження енергетичних показників супутникових систем зв'язку (4 години).
4. Вивчення принципів роботи супутникової навігаційної системи і дослідження характеристик термінальних пристроїв.
5. Дослідження завадової захищеності супутникових систем зв'язку (4 години).
6. Вивчення і вимірювання характеристик модему ССЗ с БДЧР (4 години).
7. Вивчення і вимірювання характеристик модему ССЗ с БДКР (3 години).

4. Семінари, практичні заняття не передбачено.

5. Курсовий проект

Типове індивідуальне завдання:

1. Низькоорбітальна система персонального зв'язку північно-східного регіону України

Вихідні дані:

Зона покриття – Сумська, Полтавська, Харківська, Донецька і Луганська області;

Висота орбіти – 700 км;

Кількість орбітальних площин – не вище 2;

Діапазон робочих частот на лінії АТ-КА – 1610,0...1625,5 МГц (L-діапазон);

Діапазон робочих частот на лінії КА -АТ – 2483,5...2500,0 МГц (S-діапазон);

Кількість промінів бортової антени – 2;

Ширина променя на рівні 3 дБ – 2,2°;

Коефіцієнт підсилення бортової антени – 38,5 дБі;

Коефіцієнт підсилення антени ЗС – 45 дБВт;

Шумова температура бортового приймача – 700 °К;

Добротність ЗС – $31 + \log f / 3,8$;

Еквівалентна ізотропна випромінювана потужність ЗС – 51 дБВт;

Еквівалентна ізотропна випромінювана потужність БРТ – 31 дБВт.

В результаті проектування потрібно розрахувати:

Кількість КА у одній площині ;

Кути схилу площин;

Зони радіо покриття одним КА;
Розподіл енергетичного потенціалу на поверхні регіону;
Вибрати кількість та місце розміщення земних станцій.

6. Самостійна робота: вивчення чинної нормативної бази у галузі частотно-територіального планування систем зв'язку, ознайомиться за допомогою Інтернету з існуючими та перспективними системами супутникового зв'язку України, Росії та інших країн, виконати розрахунки у рамках курсового проекту по існуючим методикам.

7. Рекомендована література

Основна література

1. Зеленский А.А., Солодовник В.Ф. Системы радиосвязи /– Учеб. пособие, ч. 1 - Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2002.-92 с.
Наявність в бібліотеці – 50 шт.
 2. Радиорелейные и спутниковые системы передачи: Учебник для вузов/ Под ред. А.С. Немировского.- М.: Радио и связь, 1986.–392 с.
Наявність в бібліотеці – 3 шт.
 3. Системы спутниковой связи: Учеб.пособие для вузов/ Под ред. Л.Я. Кантора.- М.: Радио и связь, 1992.–224 с.
Наявність в бібліотеці 4 шт.
- Додаткова література
4. Справочник по спутниковой связи и вещанию/ Под ред.Л.Я. Кантора.- М.: Радио и связь, 1983.-288 с.
Наявність в бібліотеці 4 шт.
 5. Спилкер Дж. Цифровая спутниковая связь. – М.:Связь, 1979.–592 с.
Наявність в бібліотеці – 1шт
 6. Венедиктов М.Д. и др. Многостанционный доступ в спутниковых системах связи. – М.: Связь, 1973.-93 с.
 7. Норенков И.П. Телекоммуникационные технологии и сети. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана. – 2000.

8. Контрольні питання

- 1.Історія розвитку ССЗ. Основні риси сучасних систем зв'язку та основні служби радіозв'язку.
2. Багатоканальні та багато станційні системи. Загальні властивості та різниця. Поняття множинного доступу і групового сигналу.
- 3.Математичні моделі сигналів і завад систем радіозв'язку. Властивості лінійних та ортогональних сигналів.
4. Призначення багатоствольних систем та їх структура.
- 5.Види радіозв'язку та їх класифікація. Відмінні ознаки радіорелейних, тропосферних, супутникових та сотових систем радіозв'язку.
- 6.Загальна організація побудови супутникових систем зв'язку. Смуги частот, що виділяються сучасним ССЗ.
7. Порівняльні характеристики геостаціонарних, еліптичних, середньо- і низько висотних орбіт ССЗ.
8. Геометричні параметри орбіт ССЗ. Зони радіо покриття і радіо видимості та їх розрахунок.
9. Характеристики і склад космічного сегменту.
10. Основні характеристики космічних апаратів систем зв'язку, космічних платформ і засобів виводу на орбіту.
11. Основні характеристики і склад наземного сегменту та сегменту управління ССЗ.

12. Особливості розрахунку енергетичних характеристик супутникових систем. Енергетичні рівняння для однієї супутникової радіолінії.
13. Енергетичні рівняння для обох супутникових радіоліній (лінії нагору і лінії наниз) з урахуванням співвідношення сигнал/завада.
14. Розрахунок витрат, що виникають при поглинанні енергії сигналу атмосферою. Молекулярне поглинання.
15. Розрахунок витрат, що виникають при поглинанні енергії сигналу у дощах і туманах.
16. Вплив рефракції сигналів та неточності наведення антен на енергетичні характеристики супутникових систем.
17. Розрахунок шумів у супутникових каналах зв'язку та вірогідності помилкового прийому аналогових і цифрових сигналів у супутникових системах.
18. Основні характеристики наземних радіоліній ССЗ. Поняття профілю траси, види радіо трас.
19. Особливості розрахунку енергетичних характеристик наземних радіоліній ССЗ. Вплив інтерференції і дифракції радіохвиль.
20. Вплив шумів штучного походження на чуйність приймальних пристроїв станцій ССЗ.
21. Багатостанційний доступ з частотним розділенням сигналів. Основні особливості і недоліки.
22. Вплив нелінійності вихідних підсилювачів на якість перетворення групового сигналу в системах з БДЧР. Пригнічення сигналів та поява нелінійних завад.
23. Багатостанційний доступ з часовим розділенням сигналів. Структура циклів. Ефективність БДЧР.
24. Багатостанційний доступ з кодовим розділенням сигналів. Ефективність БДКР. Порівняльні характеристики методів багатостанційного доступу.
25. Вимоги до бортових ретрансляторів та їх шумові характеристики.
26. Особливості побудови бортових ретрансляторів ССЗ. Гетеродинні ретранслятори, ретранслятори з однократним перетворенням та з модуляцією на борту.
27. Багато ствольні ретранслятори. Приклади побудови ретрансляторів існуючих супутникових систем.
28. Особливості ретрансляторів з багатопроміневими антенами.
29. Структура побудови і апаратура земних станцій. Стандарти ЗС.
30. Конструктивне виконання земних станцій. Передаюча апаратура ЗС.
31. Конструктивне виконання земних станцій. Апаратура прийому земних станцій.
32. Передаюча апаратура ЗС.
33. Канало утворююча апаратура для передачі телебачення та радіомовлення в аналоговій та цифровій формі для роботи у режимах БДЧР, БДЧР, БДКР.
34. Міжнародні системи телерадіомовлення і зв'язку. Система Intelsat. Стандарти Intelsat.
35. Супутники серії Intelsat. Зони обслуговування та служби. Використання каналів Intelsat у системі міжнародного зв'язку України.
36. Система супутникового зв'язку Eutelsat. Орбітальне угруповання. Космічні апарати серії Eutelsat. Зони обслуговування та служби. Особливості використання в Україні.
37. Низькоорбітальна система персонального зв'язку Iridium. Склад і структура системи, види послуг.
38. Характеристики космічного та наземного сегментів Iridium. Станції сполучення та термінальне устаткування.
39. Геостаціонарна система Inmarsat. Стандарти Inmarsat А, В, М, С, Р. Космічні апарати і супутникові платформи. Організація зв'язку в системі. Берегові станції та термінали.
40. Середньо орбітальні системи глобального радіотелефонного зв'язку з кодовим розділенням каналів Odyssey і ICO. Основні характеристики бортової апаратури. Особливості формування багато променевої структури на поверхні Землі. Характеристики станцій сполучення та термінального устаткування.
41. Загальні принципи телеконтролю і управління у супутникових системах зв'язку.

42. Принципи і апаратура передачі телеметричної та прийому командної інформації у супутникових системах зв'язку.
43. Загальні положення проблеми електромагнітної сумісності супутникових системах зв'язку.
44. Особливості розрахунку взаємних завад в аналогових і цифрових ССЗ. Оцінка впливу завад на роботу аналогових та цифрових ССЗ.
45. Основні міжнародні угоди щодо частотно-орбітальних присвоєнь. Координація під час введення нових систем.
46. Порядок проектування систем зв'язку. Вихідні дані і проектування зон обслуговування, пропускну спроможності, частотно-територіальних та інших системно-економічних характеристик.
47. Перспективи розвитку систем зв'язку. Міжнародні і вітчизняні проекти створення супутникових систем зв'язку.

6. Форми та засоби проведення поточного та підсумкового контролю:

Екзамен – усно.

Залік – захист курсового проекту.

Програму склав
Зав.кафедрою 504,
д.т.н., професор

О.О. Зеленський