



Метаматеріали в телекомунікаціях

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка та телекомунікації</i>
Спеціальність	<i>172 Телекомунікації та радіотехніка</i>
Освітньо-наукова програма	<i>Телекомунікації та радіотехніка</i>
Статус дисципліни	<i>Дисципліна за вибором</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2- й курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів – 150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен
Розклад занять	<i>4 години на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>Живков Олександр Петрович, 068-685-67-45, zhivkovalex@gmail.com</i> Практичні: <i>Живков Олександр Петрович, 068-685-67-45, zhivkovalex@gmail.com</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/u/0/c/MzEyNTc1MzQyNDIx

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна „Метаматеріали у телекомунікаціях” охоплює основні розділи технічної електродинаміки у частині розрахунку та створення надвисокочастотних ліній передачі, мікрохвильових пристроїв, антен та сенсорів на базі комірок метаматеріалів.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета навчальної дисципліни.

Отримання компетентностей по основам моделювання, розрахунку та побудови надвисокочастотних ліній передачі, мікрохвильових пристроїв, антен та сенсорів на базі комірок метаматеріалів

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

- вивчити теорію електромагнітного поля стосовно метаматеріальних середовищ та явищ;
- знати особливості розрахунку фільтрів та сенсорів мікрохвильового діапазону на базі комірок метаматеріалів;
- знати особливості розрахунку поля та розповсюдження електромагнітних хвиль у метаматеріальних направляючих структурах;
- вивчити теорію випромінювання електромагнітних хвиль у метаматеріальних антенах та ректеннах;

Згідно з вимогами програми дисципліни „ Метаматеріали у телекомунікаціях ” аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- призначення фізичних величин, що використовуються для характеристики поля, електродинамічних структур та електромагнітних процесів у метаматеріальних середовищах;

- основні фізичні властивості електромагнітного поля, методи аналізу електромагнітних явищ, закономірностей випромінювання електромагнітних хвиль, поширення радіохвиль в метаматеріальних середовищах та направляючих структурах;
- принципи роботи та характеристики пристроїв надвисоких частот на базі комірок метаматеріалів;
- основи теорії антен та ректенн на базі комірок метаматеріалів;

уміння:

- проводити якісний аналіз електромагнітних процесів у метаматеріальних структурах та антенах;
- розраховувати поля в основних метаматеріальних структурах;
- володіти технікою експериментального дослідження полів у вільному просторі та замкнутих метаматеріальних структурах;
- розробляти рекомендації щодо призначення та експлуатації антен, елементів і пристроїв надвисоких частот на базі комірок метаматеріалів;

досвід:

- з методами вирішення задач електродинаміки та розрахунку антен на базі 2-D та 3-D комірок метаматеріалів;
- з перспективами розвитку радіотехніки надвисоких частот на базі метаматеріальних компонент та структур.

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

Для успішного засвоєння дисципліни здобувач повинен володіти знаннями з математики, фізики, основ теорії електричних кіл, електродинаміки, спеціальних розділів математики, метрології.

На результатах вивчення даної дисципліни базуються дисциплін «Теорія електричних кіл» «Технічна електродинаміка та розповсюдження радіохвиль», «Телекомунікаційні бездротові системи», «Мережні технології», «Технології радіо- та телевізійного мовлення», «Передавальні та приймальні пристрої» та інші.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ до дисципліни “Метаматеріали в телекомунікаціях”

Мета, завдання і структура дисципліни.

Тема 1. Введення. Загальні відомості про метаматеріали та метаматеріальні явища.

Історія «метаматеріальних» явищ та пристроїв у радіотехніці у 20-му сторіччі.

Тема 2. «Комірки» або «молекули» метаматеріалів.

Split Ring Resonators – SRR. Complimentary Split Ring Resonators – CSRR та інші типи «метамолекул». Комірки на базі напівхвильових та хвильових резонаторів – «розгорнуті SRR»

Тема 3. Моделювання комірок метаматеріалів за допомогою теорії кіл.

T- та П-образні чотириполюсники. «Ліворучні» та «праворучні» середовища. Мостові чотириполюсники.

Тема 4. Програмні комплекси для розрахунку метаматеріалів.

Моделювання комірок метаматеріалів у програмних середовищах AWR, HFSS, COMSOL.

Тема 5. Мікрохвильові пристрої на базі комірок метаматеріалів.

Мікрохвильові фільтри та спрямовані відгалужувачі. Мікрохвильові фільтри. Спрямовані відгалужувачі. Метаматеріальні антени та ректени. Сенсори. Штучні лінії передачі.

Тема 6. Метаматеріальні частотно-вибіркові поверхні.

STEALTH-технології. Поверхні з керованим відгалуженням.

Тема 7. «Суперлінза».

Історія створення та досягнення. Суперлінза як екстремально вузький режекторний фільтр.

Тема 8. Radio-frequency identification (RFID) на базі комірок метаматеріалів.

Принципи побудови мікрохвильових пристроїв для дистанційної ідентифікації (RFID). Моделювання структур RFID за допомогою мостових еквівалентних схем. Мікροстрічкові RFID на базі комірок метаматеріалів.

Тема 9. “Internet of metamaterial Things”.

Інтелектуальні відбиваючі та поглинаючі поверхні.

Тема 10. Моделювання фізичних процесів з допомогою метаматеріалів.

Резонанс Фано. Електромагнітно індуквана прозорість. ATS. Ефект Парсела. Резонатори Фабрі-Перро.

Тема 11. Метаматеріали в ТГц.

MEMS технології. Метаматеріальні поверхні ТГц та оптичного діапазону. Сенсори ТГц діапазону.

4. Рекомендована тематика практичних (семінарських) занять

Метою практичних занять є закріплення теоретичних знань та набуття практичних навичок в розрахунках комірок метаматеріалів та пристроїв надвисоких частот на їх базі.

Приблизна тематика практичних занять:

Тема 2. «Комірки» або «молекули» метаматеріалів.

ПЗ. 1. Побудова комірок метаматеріалів у вигляді лінійних резонаторів у програмі AWR.

ПЗ. 2. Моделювання режекторних мікрохвильових фільтрів з використанням лінійних резонаторів у програмі AWR.

ПЗ. 3. Моделювання полосових мікрохвильових фільтрів з використанням лінійних резонаторів у програмі AWR.

ПЗ. 4. Моделювання мікрохвильових сенсорів з використанням лінійних резонаторів у програмі AWR.

ПЗ. 5. Побудова комірок метаматеріалів у вигляді кільцевих резонаторів у програмі AWR.

Тема 3. Моделювання комірок метаматеріалів за допомогою теорії кіл.

ПЗ. 6. Побудова комірок метаматеріалів у вигляді мостових чотириполюсників у програмі AWR.

ПЗ. 7. Моделювання режекторних мікрохвильових фільтрів у вигляді мостових чотириполюсників у програмі AWR.

ПЗ. 8. Моделювання полосових мікрохвильових фільтрів у вигляді мостових чотириполюсників у програмі AWR.

ПЗ. 9. Моделювання мікрохвильових сенсорів у вигляді мостових чотириполюсників у програмі AWR.

Тема 4. Програмні комплекси для розрахунку метаматеріалів.

ПЗ. 10. Побудова комірок метаматеріалів у вигляді лінійних резонаторів у програмі COMSOL.

ПЗ. 11. Моделювання режекторних та полосових мікrohrічкових фільтрів у програмі COMSOL.

ПЗ. 12. Моделювання режекторних та полосових хвильоводних фільтрів у програмі COMSOL

Тема 8. Radio-frequency identification (RFID).

ПЗ. 13. Моделювання мікrohrічкових структур радіочастотної ідентифікації (RFID) за допомогою топологічного моделювання у програмі AWR.

ПЗ. 14. Моделювання мікrohrічкових структур радіочастотної ідентифікації (RFID) за допомогою мостових чотириполюсників у програмі AWR.

Тема 10. Моделювання фізичних процесів з допомогою метаматеріалів.

ПР. 15. Моделювання резонансу Фано.

ПР. 16. Моделювання електромагнітно індукованої прозорості.

ПР. 17. Моделювання розщеплення Аутлера-Таунса. (ATS).

ПР. 18. Моделювання ефекту Парселла.

5. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література:

1. artín, F. (2012). Metamaterials for Wireless Communications, Radiofrequency Identification, and Sensors. ISRN Electronics, 2012, 1–29. doi:10.5402/2012/780232 M
2. ustrau F. RF and microwave engineering: fundamentals of wireless communications. John Wiley & Sons. G
3. uresh Kumar, S.; Naidu, K.C.B.; Banerjee, P.; Anil Babu, T.; Venkata Shiva Reddy, B. A Review on Metamaterials for Device Applications. Crystals 2021, 11, 518. <https://doi.org/10.3390/cryst11050518> S
4. aloz, Christophe. Novel Passive and Active Transmission Line Metamaterial Devices.- 2006. C

Допоміжна література:

5. Martín F., Balanced microwave filters. Wiley, 2018.
6. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи – К.: Наукова думка, 2017 – 730 с.

6. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Методика опанування навчальної дисципліни „Метаматеріали у телекомунікаціях” полягає у набутті практичних навичок застосування положень теорії електромагнітного поля, його генерації, підсилювання та випромінювання, теорії антен і обробки електромагнітних хвиль надвисокого діапазону частот для розв’язання конкретних технічних задач, що виникають при розробці та експлуатації високочастотних складових телекомунікаційного обладнання на базі комірок метаматеріалів, набуття стійких вмінь прийняття науково обґрунтованих, усвідомлених, підтверджених розрахунками рішень.

7. Самостійна робота аспіранта

Для активізації сприйняття математичних та прикладних ідей дисципліни „Метаматеріали у телекомунікаціях” аспірант повинен повторити матеріал, який було викладено в курсі «Електродинаміка та поширення радіохвиль».

Для підвищення швидкості та надійності засвоєння базових положень теорії при СРС потрібно приділити більше уваги розв’язанню задач.

Для осмисленого і живого сприйняття дисципліни „Метаматеріали у телекомунікаціях” рекомендується проводити комп’ютерні імітаційні експерименти для перевірки теоретичних положень, викладених на лекціях і практичних заняттях.

Контроль якості опанування аспірантом дисципліни здійснюється шляхом опитування на лекціях, практичних заняттях, а також при проведенні іспиту.

Політика та контроль

8. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Матеріал дисципліни „Метаматеріали у телекомунікаціях” вивчається у четвертому семестрі на лекціях та практичних заняттях. Теоретичний матеріал викладається та в подальшому використовується для розв’язання задач на базі підручників та монографій ІТС.

Оцінка успішності аспірантів по кредитному модулі визначається на основі рейтингової системи.

9. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

1. Рейтинг здобувача з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що здобувач отримує за:

- виконання контрольних робіт (6 експрес-контролів);
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);

2. Критерії нарахування балів.

2.1. Експрес-контрольні роботи оцінюються із 5 балів кожна:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 5 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями – 4 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 3 бали;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

2.2. Модульна контрольна робота оцінюється із 30 балів:

- «відмінно» – правильно і повністю виконані всі завдання (не менше 90% потрібної інформації) – 27-30 балів;
- «добре» – частково виконані завдання (не менше 75% потрібної інформації) – 22-26 балів;
- «задовільно» – завдання контрольної роботи виконані із помилками (не менше 60% потрібної інформації) – 18-21 балів;
- «незадовільно» – завдання не виконані або містять грубі помилки, МКР не зараховано – 0 балів.

3. Календарна проміжна атестація здобувачів проводиться за значенням поточного рейтингу здобувача на час атестації. Якщо значення цього рейтингу не менше 50 % від максимально можливого на час атестації, здобувач вважається атестованим. Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 8 балів. Умовою позитивної другої атестації – отримання не менше 22 балів.

4. Умовою допуску до екзамену є стартовий рейтинг не менше 30 балів.

5. На екзамені здобувачі відповідають на питання білету. Кожен білет містить чотири запитання (завдання). Кожне запитання (завдання) оцінюється у 10 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 9-10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 7-8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 6 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

6. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
не зарахована розрахунково-графічна робота або стартовий рейтинг менше 30 балів	Не допущено

10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- положення про рейтингову систему оцінки успішності доводиться на першому занятті з дисципліни;
- попередня рейтингова оцінка R з кредитного модуля (дисципліни) доводиться до аспірантів на останньому занятті;

календарна атестація аспірантів з дисципліни проводиться викладачами за значенням поточного рейтингу аспіранта на час атестації t . Якщо значення цього рейтингу не менше 50% від максимально можливого (R_t) на час атестації $RD_t \geq 0,5R$, аспірант вважається задовільно атестованим. В іншому випадку – в атестаційній відомості виставляється "незараховано".

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: к.т.н., доцент Живков Олександр Петрович

Ухвалено кафедрою телекомунікацій (протокол № 9 від 25.05.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією ІТС (протокол № 4 від 02.06.2022 р.)