

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕХНІЧНА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА»



Ступінь освіти	бакалавр
Освітня програма	Телекомунікації та радіотехніка
Тривалість викладання	5, 6 чверть
Заняття:	Осінній семестр
лекції:	1 година
лабораторні заняття:	1 година
практичні заняття:	1 година
Мова викладання	українська

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»: <https://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=2066>

Кафедра, що викладає Фізика

Інформація про викладача:

Горєв В'ячеслав Миколайович	Доцент, к.ф.–м.н.
Персональна сторінка	https://physics.nmu.org.ua/ua/personal/docents/Gorev/
Е-пошта:	Gorev.V.M@nmu.one

1. Анотація до курсу

Розглянуто математичний апарат векторного аналізу, що дозволяє описувати електромагнітні поля в технічних системах (оператори градієнта, дивергенції, ротора; теорема Остроградського–Гауса, формула Стокса). Розглянуто рівняння Максвелла, що є базовими постулатами електродинаміки. На основі рівнянь Максвелла розглянуто закон збереження енергії в електродинаміці та поведінку полів на границі двох середовищ. Розглянуто метод комплексних амплітуд для опису полів у монохроматичному випадку. Розглянуті базові аналітично розв'язувані задачі технічної електродинаміки про опис полів при розповсюдженні хвиль у необмеженому просторі та у прямокутному хвилеводі. Розглянуто класифікацію хвиль у напрямних системах. Коротко розглянуто теорії довгих ліній (виведення телеграфних рівнянь та їх застосування до лінії без втрат та лінії без спотворень).

2. Мета та завдання курсу

Мета дисципліни – формування компетентностей щодо вміння застосовувати математичний апарат рівнянь Максвелла та теорії диференціальних рівнянь в частинних похідних до опису процесів у системах передачі, зокрема таких, як хвилевід та довга лінія.

Завдання курсу:

- ознайомити здобувачів вищої освіти з базовими постулатами електродинаміки (рівняннями Максвелла) та математичним апаратом, що їх описує;
- ознайомити здобувачів вищої освіти з найфундаментальнішими фізичними наслідками рівнянь Максвелла (закон збереження енергії, вектор Пойнтінга, поведінка полів на межі середовищ);

- ознайомити здобувачів вищої освіти з аналітично точно розв’язувані задачі проходження електромагнітних хвиль у вільному просторі та у найпростіших напрямних системах (плоских хвилеводах);
- ознайомити здобувачів вищої освіти з основами теорії довгих ліній та з описом струму і напруги вздовж довгих ліній без втрат та без спотворення

3. Результати навчання

Знати базові фундаментальні рівняння електродинаміки та наслідки з них. Володіти математичним апаратом опису електромагнітних хвиль у вільному просторі та напрямних системах. Бути знайомим з найвідомішими аналітично точно розв’язуваними задачами технічної електродинаміки.

4. Структура курсу

ЛЕКЦІЇ

1. Математичні основи технічної електродинаміки

- 1.1 Поняття скалярного добутку векторів, векторного добутку векторів, градієнта, дивергенції, ротора
- 1.2 Індексний запис відповідних понять
- 1.3 Загальний вигляд закону збереження у фізиці

2. Рівняння Максвелла

- 2.1 Фізичні величини, що входять до рівнянь Максвелла, їх розмірності
- 2.2 Запис рівнянь Максвелла
- 2.3 Рівняння неперервності (закон збереження заряду)
- 2.4 Вектор Пойнтінга та закон збереження енергії
- 2.5 Поведінка полів на границі двох середовищ

3. Метод комплексних амплітуд

- 3.1. Поняття комплексної амплітуди скалярної та векторної величини
- 3.2 Рівняння Максвелла для комплексних амплітуд у монохроматичному випадку
- 3.3 Закон збереження заряду для комплексних амплітуд у монохроматичному випадку
- 3.4 Закон збереження енергії для комплексних амплітуд у монохроматичному випадку
- 3.5 Середній за період вектор Пойнтінга в термінах комплексних амплітуд
- 3.6 Матеріальні рівняння для середовищ з зсувами фаз між індукціями та напруженностями
- 3.7 Середня за період потужність втрат енергії електромагнітного поля

4. Хвильове рівняння

- 4.1 Хвильове рівняння
- 4.2 Плоска монохроматична хвиля в необмеженому просторі

5. Зв’язок між повздовжними та поперечними компонентами полів у напрямних системах

6. Класифікація хвиль у напрямних системах

- 6.1 TEM–хвилі

6.2 TE–хвилі

6.3 TM–хвилі

6.4 Гібридні хвилі

7. Прямокутний хвилевід

7.1 Граничні умови для хвиль на стінках хвилеводу

7.2 TE–хвилі у прямокутному хвилеводі

7.3 TM–хвилі у прямокутному хвилеводі

7.4 Загальні властивості хвильового процесу у хвилеводі без втрат з ідеально провідними стінками

8. Двопроводова довга лінія

8.1 Виведення телеграфних рівнянь

8.2 Нескінченна лінія без втрат

8.3 Нескінченна лінія без спотворення

8.4 Задача про включення скінченної лінії, накоротко замкненої на одному з кінців

ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

Лаб.1 Розрахунок градієнтів, роторів та дивергенцій від функцій від координат

Лаб.2 Розрахунок полів та вектору Пойнтінга на основі рівнянь Максвела та метод комплексних амплітуд

Лаб.3 Розрахунок параметрів плоских електромагнітних хвиль у необмеженому просторі

Лаб.4 Розрахунок параметрів хвильового процесу у плоскому ідеальному хвилеводі

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

1. Розрахунок градієнтів, роторів та дивергенцій від функцій від координат

2. Розрахунок полів та вектору Пойнтінга на основі рівнянь Максвела та методу комплексних амплітуд

3. Розрахунок параметрів плоских електромагнітних хвиль у необмеженому просторі

4. Розрахунок параметрів хвильового процесу у плоскому ідеальному хвилеводі

5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

Необхідний доступ до системи дистанційного навчання НТУДП. На практичних і лабораторних заняттях необхідна наявність калькуляторів.

6. Система оцінювання та вимоги

6.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90 – 100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

6.2. Оцінка виставляється на основі двох теоретичних модулів та шести практичних робіт. Максимальний бал за кожний теоретичний модуль складає 20 балів (2 теоретичні питання по 10 балів). Кожна з практичних робіт оцінюється в 10 балів.

Критерії оцінювання

Реальні результати навчання студента ідентифікуються та вимірюються відносно очікуваних під час контрольних заходів за допомогою критеріїв, що описують дії студента для демонстрації досягнення результатів навчання.

Для оцінювання виконання контрольних завдань під час поточного контролю лекційних і практичних занять в якості критерія використовується коефіцієнт засвоєння, що автоматично адаптує показник оцінки до рейтингової шкали:

$$O_i = 100 a/m,$$

де a – число правильних відповідей або виконаних суттєвих операцій відповідно до еталону рішення; m – загальна кількість запитань або суттєвих операцій еталону.

Зміст критеріїв спирається на компетентнісні характеристики, визначені НРК для бакалаврського рівня вищої освіти (подано нижче).

Загальні критерії досягнення результатів навчання Для 6-го кваліфікаційного рівня за НРК

	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показники оцінки
Знання		
– спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері професійної діяльності або галузі знань і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у галузі та на межі галузей знань	Відповідь відмінна – правильна, обґрунтована, осмислена. Характеризує наявність: <ul style="list-style-type: none"> – спеціалізованих концептуальних знань на рівні новітніх досягнень; – критичне осмислення проблем у навчанні та/або професійній діяльності та на межі предметних галузей 	95-100
	Відповідь містить не грубі помилки або описки	90-94
	Відповідь правильна, але має певні неточності	85-89
	Відповідь правильна, але має певні неточності й недостатньо обґрунтована	80-84
	Відповідь правильна, але має певні неточності, недостатньо обґрунтована та осмислена	74-79
	Відповідь фрагментарна	70-73
	Відповідь демонструє нечіткі уявлення студента про об'єкт вивчення	65-69
	Рівень знань мінімально задовільний	60-64
Рівень знань незадовільний	<60	
Уміння/навички		
– спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем,	Відповідь характеризує уміння: <ul style="list-style-type: none"> – виявляти проблеми; – формулювати гіпотези; – розв'язувати проблеми; 	95-100

	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показники оцінки
<p>необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур;</p> <p>– здатність інтегрувати знання та розв’язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах;</p> <p>– здатність розв’язувати проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності</p>	<ul style="list-style-type: none"> – оновлювати знання; – інтегрувати знання; – провадити інноваційну діяльність; – провадити наукову діяльність 	
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності з не грубими помилками	90-94
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	80-84
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	74-79
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-73
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	Рівень умінь/навичок незадовільний	<60
Комунікація		
– зрозуміле і недвозначне донесення власних знань, висновків та аргументації до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються	<p>Зрозумілість відповіді (доповіді).</p> <p><i>Мова:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – правильна; – чиста; – ясна; – точна; – логічна; – виразна; – лаконічна. <p><i>Комунікаційна стратегія:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – послідовний і несуперечливий розвиток думки; – наявність логічних власних суджень; 	95-100

	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показники оцінки
	<ul style="list-style-type: none"> – доречна аргументації та її відповідність відстоюваним положенням; – правильна структура відповіді (доповіді); – правильність відповідей на запитання; – доречна техніка відповідей на запитання; – здатність робити висновки та формулювати пропозиції; – використання іноземних мов у професійній діяльності 	
	Достатня зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія з незначними хибами	90-94
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано три вимоги)	85-89
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано чотири вимоги)	80-84
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано п'ять вимог)	74-79
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано сім вимог)	70-73
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано дев'ять вимог)	65-69
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано 10 вимог)	60-64
	Рівень комунікації незадовільний	<60
<i>Відповідальність і автономія</i>		
<ul style="list-style-type: none"> – управління робочими або навчальними процесами, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів; – відповідальність за внесок до професійних 	<p>Відмінне володіння компетенціями:</p> <ul style="list-style-type: none"> – використання принципів та методів організації діяльності команди; – ефективний розподіл повноважень в структурі команди; – підтримка врівноважених стосунків з членами команди (відповідальність за взаємовідносини); – стресовитривалість; – саморегуляція; – трудова активність в екстремальних ситуаціях; – високий рівень особистого ставлення до 	95-100

	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показники оцінки
знань і практики та/або оцінювання результатів діяльності команд та колективів; – здатність продовжувати навчання з високим ступенем автономії	справи; – володіння всіма видами навчальної діяльності; – належний рівень фундаментальних знань; – належний рівень сформованості загальнонавчальних умінь і навичок	
	Упевнене володіння компетенціями відповідальності і автономії з незначними хибами	90-94
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано дві вимоги)	85-89
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано три вимоги)	80-84
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано чотири вимоги)	74-79
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано п'ять вимог)	70-73
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано шість вимог)	65-69
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (рівень фрагментарний)	60-64
Рівень відповідальності і автономії незадовільний	<60	

7. Політика курсу

7.1. Політика щодо академічної доброчесності

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка". http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf.

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

7.2. Комунікаційна політика

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

7.3. Політика щодо перескладання

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

7.4 Політика щодо оскарження оцінювання

Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

7.5. Відвідування занять

Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбутись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

7.6. Бонуси

За активність та правильні відповіді на лекційних та практичних заняттях студент може отримати до +2 балів до семестрової оцінки на кожному занятті.

8 Рекомендовані джерела інформації

Базові

1. В. М. Горєв, «Технічна електродинаміка. Навчальний Посбник», Дніпро, НТУ ДП, 2019, 91 с.
2. В. М. Горєв, «Технічна електродинаміка. Методичні рекомендації до практичних занять та лабораторних робіт з дисципліни для бакалаврів галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації», Дніпро, НТУ ДП, 2019, 43 с.

Додаткові

1. О. О. Дробахін, Д. Ю. Салтиков, «Електродинаміка НВЧ», Дніпро: РВВ ДНУ, 2015. – 88 с.