

ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ПОГОДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Віктор ЛИТВИНЕНКО
" 30 " серпня 2024 року

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Микола ВОЛОШИН
Протокол засідання кафедри
ГТБВтаЕІ ХДАЕУ
від " 30 " серпня 2024 року №1

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Електромагнітна сумісність в системах електропостачання

Назва навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) рівень

Освітня програма – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Галузь знань – 14 Електрична інженерія

Кропивницький – 2024

1. Загальна інформація

Назва навчальної дисципліни	Електромагнітна сумісність в системах електропостачання
Факультет	Архітектури та будівництва
Назва кафедри	Гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії
Викладач	Заводяний Віктор Володимирович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, кафедра гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії, ХДАЕУ.
Контактна інформація	0973475321, e-mail zavodiannyi_v@ksaeu.kherson.ua кафедра e-meil kaf_gtb@ksaeu.kherson.ua
Графік консультацій	Середа 15-00 16-20, Четвер 15-00 16-20.
Програма дисципліни	Змістовна частина 1. Механізми виникнення ЕМЗ та заходи щодо їх зниження Тема 1. <u>Основні поняття ЕМС та задачі що вирішуються.</u> Вітчизняні та міжнародні організації що займаються питаннями нормування в області ЕМС. Класифікація електромагнітних завад. Шляхи проникнення завад в електротехнічний пристрій. Класифікація електромагнітного оточення (ЕМО). Тема 2. <u>Впливи за рахунок кондуктивного (гальванічного) зв'язку.</u> Впливи через кола живлення та гальванічні контури. Вплив по контурах заземлень та загальних точок. Способи зменшення кондуктивних впливів. Тема 3. <u>Впливи за рахунок ємнісного зв'язку.</u> Вплив між гальванічно розділеними контурами. Вплив між контурами з загальним проводом опорного потенціалу (землею). Впливи в контурах з великою ємністю відносно землі. Способи зменшення ємнісних впливів Тема 4. <u>Впливи за рахунок індуктивного зв'язку.</u> Індуктивний зв'язок між контурами та способи його зменшення Впливи за рахунок електромагнітного зв'язку (дальня зона). Змістовна частина 2. Забезпечення ЕМС при дії потужних ЕМЗ Тема 5. <u>Електромагнітні екрани і їх використання.</u> Класифікація. Оцінка ефективності електромагнітних екранів. Неоднорідності (розриви, отвори) в екранах. Захист від електромагнітних впливів через неоднорідності екранів Тема 6. <u>Фільтри як елементи захисту від гальванічних впливів.</u> Класифікація та оцінка ефективності. Характеристики фільтрів. Вплив паразитних параметрів елементів. Виконання елементів фільтрів. Мережеві фільтри. Тема 7. <u>Обмежувачі амплітуди для захисту від кондуктивних впливів.</u> Типи обмежувачів амплітуди. Пристрої для захисту від імпульсних перенапруг (ПЗП). Розрядники, варистори, напівпровідні обмежувачі та їх характеристики. Конструктивне виконання. Порівняльна

	характеристика, переваги та недоліки, сфери застосування. Гібридні (комбіновані) схеми. Тема 8. <u>ЛЕП як джерело завад.</u> Перешкоди нормального та аварійних режимів ПЛ та кабельних ліній. Виміри полів ЛЕП. Методи зменшення електричних і магнітних полів ЛЕП. ЕМО на підстанціях. <u>Корона на ПЛ як джерело перешкод.</u> Впливи промислової частоти різних джерел. Впливи електромагнітних полів на біологічні об'єкти, нормування впливів. Тема 9. Блискавка як джерело імпульсних завад. Діючі чинники розряду блискавки. Грозова ЕМО. Вплив на лінію низької напруги (ближня зона). Зовнішня та внутрішня системи блискавкозахисту. Порівняння потужних імпульсних впливів різних джерел. Тема 10. Зонна концепція забезпечення ЕМС та її реалізація. Реалізація зонної концепції при виконанні блискавкозахисту. Призначення та місця розташування ПЗП. Зв'язок між категоріями стійкості ізоляції, зонами блискавкозахисту та типами ПЗП. Зонна концепція при блискавкозахисті установок вітрогенерації та систем сонячної генерації.
Мова викладання	українська

2. Анотація курсу

Анотація курсу	Курс дисципліни "Електромагнітна сумісність в системах електропостачання" охоплює теоретичні та практичні аспекти забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) у сучасних енергосистемах. Вивчаються джерела електромагнітних завад, механізми їх поширення та методи мінімізації впливу на електрообладнання та системи управління. Основні теми курсу включають: • Фундаментальні поняття електромагнітної сумісності та стандартизація ЕМС; • Джерела електромагнітних завад у системах електропостачання; • Взаємодія електромагнітних завад із елементами енергосистем; • Методи зниження рівня завад (фільтрація, екранування, заземлення, компенсація); • Чисельні методи аналізу ЕМС та моделювання електромагнітних процесів; • Оцінка та тестування ЕМС згідно з міжнародними стандартами. Засвоєння дисципліни дасть змогу студентам розробляти та впроваджувати ефективні технічні рішення для підвищення рівня електромагнітної сумісності в енергосистемах, що є важливим аспектом забезпечення надійності та безпеки електропостачання.
Інформаційний пакет дисципліни	http://www.ksau.kherson.ua/budgidro/kafedrabad.html

3. Мета та завдання курсу

Мета викладання дисципліни	Мета дисципліни полягає в оволодінні студентами знань з теорії та практики забезпечення належного функціонування технічних об'єктів електротехніки та енергетики в умовах їх взаємного електромагнітного впливу та впливу потужних електромагнітних завад.
-----------------------------------	--

	Сучасний розвиток техніки характеризується збільшенням рівнів електромагнітних завад (ЕМЗ) та зменшенням рівнів корисних сигналів. Така тенденція вимагає приділяти багато уваги забезпеченню можливості нормального функціонування апаратури (керуючої, вимірювальної, технологічної, побутової та інш.) в умовах впливу потужних ЕМЗ (блискавки, високовольтні ЛЕП, розряди статичної електрики та інш.).
Завдання вивчення дисципліни	формування у студентів належного рівня знань про механізми виникнення потужних ЕМЗ та їх впливу на оточуючі об'єкти - вивчення методів забезпечення дієздатності технічних засобів при впливі завад. - знайомство з нормативною базою з забезпечення електромагнітної сумісності.

4. Програмні компетентності та результати навчання

Компетентності здобувача вищої освіти, сформовані в результаті вивчення курсу	
Загальні	ІК. Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів, проведення досліджень або здійснення інновацій, які характеризуються комплексністю та невизначеністю умов і вимог. ЗК-1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК-2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК-3. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій. ЗК-4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
Спеціальні (фахові)	ФК-1. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ФК-2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ФК-3. Здатність планувати, організовувати та проводити наукові дослідження в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ФК-4. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ФК-8. Здатність досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження,

	включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. ФК-11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем. ФК-13. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. ФК-14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.
Програмні результати навчання (ПРН)	
ПРН	ПРН-1. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем. ПРН-2. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні. ПРН-4. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем. ПРН-5. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах. ПРН-7. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах. ПРН-11. Обґрунтовувати вибір напрямку та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ПРН-12. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ПРН-13. Брати участь у сумісних дослідженнях і розробках з іноземними науковцями та фахівцями в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ПРН-14. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки

	України. ПРН-15. Поєднувати різні форми науково-дослідної роботи і практичної діяльності з метою подолання розриву між теорією і практикою, науковими досягненнями і їх практичною реалізацією. ПРН-16. Дотримуватися принципів та правил академічної доброчесності в освітній та науковій діяльності. ПРН-17. Демонструвати розуміння нормативно-правових актів, норм, правил та стандартів в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ПРН-20. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами.
--	--

5. Місце навчальної дисципліни у структурі освітньої програми

Рік викладання	2024-2025
Семестр	2
Курс	1
Обов'язкова компонента / Вибіркова компонента	Обов'язкова компонента
Пререквізити	Методологія та методи наукових досліджень, електротехнології, силові напівпровідникові перетворювачі, аналогова та цифрова схемотехніка, проектування енергетичних об'єктів, електропривод виробничих машин і механізмів
Постреквізити	Надійність систем електропостачання, охорона праці в галузі, енергетичний менеджмент, переддипломна практика.

6. Обсяг курсу на поточний навчальний рік

Кількість кредитів / годин	3/90
Лекції	16
Практичні / Семінарські	14
Лабораторні	
Самостійна робота	60
Форма підсумкового контролю	екзамен

7. Технічне та програмне забезпечення / обладнання

Технічне та програмне забезпечення	• MATLAB / Simulink – для моделювання електромагнітних процесів та аналізу завад. • Ansys Maxwell – для електромагнітного моделювання елементів енергосистеми. • PSCAD / EMTDC – для моделювання електромагнітних процесів у силових мережах. • COMSOL Multiphysics – для чисельного аналізу електромагнітних явищ. • ETAP / DIgSILENT PowerFactory – для аналізу якості електроенергії та моделювання систем електропостачання. • LabVIEW – для автоматизації вимірювань та обробки результатів експериментів. • EMC32 / EMCoS Studio – для тестування та сертифікації відповідності стандартам EMC.
Обладнання	• Осцилографи – для аналізу електромагнітних завад у системах електропостачання. • Спектроаналізатори – для вимірювання частотного спектра електромагнітних завад. • Генератори сигналів та імпульсних завад – для моделювання завад у лабораторних умовах. • Аналізатори якості електроенергії – для оцінки впливу електромагнітних завад на мережу. • Лабораторні стенди – для дослідження методів екранування, заземлення та фільтрації завад. • Модульні системи EMC- тестування – для перевірки відповідності обладнання стандартам EMC.

8. Політика курсу

Загальні вимоги	Здобувачі вищої освіти повинні планомірно та систематично засвоювати навчальний матеріал. Активно працювати під час практичних занять, брати участь в обговорення дискусійних питань та кейсів, повною мірою долучатись до активних форм навчання. Заохочується робота у наукових гуртках, підготовка тез доповідей та участь у конференціях, підготовка та публікація наукових статей, участь у конкурсах наукових робіт та інше.
Політика щодо дедлайнів і перескладання	Письмові роботи, надані з порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (10 – % від загальної суми балів за конкретне заняття).
Політика щодо відвідування	Відвідування занять є обов’язковим. Процедура відпрацювання попущених занять з об’єктивних причин (хвороба, міжнародне стажування). Не запізнюватись на заняття. Дотримуватись техніки безпеки. Завчасно ознайомлюватись з темою практичної роботи. Пропущенні заняття відпрацьовувати у встановлений викладачем час.
Політика щодо виконання завдань	Позитивно оцінюються відповідальність, старанність, креативність, фундаментальність. Під час підготовки до практичних занять виконання самостійної роботи необхідно спиратись на конспект лекцій та рекомендовану літературу. Водночас вітається використання інших джерел з альтернативними поглядами на ті чи інші питання задля формування продуктивної дискусії та різнобічного вивчення тем дисципліни
Академічна доброчесність	Роботи здобувачів є виключно оригінальним дослідженням чи міркуванням. Будь-яке списування або плагіат (використання, копіювання підготовлених завдань та/або розв’язання задач іншими здобувачами) тягне за собою анулювання зароблених балів. Використання друкованих і електронних джерел інформації під час

5	Тема 5	Компоненти захисту від завад. Електромагнітні екрани і їх використання	2				
	Самостійна робота	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до практичної роботи та її виконання.				6	4
6	Тема 6	Фільтри як елементи захисту від гальванічних впливів	2				
	Практична робота	Фільтри для зменшення гальванічних впливів у електричних ланцюгах			4		2
	Самостійна робота	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до практичної роботи та її виконання.				6	2
7	Тема 7	Обмежувачі амплітуди для захисту від кондуктивних впливів.	2				
	Самостійна робота	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до практичної роботи та її виконання.				6	4
8	Тема 8	ЛЕП як джерело завад. Перешкоди нормального та аварійних режимів ПЛ та кабельних ліній	2				
	Практична робота	Дослідження впливу аварійних режимів ЛЕП на завади в електричних мережах.			2		2
	Самостійна робота	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до практичної роботи та її виконання.				6	2
9	Тема 9	Блискавка як джерело імпульсних завад.	2				
	Практична робота	Аналіз імпульсних завад, спричинених блискавкою, та методи їх мінімізації			2		2
	Самостійна робота	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до практичної роботи та її виконання.				6	2
10	Тема 10	Зонна концепція забезпечення ЕМС та її реалізація.	2				
	Самостійна робота	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до практичної роботи та її виконання.				6	4
	ПК ЗЧ 2						3

10. Форми і методи навчання

Лекція	Словесні методи навчання: пояснення (інформаційно-повідомлювальне, інструктивне-практичне, пояснювально-спонукальне, система зображально-виражальних засобів. Словесний метод (лекція – вступна, тематична, оглядова, підсумкова). Проведення лекційних занять включає: викладення теоретичного матеріалу, оглядові лекції з використанням наочного матеріалу, опорного конспекту, лекції візуалізації з використанням мультимедійних технологій. Наочні методи навчання, ілюстрування
Практичні /Семінарські	Презентації, демонстрація, обговорення, аналіз конкретних ситуацій, дискусія, бесіди, дебати, кейс-методи, роботи в малих групах тощо
Лабораторні	Виконувати вимірювання, обробляти результати експерименту.
Самостійна робота	Робота з книгою, Інтернет ресурсами. Конспектувати, реферувати. Виконання розрахунково-графічної роботи. Самостійна робота студентів із дисципліни « Електромагнітна сумісність в системах електропостачання » передбачає вивчення теоретичних основ впливу електромагнітних перешкод на системи зв'язку в електроустановках, а також проведення розрахунково-графічної роботи (РГР) для закріплення отриманих знань на практиці. Ця робота дозволяє студентам не лише закріпити теоретичні знання, а й набути практичних навичок аналізу та вирішення проблем електромагнітної сумісності в реальних електроустановках. Тема розрахунково-графічної роботи: Вплив електромагнітних перешкод на системи зв'язку в електроустановках. Розрахунки при виконанні розрахунково-графічної роботи: 1. Розрахунок рівня електромагнітних завад у системах зв'язку • Оцінка напруженості електричного та магнітного полів на різних відстанях від джерела завад. • Розрахунок струмів та напруг наведень у кабелях зв'язку. 2. Аналіз взаємного впливу силових і сигнальних кабелів • Визначення індуктивного, ємнісного та електромагнітного зв'язку між кабелями. • Розрахунок взаємної індукції та наведеної напруги у паралельно прокладених лініях. 3. Оцінка ефективності екранування • Розрахунок коефіцієнта екранування для кабелів зв'язку. • Визначення втрат потужності ЕМП при використанні екранованих кабелів. 4. Розрахунок впливу гармонік на систему зв'язку • Визначення рівня вищих гармонік у напрузі та струмі. • Розрахунок впливу гармонічних складових на якість сигналів зв'язку. 5. Вибір та розрахунок методів зниження перешкод • Розрахунок ефективності фільтрів та дроселів для зниження високочастотних перешкод.

Визначення оптимальної схеми заземлення та екранування для мінімізації завад.

11. Система контролю та оцінювання

Поточний контроль

Конкретно визначаються методи поточного контролю: усний контроль (опитування, бесіда, доповідь, повідомлення тощо); письмовий контроль (контрольна робота, твір, реферат, виклад матеріалу на задану тему в письмовій формі тощо); комбінований контроль; презентація самостійної роботи студента; практичний контроль (під час практичних робіт, на практикумах, під час усіх видів практики); спостереження як метод контролю; тестовий контроль; графічний контроль; програмований контроль; лабораторний контроль; проблемні ситуації тощо.

Вимоги та методи до поточного контролю.

Наприклад: індивідуальне опитування, фронтальне опитування, співбесіда, звіт, реферат, есе, презентація тощо. Оцінювання знань здобувачів на основі поточного контролю відбувається: а) способом перевірки систематичності та активності роботи здобувача над вивченням програмного матеріалу курсу протягом семестру; б) способом виконання завдань самостійної роботи здобувача.

Підсумковий контроль за змістовою частиною

Підсумковий контроль

Форма проведення екзамену – письмова-усна. Види запитань з відкритими відповідями.

Загальна підсумкова оцінка з навчальної дисципліни складається із суми балів за поточну успішність (не більше 60 балів) та екзамен (не більше 40 балів).

Розподіл балів з дисципліни

Екзамен

Поточне оцінювання і контроль змістових частин (бали)													Екзам ен	Підсумкова оцінка
Змістова частина 1					Змістова частина 2							РГР		
T1	T2	T3	T4	МКР1	T5	T6	T7	T8	T9	T10	МКР2			
4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	3	15	Max 40	Max 100

12. Шкала оцінювання

Шкала рейтингу ХДАЕУ	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
90-100	A	Відмінно	зараховано
82-89	B	Добре	
74-81	C		
64-73	D	Задовільно	

60-63	E		
35-59	FX	Незадовільно	не зараховано
1-34	F	Незадовільно (з обов'язковим повторним вивченням курсу)	

13. Рекомендована література та інформаційні ресурси

Основна література	1. Хабиґер Э. Электромагнитная совместимость. Основы её обеспечения в технике. Пер. с нем. - М:Энергоатомиздат,1995.-304с. 2. Шваб А.Й. Электромагнитная совместимость. Пер. с нем. - М:Энергоатомиздат,1995.-480с. 3. Кравченко В.І. Електромагнітна сумісність у техніці високих напруг.// у навч. посібнику Техніка і електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ "ХПІ".-2005.-930с. 4. Електромагнітна сумісність (лабораторний практикум) (для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»)- К.: Видавничий центр НУБІП України, 2016.- 30 с
Додаткова	1. Жежеленко І.В. Шидловський А.К. Півняк Г.Г. Саєнко Ю.Л, Електромагнітна сумісність в системах електропостачання. Дніпропетровськ, 2009, 320с. 2. Кравченко В.И. Грозозащита радиоэлектронных средств.-М: Радио и связь, 1991.-264с. 3. Henry W. Ott. Electromagnetic compatibility engineering .-John Wiley & Sons,2009.-862p.
Інформаційні ресурси	1. Закон України «Про вищу освіту». [Електронний ресурс]. — Режимдоступу : URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18 2. Міністерство освіти та науки. [Електронний ресурс]. — Режимдоступу : URL: https://mon.gov.ua/ua 3. Департамент вищої освіти. [Електронний ресурс]. — Режимдоступу : URL: https://mon.gov.ua/ua/npa 4. Проект наказу МОН «Про затвердження ліцензійних умов надання освітніх послуг усфері вищої освіти». [Електронний ресурс]. — Режим доступу : URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0071-04 5. Про затвердження Положення про електронні освітні ресур си. Наказ МОНмолоді і спорту від 01.10.2012р. №1060. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1695-12