

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

Код РПНД: Т72312

ЗАТВЕРДЖЕНО



Проректор з науково-педагогічної
роботи

Слободян С.О.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Електромагнітна сумісність

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

тип дисципліни обов'язкова
обов'язкова/вибіркова

мова(и) викладання українська
українська/англійська

Миколаїв – 2025

Робоча програма навчальної дисципліни «Електромагнітна сумісність» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»

спеціальності G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка»

освітня програма «Електронні системи» _____

«15» квітня 2025 року. – 17 с.

Розробник: к.т.н., доц., доцент кафедри ПЕЕТ Олександр ЖУК

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми «ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ»

к.т.н., доц. Олексій ДЬЯКОНОВ _____

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ» розглянуто на засіданні кафедри програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

Протокол № 12 від «16» квітня 2025 р.

Завідувач кафедри ПЕЕТ _____ д.т.н., проф. Володимир РЯБЕНЬКИЙ

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ» розглянуто методичною радою Навчально-наукового інституту автоматики та електротехніки

Протокол № 5 від «15» травня 2025 р.

Голова _____ к.т.н., доц. Дмитро ЖУК

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу _____ к.т.н., доц. Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни «ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ» затверджена Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 5 від «21» травня 2025 р.

Голова НМР НУК _____ к.т.н., доц. Сергій СЛОБОДЯН

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни.....	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання.....	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методів їх демонстрування	12
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....	13
8. Критерії оцінювання результатів навчання.....	17
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	18
10. Рекомендовані джерела інформації.....	18

ВСТУП

Анотація

Вивчення дисципліни «*ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ*» є необхідною умовою формування професійної компетентності, сприяє ефективнішому розвитку особистого інтелектуального потенціалу, а також є важливою передумовою отримання студентами навичок з розробки засобів забезпечення електромагнітної сумісності і якості електроенергії напівпровідникових перетворювачів електроенергії, а також забезпечення їх необхідних технічних характеристик. Програма дисципліни має за мету опанування здобувачами освіти основних принципів схемотехніки і методів розрахунку засобів забезпечення якості електроенергії та електромагнітної сумісності, а також дослідження електромагнітних процесів в системах з напівпровідниковими перетворювачами, які стандартно застосовуються в електротехнічних системах і комплексах у промисловості та на морі.

Курс «*ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ*» носить міждисциплінарний характер з використанням технічних засобів навчання, сучасних технологій оволодіння практичними навичками розробки і дослідження пристроїв силової електроніки для галузі електроенергетики, та є обов'язковою для вивчення дисципліною фахової підготовки студентів.

Ключові слова: Якість електроенергії, електромагнітні процеси, електромагнітні завади, гармоніки, резонанс, спотворення напруги і струму, напівпровідники, прилади, випрямлячі, інвертори напруги, інвертори струму, резонансні перетворювачі, примусова комутація, природна комутація ключові пристрої, перетворювачі частоти, регулятори напруги.

Abstract

The study of the discipline "ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY" is a necessary condition for the formation of professional competence, contributes to the more effective development of personal intellectual potential, and is also an important prerequisite for students to acquire skills in the development of means of ensuring electromagnetic compatibility and power quality of semiconductor power converters, as well as ensuring their necessary technical characteristics. The goal of the discipline program is for students to master the basic principles of semi-engineering and calculation methods for ensuring the quality of electricity and electromagnetic compatibility, as well as the study of electromagnetic processes in systems with semiconductor converters, which are standardly used in electrotechnical systems and complexes in industry and at sea.

The "ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY" course is interdisciplinary in nature with the use of technical teaching aids, modern technologies for mastering practical skills in the development and research of power electronics devices for the power industry, and is a mandatory discipline for students' professional training.

Key words: Power quality, electromagnetic processes, electromagnetic disturbances, harmonics, resonance, voltage and current distortion, semiconductors, devices, rectifiers, voltage inverters, power inverters, resonant converters, forced switching, natural switching, key devices, frequency converters, voltage regulators.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»	Обов'язкова	Обов'язкова
Модулів – 1		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		4-й	4-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету	Спеціальність – G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка» Освітня програма – Електронні системи	Семестр	
Індивідуальне науково-дослідне завдання: –		7-й	7-й
		Лекцій	
		15 год.	8 год.
Загальна кількість годин: 90		Практичні	
		0 год.	0 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2; самостійної роботи студента – 4; Тижневих годин для заочної форми навчання: аудиторних – ; самостійної роботи студента – .		Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Лабораторні
	15 год.		8 год.
	Самостійна робота		
	60 год.		74 год.
	Індивідуальні завдання: не передбачено		
Вид контролю: екзамен			
		Форма контролю: комбінована	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни *«ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ»* є засвоєння студентами знань про сучасні методи та засоби забезпечення якості електроенергії і електромагнітної сумісності в системах з силовими напівпровідниковими перетворювачами загального та спеціального призначення, оволодіння уміннями і навичками їх практичного використання та формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

- ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- СК1. Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки;
- СК2. Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки;
- СК8. Здатність вирішувати інженерні задачі в галузі електроніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації електронних приладів, пристроїв та систем.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни є дисципліна: *«Енергетична електроніка та автономні перетворювачі»*.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

- ПРН1. Описувати принцип дії за допомогою наукових концепцій, теорій та методів та перевіряти результати при проектуванні та застосуванні приладів, пристроїв та систем електроніки;
- ПРН3. Знаходити рішення практичних задач електроніки шляхом застосування відповідних моделей та теорій електродинаміки, аналітичної механіки, електромагнетизму, статистичної фізики, фізики твердого тіла.
- ПРН6. Застосовувати експериментальні навички (знання експериментальних методів та порядку проведення експериментів) для перевірки гіпотез та дослідження явищ електроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, планувати, складати схеми;аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.
- ПРН21. Здійснювати сервісне обслуговування, перевірку та випробування суднового електронного, радіонавігаційного обладнання та систем зв'язку на відповідність вимогам нормативних документів.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Електромагнітна сумісність (ЕМС) напівпровідникових перетворювачів і електроенергетичних систем (ЕЕС).

Тема 1. Проблема ЕМС. Схеми ЕЕС з напівпровідниковими перетворювачами.

Лекція 1. Електромагнітна сумісність та якість електричної енергії. Схеми ЕЕС з напівпровідниковими перетворювачами (НП). Основні поняття та визначення ЕМС та ЯЕ. Показники якості електричної енергії (ПЯЕ) та їх норми в системах електропостачання загального призначення згідно з ГОСТ 13109 - 97 (відхилення напруги, коливання напруги, несинусоїдальність напруги, несиметрія напруги, відхилення частоти, провал напруги, імпульс напруги та тимчасова перенапруга). Електромагнітні перешкоди та їх класифікація.

Лекція 2. Вплив якості електроенергії на роботу споживачів електроенергії.

Характерні типи електроприймачів. Вплив відхилення напруги. Вплив коливань напруги. Вплив несиметрії напруги. Вплив несинусоїдальності напруги. Вплив відхилення частоти. Вплив електромагнітних перешкод.

Лекція 3. Вплив на живлячу мережу керованих випрямлячів. Електромагнітні процеси та канонічні гармоніки струмів та напруг на вході та виході керованих випрямлячів (КВ). Коефіцієнт несинусоїдальності напруги в мережі живлення. Коефіцієнт потужності КВ.

Лекція 4. Вплив на живлячу мережу системи некерований випрямляч - широтноімпульсний перетворювач (НВ - ШПП).Е.П., гармоніки струмів та напруг на вході та виході системи некерований випрямляч – широтно-імпульсний перетворювач (НВ - ШПП). Коефіцієнти потужності системи НВ - ШПП. Вплив на живлячу мережу перетворювачів частоти.

Тема 2. Гармонічні спотворення струму і напруги мережі при роботі напівпровідникових перетворювачів.

Лекція 5. Основні фактори, що визначають особливості реальних режимів НП в автономних ЕЕС: несиметрія управління, несиметрія живлення, вплив власних ємностей електрообладнання, динамічні режими і обумовлена ними модуляція напруги.

Лекція 6. Неканонічні гармоніки на вході та виході КВ. Гармоніки струмів та напруг КВ, обумовлені несиметрією управління та живлення.

Лекція 7. Вплив комутаційних коливань на гармоніки КВ. Гармоніки струмів та напруг КВ, обумовлені комутаційними перехідними процесами (ПП).

Змістовий модуль 2. Методи та засоби забезпечення ЕМС автономної ЕЕС та НП.

Тема 3. ДВЕЖ як генератори електромагнітних перешкод (ЕМП), послаблення ЕМП випромінювання.

Лекція 8. Створення напруги автономної ЕЕС та його вплив на характеристики системи з напівпровідниковими перетворювачами.

Схеми заміщення та методи розрахунку гармонік напруги автономної ЕЕС. Коефіцієнт потужності ЕЕС з НП.

Лекція 9. Вибір оптимального схемного рішення напівпровідникового перетворювача та закону управління. Перехід від керованих випрямлячів і систем електроприводу постійного струму до перетворювачів частоти за схемою некерований випрямляч - автономний інвертор напруги з ШІМ і систем електроприводу змінного струму.

Лекція 10. Застосування пасивних мережних фільтрів. Схеми та методика розрахунку анодних реакторів, Г-образного одно ланкового резонансного мережного фільтру, Г-подібного мережного I_C - фільтру нижчих частот в ЕЕС з керованими випрямлячами. Пасивні індивідуальні фільтри на вході споживачів.

Лекція 11. Активні та гібридні мережні фільтри. Принцип побудови і управління, схеми, способи включення активних фільтрів на базі перетворювачів змінного/постійного струму з C - або L -навантаженням. Переваги та недоліки активних фільтрів порівняно з пасивними. Принципи побудови і схеми гібридних мережних фільтрів. Їх переваги порівняно з активними і пасивними фільтрами.

Тема 4. Засоби заглушення електромагнітних перешкод.

Лекція 12. Аналіз ЕМП, що чинять ДВЕЖ. Структурні схеми ДВЕЖ з трансформаторним та безтрансформаторним входом. Класифікація, причини, шляхи розповсюдження, вимірювання параметрів кондуктивних перешкод та перешкод випромінювання.

Лекція 13. Електромагнітне екранування як метод захисту від ЕМП випромінювання. Електромагнітні екрани поглинального та відбивального типів, їх ефективність. Залежність ефективності екранування від матеріалу, товщини екрану та частоти випромінювання. Багатошарові екрани. Розрахунок електромагнітних екранів.

Лекція 14. Внутрішні засоби перешкодозаглушення. Електричні засоби заглушення (вибір структурної та принципової схеми ДВЕЖ та його блоків, система управління, установлення додаткових елементів в різних колах, використання раціональної елементної бази). Конструкторські засоби (Встановлення спеціальних екрануючих елементів - шайб - екранів, міжобмоточних екранів, раціональне розташування елементів ДВЕЖ).

Лекція 15. Перешкодозахисні фільтри (ПЗФ). Схеми ПЗФ. Елементна база ПЗФ. Способи поєднання ДВЕЖ та ПЗФ. Вибір схеми ПЗФ і способи його підключення до ДВЕЖ. Методика проектування мережних ПЗФ. Приклад розрахунку ПЗФ.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		лк.	пр.	лаб.	с.р.		лк.	пр.	лаб.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1										
Змістовий модуль 1.										
Електромагнітна сумісність (ЕМС) напівпровідникових перетворювачів і електроенергетичних систем (ЕЕС).										
Тема 1. Проблема ЕМС. Схеми ЕЕС з напівпровідниковими перетворювачами.	25	4	0	4	17	25	2	0	2	21
Тема 2. Гармонічні спотворення струму і напруги мережі при роботі напівпровідникових перетворювачів.	20	3	0	3	14	20	2	0	2	16
Разом за змістовим модулем 1	45	7	0	7	31	45	4	0	4	37
Змістовий модуль 2. Методи та засоби забезпечення ЕМС автономної ЕЕС та НП.										
Тема 3. ДВЕЖ як генератори електромагнітних перешкод (ЕМП), послаблення ЕМП випромінювання.	25	4	0	4	17	25	2	0	2	21
Тема 4. Засоби заглушення електромагнітних перешкод.	20	4	0	4	12	20	2	0	2	16
Разом за змістовим модулем 2	45	8	0	8	29	45	4	0	4	37
Усього годин	90	15	0	15	60	90	8	0	8	74

Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин	
		Денна форма	Заочна форма
Змістовий модуль 1			
1	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів мостового керованого випрямляча трифазного струму.	2	1
2	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів в широтно-імпульсних перетворювачах навантажених на R – L навантаження (транзисторний варіант)	2	1
3	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів в автономних транзисторних інверторах напруги (однофазний варіант)	1	
4	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів в автономних інверторах резонансного типу (тиристорний та транзисторний варіанти)	1	1
5	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів в трифазному транзисторному інверторі напруги з широтно-імпульсною модуляцією	1	1
Змістовий модуль 2			
6	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів в симісторному однофазному регуляторі змінної напруги	2	1
7	Дослідження схеми заміщення і визначення еквівалентних параметрів системи СГ-ТП у складі СЕЕС.	2	1
8	Модельне дослідження спектрів та інтегральних показників спотворень напруг і струмів в системі СГ-ТП.	2	
9	Аналітичне дослідження схем та визначення параметрів додаткових пристроїв, що підключаються на вході ТП з метою забезпечення ЕМС: послідовних реакторів; -Г-подібного резонансного LC-фільтра; Г-подібного LC-фільтра нижніх частот.	1	1
10	Модельне дослідження показників якості електроенергії в системі СГ-ТП з засобами забезпечення електромагнітної сумісності.	1	1
	Разом	15	8

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – **1 год. / 1 лекцію;**
- підготовка до практичних занять – **2 год. / 1 заняття;**
- підготовка до лабораторних робіт – **3 год. / 1 роботу;**
- переклад технічної документації – до **15 год.;**
- підготовка до тестування – до **15 год. / 1 тест;**
- підготовка до екзамену – до **10 год.**

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Змістовий модуль 1			
1	Підготовка до лабораторних робіт	15	15
2	Підготовка до тестування	15	13
3	Переклад технічної документації	1	9
Змістовий модуль 2			
5	Підготовка до лабораторних робіт	15	15
6	Підготовка до тестування	9	13
7	Підготовка до екзамену	5	9
	Разом	60	74

Індивідуальне науково дослідне завдання

Не передбачено

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методів їх демонстрування

Методи навчання:

- лекції;
- лабораторні роботи;
- робота з літературою;
- інструктаж з техніки безпеки та пожежної безпеки (проводиться одноразово на першому занятті в лабораторії).

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання з дисципліни:

- стандартизовані тести;

- модульні контрольні роботи;
- презентації результатів виконаних лабораторних робіт
- презентації результатів виконаних досліджень;
- підсумкова семестрова контрольна робота;
- екзамен.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Рівень засвоєння матеріалу дисципліни здійснюється шляхом проведення поточного контролю у вигляді тестових завдань різної складності, перевірки результатів виконання лабораторних робіт та підсумкового контролю у формі екзамену. Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – 40 балів.

Поточний контроль проводиться на кожній лабораторній роботі та за результатами самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми шляхом тестування (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) та набутих практичних навичок під час виконання лабораторних робіт. Підсумкова оцінка з дисципліни складається з оцінок, отриманих за поточний модульний контроль у формі тестування – до 20 балів, результатів виконання лабораторних робіт – до 40 балів, та екзамену – до 40 балів.

За всі контрольні заходи (КЗ) протягом семестру студент може отримати від 0 до 100 балів. Право здавати заключний екзамен дається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше 60 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену.

За всі контрольні заходи (КЗ) протягом семестру студент може отримати від 0 до 100 балів. Умовою допуску студента до КЗ є мінімальна сума балів, яку студент повинен набрати у разі виконання всіх елементів модулів. Якщо студент не набрав мінімальну суму балів, то він не допускається до КЗ і йому рекомендується набрати цю кількість за рахунок написання реферату на одну із зазначених вище тем.

Семестровий підсумковий контроль здійснюється у формі екзамену, що проводиться у письмовій формі. Студент, який набрав за всі КЗ менше 60 балів, пише підсумкову семестрову екзаменаційну роботу (проводиться у письмовій формі у вигляді тестів), до якої він допускається, якщо має за виконання всіх передбачених елементів модулів необхідну мінімальну суму 50 балів. Максимальна кількість балів за підсумкову екзаменаційну роботу становить 40 балів. Результуюча оцінка виставляються відповідно до шкали оцінювання ECTS.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Лабораторна робота	Критерії оцінювання
4	Студент самостійно виконав всі етапи лабораторної роботи повністю у встановлений термін, отримано вірні результати роботи. В графічному зображенні схемі, в теоретичних викладках рішення і висновках відсутні помилки і неточності. В тексті звіту з лабораторної роботи відсутні синтаксичні помилки (припускається від одної до двох різних неточностей, які не є наслідком незнання або нерозуміння матеріалу навчальної дисципліни).
2	Робота виконана не в повному обсязі. Допущено більше однієї помилки або двох-трьох недоліків в викладках, кресленнях блок-схем або результатах досліджень. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача, але не володіє обов'язковими вміннями за темами, що перевіряються, та основними навичками роботи на ПЕОМ (або лабораторному устаткуванні), необхідними для вирішення поставленого завдання.
0	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Допущені істотні помилки, які показали, що студент не володіє обов'язковими знаннями з даної теми в повній мірі, вміннями і навичками практичної роботи на ПЕОМ (або лабораторному устаткуванні), або значна частина роботи виконана не самостійно.
	<i>Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 40 балів (10 робіт по 4 бали).</i>

Поточний модульний контроль у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання лабораторних робіт	10x4 бали = 40 балів	10x4 бали = 40 балів
Поточний модульний контроль у формі тестування	2x10 балів = 20 балів	2x10 балів = 20 балів
Всього	60	60

Критерії оцінювання знань з дисципліни на екзамені

Екзамен проводиться в письмовій формі та складається з трьох завдань – двох теоретичних запитань та тесту. Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 40 балів

Виконання першого завдання потребує повної аналітичної і змістовної відповіді (оцінюється від 0 до 10 балів).

9-10 балів отримують студенти, які повно та ґрунтовно розкрили теоретичне питання, використавши при цьому не лише обов'язкову, а й додаткову літературу, в повному обсязі володіють навчальним матеріалом, вільно, самостійно й аргументовано його викладають під час письмової відповіді.

7-8 балів отримують студенти, які достатньо повно володіють навчальним матеріалом, в цілому розкрили теоретичне питання, однак не повно, і допустили деякі несуттєві неточності та незначні помилки, не вистачає достатньої глибини та аргументації. При цьому не було використано на достатньому рівні обов'язкову літературу.

5-6 балів отримують студенти, які в цілому володіють навчальним матеріалом, правильно визначили сутність питання, але розкрили його не повністю, без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, припустивши деякі незначні помилки.

3-4 бали отримують студенти, які в цілому володіють навчальним матеріалом, правильно визначили сутність питання але без використання необхідної літератури, розкривши його частково і допустивши при цьому окремі суттєві неточності і помилки, котрі частково впливають на загальне розуміння питання.

0-2 бали отримують студенти, які частково володіють навчальним матеріалом, фрагментарно та поверхнево розкрили лише окремі положення питання і допустили при цьому певні суттєві помилки, котрі значно вплинули на загальне розуміння питання.

Друге завдання потребує короткої відповіді, котра розкриває сутність типових характеристик та областей раціонального застосування активних та пасивних силових елементів напівпровідникових перетворювачів (оцінюється від 0 до 10 балів).

8-10 балів отримують студенти, які повністю розкрили сутність характеристик, дали їх чітко визначення або проаналізували і зробили висновок щодо доцільності застосування.

5-7 балів отримують студенти, які правильно, але не повністю дали визначення характеристик, або поверхнево проаналізували і зробили висновок з можливості застосування елементів.

3-4 бали отримують студенти, які вірно, але лише частково визначили ті чи інші характеристики або частково проаналізували і зробили висновок з можливостей застосування силових елементів в перетворювачах.

0-2 бали отримуються студенти, які частково і поверхнево визначили ті чи інші характеристики або сформулювали висновок з можливостей застосування, допустивши неточності та помилки.

Третє завдання потребує від студента скласти принципову силову схему та структуру системи керування напівпровідникового перетворювача (веденого мережею або автономного) і за вихідними даними визначити параметри та характеристики основних силових елементів перетворювача (оцінюється від 0 до 20 балів).

17-20 балів отримують студенти, які самостійно виконали всі етапи завдання, в результатах роботи отримано вірні відповіді, або інше необхідне подання матеріалу. Реалізовано нестандартне схемотехнічне рішення силовій схеми з використанням найновішої елементної бази або оптимальний алгоритм керування силовими напівпровідниковими ключами.

13-16 балів отримують студенти, які самостійно склали схему, в результаті розрахунку якої отримано вірні рішення або інше необхідне подання результату роботи.

9-12 балів отримують студенти, які при складанні та розрахунку схеми допустили незначні помилки, в цілому правильно виконали реалізацію завдання, хоча не оптимальним чином.

5-8 балів отримують студенти, які допустили в розрахунках несуттєві помилки, що призвело до можливості реалізації перетворювача лише за певних обмежених умов.

3-4 бали отримують студенти, які допустили в схемотехнічному рішенні суттєві помилки, що призводить до неможливості практичної реалізації перетворювача або до виникнення неприпустимих аварійних режимів.

0-2 бали отримують студенти, які допустили суттєві помилки при реалізації перетворювача. Обмежуються лише вибірковими елементарними знаннями в галузі силових електроніки.

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення / заочне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів
	T1	Лабораторні роботи №1, №2, №3	12
	T2	Лабораторні роботи №4, №5	8
ПМК		Тест	10
	T3	Лабораторні роботи №6, №7, №8	12
	T4	Лабораторні роботи №9, №10	8
ПМК		Тест	10
Підсумковий контроль		Екзамен	40
Сума			100

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

На лекційних заняттях використовуються технічні засоби, а саме: комп'ютер, мультимедійний проектор або інтерактивна дошка. Якщо є можливість інтерактивної дошки або проектора, то наочні пояснення можна організувати таким чином: теоретичні відомості будуть наочно супроводжуватися демонстрацією на інтерактивній дошці (за наявності), або мультимедійному проекторі. Це дає можливість студенту не тільки почути, а й побачити, що сприяє більш ефективному засвоєнню нового матеріалу. Такі лекції є найдоступнішою і найцікавішою формою викладання нового матеріалу з навчальної дисципліни «Електромагнітна сумісність».

На практичних заняттях студенти використовують комп'ютери і СПЗ MathCad, Matlab+Simulink, MicroCap, WorkBench, що має забезпечити формування у студентів основ інформаційної культури та інформативно-комунікативної компетентності. Також комп'ютери використовуються для проведення поточного модульного контролю у формі тестування.

Як наочний матеріал на лекціях і практичних заняттях використовуються конспект лекцій з дисципліни «Електромагнітна сумісність».

Для поглибленого вивчення дисципліни крім вказаної додаткової літератури слід рекомендувати використання будь яких підручників з перетворювальної техніки, технічну документацію компаній–виробників напівпровідникових перетворювачів (ABB, Schneider Electric та ін.), статті співтовариств розробників засобів перетворювальної техніки. Іспити та тестування можуть проводитися із застосуванням електронно-обчислювальних машин та різних пакетів навчальних прикладних програм.

З метою роз'яснювання найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання індивідуального завдання слід проводити групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час проведення контрольних заходів рівень засвоєння матеріалу змістового модуля оцінюється шляхом проведення модульної контрольної роботи (МКР).

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Кравченко В.І. Електромагнітна сумісність у техніці високих напруг.// у навч. посібнику Техніка і електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ "ХПІ".-2005. - 930с.
2. Електромагнітна сумісність (лабораторний практикум) (для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»)- К.: Видавничий центр НУБІП України, 2016.- 30 с
3. Жежеленко І.В. Шидловський А.К. Півняк Г.Г. Саєнко Ю.Л, Електромагнітна сумісність в системах електропостачання. Дніпропетровськ, 2009, 320с.

4. Кравченко В.И. Грозозащита радиоэлектронных средств.-М: Радио и связь, 1991.-264с.
5. Henry W. Ott. Electromagnetic compatibility engineering .-John Wiley & Sons,2009.-862р.
6. ДНАОП 0.00-1.32. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. – К.: Укрархбудінформ, 2001. – 121с.
7. ДСТУ ІЕС 61000- 1:2012. Електромагнітна сумісність. Частина 1(1-5). Загальні положення. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 1: General
8. ДСТУ ІЕС 61000- 2:2012. Електромагнітна сумісність. Частина 2(2-14). Електромагнітна обстановка. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2: Environment 15
9. ДСТУ ІЕС 61000- 3:2012. Електромагнітна сумісність. Частина 3 (3-7). Норми. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3: Limits
10. ДСТУ ІЕС 61000- 4:2012. Електромагнітна сумісність. Частина 4(3-27). Методики випробування та вимірювання Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4: Testing and measurement techniques.
11. ДСТУ ІЕС 61000- 5:2012. Електромагнітна сумісність. Частина 5(1-5). Настанови щодо встановлення устаткування та притлумлення завад. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 5: Installation and mitigation guidelines.
12. ДСТУ EN 62305:2012. Захист від блискавки. Частина 1-5. Protection against lightning - Parts 1-5.
13. ДСТУ Б В.2.5- 38:2008 Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд

Інформаційні ресурси в Інтернет

14. Integrated Gate Commutated Thyristors. <http://www.abb.com/semiconductors>.
15. TMdriveTM-Ve2.Medium Voltage Drives.
www.tmeic.co.jp/global/index.html.
16. <https://www.se.com/ua/uk/>

Розробник:



професор кафедри ПЕЕТ
Олександр ЖУК