

Миколаїв 2023 рік

Робоча програма дисципліни «Електромагнітна сумісність і якість електроенергії» є однією із складових комплексної підготовки PhD-студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

« 17 » 04 2023 року - 16 с.

Розробник: к.т.н., доцент Жук Д.О.

РПНД затверджена на засіданні кафедри СЕЕС ННІАЕ

Протокол від « 17 » 04 2023 року № 7 .
Завідувач кафедри


(к.т.н., доц. Обрубов А.В.)

Проект РПНД узгоджено з гарантом освітньої програми
Гарант освітньої програми

« 17 » 04 2023 року


(д.т.н., доц. Черно О.О.)

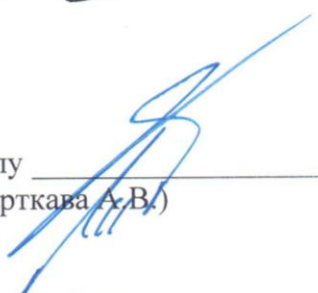
Проект РПНД розглянуто на НМР ННІАЕ

Протокол від « 18 » 05 2023 року № 9 .

Голова НМР ННІАЕ
(к.т.н., доцент Жук Д.О.) 

Проект РПНД погоджено з навчальним відділом

« 24 » 05 2023 року

Начальник відділу
(к.т.н., доц. Лабарткава А.В.) 

РПНД «Електромагнітна сумісність і якість електроенергії» затверджена НМР НУК

Протокол від « 24 » 05 2023 року № 4 .

Голова НМР НУК 
(д.т.н., проф. Трушляков Є.І.)

Зміст

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	6
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	7
4. Очікувані результати навчання	7
5. Програма навчальної дисципліни	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	11
7. Форми поточного та підсумкового контролю	12
8. Критерії оцінювання результатів навчання	13
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	13
10. Рекомендовані джерела інформації	13
Додаток	15
Зміни та доповнення	16

ВСТУП

Анотація

Метою дисципліни є вивчення явищ електромагнітної взаємодії елементів електротехнічних систем, пов'язаних зі створенням, розповсюдженням та впливом електромагнітних перешкод (ЕМП), які передаються кондуктивно або через електромагнітне поле, а також з питаннями зниження небажаного впливу ЕМП та їх обмеження до рівнів, припустимих світовими стандартами.

Задачею викладання курсу є прищеплення у PhD-студентів здатності до вирішення задач стосовно дослідження та забезпечення електромагнітної сумісності і якості електроенергії (ЕМС і ЯЕ) в електроенергетичних системах (ЕЕС) з потужними напівпровідниковими перетворювачами (НП), а також в електронних системах (ЕС) з джерелами вторинного електроживлення (ДВЕЖ). Крім того, передбачається вирішення типових задач щодо експлуатації суднового високовольтного обладнання.

Здатність щодо опанування матеріалу дисципліни базується на загальному уявленні про проблему ЕМС та її взаємозв'язок з проблемою якості електроенергії (ЯЕ), методах аналізу електромагнітних процесів в ЕЕС, знаннях механізму генерування, розповсюдження та впливу (наслідків впливу) ЕМП, методів вимірювання та розрахунку рівнів ЕМП, методів та засобів забезпечення електромагнітної сумісності в ЕЕС з НП та ЕС з ДВЕЖ, методів визначення параметрів вказаних засобів.

По закінченню вивчення дисципліни PhD-студенти повинні знати основні поняття та визначення ЕМС та ЯЕ; показники якості електричної енергії (ПЯЕ) та їх норми в ЕЕС згідно з ГОСТ 13109-97, Регістром судноплавства України, стандартами ІЕС, ІЕЕЕ і т.і.; види електромагнітних перешкод, їх класифікацію та вплив на функціонування елементів ЕЕС та ЕС; електромагнітні процеси та механізм генерування ЕМП в ЕЕС з керованими випрямлячами, імпульсними перетворювачами та перетворювачами частоти, а також в ЕС з ДВЕЖ; методи зниження кондуктивних перешкод: внутрішні (схемотехнічні, конструкторські), зовнішні (силові пасивні, активні та гібридні мережні фільтри, перешкодозахисні фільтри); методи послаблення ЕМП випромінювання (електромагнітне екранування). Вміти визначати показники спотворення напруги / струму в автономних ЕЕС з потужними НП різних типів та рівнів ЕМП в ЕС з ДВЕЖ; виконувати пошук джерела (джерел) спотворення напруги / струму (або ЕМП); обирати раціональні схемотехнічні рішення щодо фізичної реалізації НП у залежності від вимог до ЕМС, обирати схеми та розраховувати параметри силових та перешкодозахисних фільтрів у залежності від вихідних параметрів і режимів ЕЕС з НП та ЕС з ДВЕЖ, а також виходячи із заданих вимог до рівнів ЕМП показники ЯЕ.

Ключові слова: електромагнітна сумісність, електромагнітні перешкоди, показники якості електроенергії, напівпровідникові перетворювачі, перешкодозахисні фільтри.

Abstract

The purpose of the discipline is to study the phenomena of electromagnetic interaction of elements of electrotechnical systems related to the creation, propagation and influence of electromagnetic interference (EMI), which are transmitted conductively or through the electromagnetic field, as well as the issues of reducing the unwanted impact of EMI and limiting them to the levels acceptable by the world standards.

The task of teaching the course is to instill in PhD students the ability to solve problems related to research and ensuring electromagnetic compatibility and power quality (EMI and nuclear energy) in electric power systems (EPS) with powerful semiconductor converters

(SC), as well as in electronic systems (ES) with sources of secondary power supply (SSPS). In addition, it is envisaged to solve typical problems related to the operation of ship high-voltage equipment.

The ability to master the material of the discipline is based on a general understanding of the problem of EMC and its relationship with the problem of power quality (PQ), methods of analyzing electromagnetic processes in EPS, knowledge of the mechanism of generation, propagation and impact (consequences of impact) of EMF, methods of measuring and calculating levels EMF, methods and means of ensuring electromagnetic compatibility in EPS with SC and EPS with SSPS, methods of determining the parameters of the indicated means.

Upon completion of the study of the discipline, PHD students should know the basic concepts and definitions of EMI and nuclear energy; indicators of the quality of electric energy (EPQ) and their standards in the EEC in accordance with GOST 13109-97, the Shipping Register of Ukraine, IEC, IEEE standards, etc.; types of electromagnetic interference, their classification and influence on the functioning of EEC and ES elements; electromagnetic processes and the mechanism of EMF generation in EPS with controlled rectifiers, pulse converters and frequency converters, as well as in EPS with SSPS; methods of reducing conductive interference: internal (schematic engineering, design), external (power passive, active and hybrid network filters, anti-interference filters); methods of weakening EMF radiation (electromagnetic shielding). Be able to determine the indicators of voltage / current distortion in autonomous EPS with powerful SCs of different types and levels of EMF in EPS with SSPS; perform a search for the source(s) of voltage/current distortion (or EMF); choose rational circuit and technical solutions for the physical implementation of the SC depending on the EMI requirements, choose schemes and calculate the parameters of the power and interference protection filters depending on the initial parameters and modes of the UE with the UE and the UE with the SSPS, as well as based on the specified requirements for the EMF levels, the indicators of the EPQ.

Keywords: electromagnetic compatibility, electromagnetic interference, power quality indicators, semiconductor converters, anti-interference filters.

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: 14 "Електрична інженерія"	Обов'язкова	
Модулів – 1	Спеціальність: 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" (освітня програма "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка")	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2-й	2-й
Електрона адреса РПНД на сайті Університету: https://nuos.edu.ua/studentu/polozhennya-nuk/opis-opp/onp-elektroenergetika-elektrotehnika-ta-elektromehanika/		Семестри	
Загальна кількість годин – 90		3-й	3-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2; самостійної роботи аспіранта – 4	Освітній рівень: третій (освітньо-науковий)	Лекції	
		15 год	4 год
		Практичні заняття	
		15 год	4 год
		Самостійна робота	
		60 год	82 год
		Індивідуальні завдання	
		–	–
		Вид контролю: екзамен	
		Форма контролю: усна / письмова	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Мета – вивчення явищ електромагнітної взаємодії елементів електротехнічних систем, пов'язаних зі створенням, розповсюдженням та впливом електромагнітних перешкод (ЕМП), які передаються кондуктивно або через електромагнітне поле, а також з питаннями зниження небажаного впливу ЕМП та їх обмеження до рівнів, припустимих світовими стандартами.

Вивчення навчальної дисципліни "Електромагнітна сумісність і якість електроенергії" формує у аспірантів відповідно до освітньо-наукової програми такі компетентності:

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

СК03. Здатність вирішувати проблеми підвищення надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем, зумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумов для вивчення дисципліни немає

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у аспірантів таких **програмних результатів навчання**:

РН01. Передові концептуальні та методологічні знання з електричної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН10. Уміння користуватися системою науково-технічної інформації та здійснювати інформаційний пошук.

РН20. Знання методів дослідження умов електромагнітної сумісності, визначення показників якості електроенергії та синтезу засобів її забезпечення в електроенергетичних системах з силовими напівпровідниковими установками.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Електромагнітна сумісність і якість електроенергії в суднових електроенергетичних системах з потужними напівпровідниковими установками.

Тема 1. Проблема ЕМС. Основні поняття і визначення. Стандартизація норм та вимог до ЕМС і ЯЕ в ЕЕС.

Тема 2. Склад та режими роботи сучасних ЕЕС, їх функціонування в умовах знижених показників ЕМС і ЯЕ. Напівпровідникові електроприводи, як причина зниження показників ЯЕ в ЕЕС.

Тема 3. Особливості електромагнітних процесів, обумовлених власними параметрами ЕЕС при роботі НП – генераторів гармонік.

Тема 4. Вплив кондуктивних високочастотних перешкод на умови функціонування відповідальних споживачів у складі ЕЕС.

Тема 5. Огляд засобів вимірювання показників ЕМС і ЯЕ, методів і засобів їх підвищення в ЕЕС з НП.

Тема 6. Методика дослідження основних і паразитних параметрів ЕЕС.

Тема 7. Аналітичні методи дослідження електромагнітних процесів в ЕЕС з електроприводами на базі керованих випрямлячів в ідеалізованому режимі та із врахування комутаційних ВЧ коливань, визначення ПЯЕ.

Тема 8. Схеми заміщення і аналіз електромагнітних процесів в електроустановках на базі перетворювачами частоти із ланкою постійного струму, визначення ПЯЕ.

Тема 9. Хвильові процеси в судових асинхронних електроприводах.

Змістовий модуль 2. Засоби керування якістю електроенергії в електроенергетичних системах

Тема 10. Аналіз ефективності і методи розрахунку демпфуючих пристроїв і пасивних фільтрів для зниження рівнів НЧ і ВЧ гармонік в ЕЕС з КВ.

Тема 11. Дослідження характеристик ЕЕС з пасивними фільтрами.

Тема 12. Системні пасивні фільтри.

Тема 13. Дослідження характеристик ЕЕС з системними пасивними фільтрами.

Тема 14. Аналіз ефективності і методи розрахунку пасивних фільтрів для зниження рівнів гармонік в НЧ і ВЧ діапазоні в судових електроустановках з ПЧ.

Тема 15. Активні ФКП. Гібридні ФКП.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Електромагнітна сумісність і якість електроенергії в судових електроенергетичних системах з потужними напівпровідниковими установками												
Тема 1. Проблема ЕМС. Основні поняття і визначення. Стандартизація норм та вимог до ЕМС і ЯЕ в ЕЕС.	7	1	1	-	-	5	7	1	-	-	-	6
Тема 2. Склад та режими роботи сучасних ЕЕС, їх функціонування в умовах знижених показників ЕМС і ЯЕ. Напівпровідникові електроприводи, як причина зниження показників ЯЕ в ЕЕС.	7	1	1	-	-	5	7	-	1	-	-	6
Тема 3 Особливості електромагнітних процесів, обумовлених власними параметрами ЕЕС при роботі НП – генераторів гармонік.	7	1	1	-	-	5	7	1	-	-	-	6
Тема 4 Вплив кондуктивних високочастотних перешкод на умови функціонування відповідальних споживачів у складі ЕЕС.	7	1	1	-	-	5	7	-	1	-	-	6
Тема 5 Огляд засобів вимірювання показників ЕМС і ЯЕ, методів і засобів їх підвищення в ЕЕС з НП.	7	1	1	-	-	5	7	-	-	-	-	7
Тема 6 Методика дослідження основних і паразитних параметрів ЕЕС.	7	1	1	-	-	5	7	-	-	-	-	7
Тема 7 Аналітичні методи дослідження електромагнітних процесів в ЕЕС з електроприводами на базі керованих випрямлячів в ідеалізованому режимі та із врахування комутаційних ВЧ коливань, визначення ПЯЕ.	6	1	1	-	-	4	6	-	-	-	-	6

Тема 8 Схеми заміщення і аналіз електромагнітних процесів в електроустановках на базі перетворювачами частоти із ланкою постійного струму, визначення ПЯЕ.	6	1	1	-	-	4	6	-	-	-	-	6
Тема 9 Хвильові процеси в суднових асинхронних електроприводах.	6	1	1	-	-	4	6	-	-	-	-	6
Разом за змістовим модулем 1	60	9	9	-	-	42	60	2	2	-	-	56
Змістовий модуль 2. Засоби керування якістю електроенергії в електроенергетичних системах												
Тема 10 Аналіз ефективності і методи розрахунку демпфуючих пристроїв і пасивних фільтрів для зниження рівнів НЧ і ВЧ гармонік в ЕЕС з КВ.	5	1	1	-	-	3	5	1	-	-	-	4
Тема 11 Дослідження характеристик ЕЕС з пасивними фільтрами.	5	1	1	-	-	3	5	-	1	-	-	4
Тема 12 Системні пасивні фільтри.	5	1	1	-	-	3	5	1	-	-	-	4
Тема 13 Дослідження характеристик ЕЕС з системними пасивними фільтрами.	5	1	1	-	-	3	5	-	1	-	-	4
Тема 14 Аналіз ефективності і методи розрахунку пасивних фільтрів для зниження рівнів гармонік в НЧ і ВЧ діапазоні в суднових електроустановках з ПЧ.	5	1	1	-	-	3	5	-	-	-	-	5
Тема 15 Активні ФКП. Гібридні ФКП.	5	1	1	-	-	3	5	-	-	-	-	5
Разом за змістовим модулем 2	30	6	6	-	-	18	30	2	2	-	-	26
Усього годин	90	15	15	-	-	60	90	4	4	-	-	82

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Вступ. Ознайомлення зі спеціалізованим програмним середовищем MATLAB Simulink	1	-
2	Вивчення бібліотек елементів силових електроніки та вимірювальних приладів	1	1
3	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів в керованих та некерованих однофазних випрямлячах.	1	-
4	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів мостового керованого випрямляча трьохфазного струму.	1	1
5	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів в широтно – імпульсних перетворювачах навантажених на R – L навантаження (транзисторний варіант)	1	-
6	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів в автономних транзисторних інверторах напруги (однофазний варіант)	1	-
7	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів в автономних інверторах резонансного типу (тиристорний та транзисторний варіанти)	1	-
8	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів в трьохфазному транзисторному інверторі напруги з широтно–імпульсною модуляцією	1	-
9	Моделювання і дослідження електромагнітних процесів в симісторному однофазному регуляторі змінної напруги	1	-
10	Вивчення явища пробією ізоляції кабелю.	1	-
11	Вивчення процесів короткого замикання для різних режимів нейтралі суднової електромережі.	1	1
12	Ознайомлення з високовольтною випробувальною установкою.	1	-
13	Вивчення електричних схем судів з високовольтними СЕС.	1	1
14	Вивчення вимог Регістра судноплавства до високовольтних судових електростанцій.	1	-
15	Освоєння способів роботи з інструментом для високовольтних установок.	1	-
	Разом	15	4

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної та заочної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – 2 год/ 1 лекція;
- підготовка до практичних занять – 2 год/1 заняття;
- написання тез доповідей, статей, виконання розрахункових, розрахунково-графічних або графічних робіт, аналітичний огляд, аналіз практичних, проблемних ситуацій (обсяг однієї роботи 10-20 аркушів А4) – мінімум 15 годин на 1 роботу;
- підготовка до контрольних заходів – (15-30) год. на 1 захід.

Розподіл часу самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Підготовка до лекцій	15	8
2	Підготовка до практичних занять	15	8
3	Підготовка роботи	15	46
4	Підготовка до екзамену	15	20
РАЗОМ		60	82

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

Набуття здобувачами компетенцій забезпечується через засвоєння навчального матеріалу у вигляді лекційних, семінарських занять та самостійної роботи студентів.

Основними методами навчання з дисципліни є:

1. Пояснювально-ілюстративний метод, за допомогою повідомлення та засвоєння інформації на лекційних та семінарських заняттях словесними й наочними засобами.

2. Проблемний метод, коли на семінарських заняттях утворюються пошукові ситуації, розвивається активність, самостійність, творчі здібності здобувачів освіти.

Як наочний матеріал на лекціях застосовуються мультимедійні слайди та лекційні демонстрації.

З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання завдань семінарських робіт проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час карантину заняття повністю проводяться дистанційно у Google Classroom.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни "Електромагнітна сумісність і якість електроенергії" є:

- виконання завдань з практичних занять;
- захист завдань з практичних занять;
- екзамен.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення аспіранта оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного екзамену. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках аспірант може набрати максимум **60 балів**. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру (виконання та захист завдань з практичних занять).

Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний екзамен надається аспіранту, якій з урахуванням отриманих балів проміжних оцінок і заключного екзамену може набрати разом не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену.

Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті за результатами виконання самостійних практичних завдань. Він передбачає оцінювання практичних навичок використання теоретичної підготовки здобувачів із зазначеної теми під час роботи на заняттях та самостійної роботи.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Екзаменаційні оцінки виставляються згідно шкали оцінювання ECTS.

Шкала оцінювання

Сума балів за результатом підсумкового контролю	Оцінка ECTS
90 – 100	A
82 – 89	B
74 – 81	C
64 – 73	D
60 – 63	E

35 – 59	FX
0 – 34	F

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Оцінка знань студентів за кожною темою складається з урахуванням балів, що визначають їх фахову компетентність за темами лекцій і практичних занять у співвідношенні 3:1 для денної форми (3 бали – лекції, 1 бал – практичні заняття) і 2:1 для заочної форми (10 балів – лекції, 5 балів – практичні заняття).

Екзамен	Критерії оцінювання
40	Відповідь логічно побудована, аспірант чітко та стисло викладає матеріал, показує глибокі знання, під час доповіді впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
35	Аспірант спроможний чітко та стисло відповідати на поставлені запитання, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
30	Аспірант спроможний чітко та стисло відповісти на поставлені запитання, належно обґрунтовує матеріал, але допускає неточності у відповідях.
25	Аспірант спроможний чітко та стисло відповісти на поставлені запитання, але допускає суттєві неточності у відповідях, не завжди належно обґрунтовує відповіді.
20	Аспірант невпорядковано дає відповіді на поставлені запитання і робить спроби аргументувати свою позицію.
15	Аспірант невпорядковано дає відповіді на поставлені запитання, робить спроби аргументувати свою позицію, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді.
10	Аспірант демонструє задовільні знання з поставлених запитань, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання, та належно обґрунтувати свою відповідь.
5	Аспірант невпорядковано дає відповіді на поставлені запитання, не спроможний дати відповідь на додаткові запитання, відстоювати свою позицію.

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Поточний контроль засвоєння тем змістових модулів	15 x 4 бали = 60 балів	4 x 15 балів = 60 балів
Екзамен	40 балів	40 балів
Всього	100	100

9. Засоби навчання

Персональні комп'ютери зі спеціальним програмним забезпеченням.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Городжа А.Д., Ковалишин Б.М. Якість електропостачання, енергозбереження та електромагнітна сумісність в електроенергетичних системах та електротехнічних комплексах: Електронний ресурс. Режим доступу: <https://org2.knuba.edu.ua/course/view.php?id=2658>
2. Анісімов Я.Ф., Жук О.К., Жук Д.О. Навчальний посібник по розрахунку тиристорного перетворювача для управління судновим електроприводом постійного струму. – Миколаїв: УДМТУ, 2001 – 28 с.
3. Голюков С.П., Чорний С.Г., Жук Д.О., Івановський М.В. Навчальний посібник «Суднові автоматизовані електроенергетичні системи». Частина 1. «Суднові електричні станції». (З грифом МОН лист №1/11-18459 від 29.11.2012 р.) Київ: Кондор – Видавництво, 2013. – 198 с.

Допоміжна література

1. Ott H.W. Electromagnetic compatibility engineering. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2009, 871 p. Режим доступу: https://www.pearl-hifi.com/06_Lit_Archive/02_PEARL_Arch/Vol_16/Sec_51/4530_Electromagnetic_Compatibility_Engineering.pdf
2. Keller R.B. Design for Electromagnetic Compatibility – In a Nutshell. Theory and Practice. Springer Nature Switzerland AG. 2023. 423 p. Режим доступу: <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/60162/1/978-3-031-14186-7.pdf>
3. Electromagnetic Interference and Compatibility. Edited by P.S.Crovetti . 2021. 208 p. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-0501-5>
4. Perez R. Handbook of Electromagnetic Compatibility. Режим доступу: <https://easyengineering.net/handbook-of-electromagnetic-compatibility-by-reinaldo-perez/>
5. EMC: electromagnetic compatibility. Shneider Electric, Cahier technique no. 149. Режим доступу: https://www.studiecd.dk/cahiers_techniques/EMC_electromagnetic_compatibility.pdf
6. Christopoulos Ch. Principles Of Electromagnetic Compatibility. Режим доступу: <https://easyengineering.net/principles-and-techniques-of-electromagnetic-compatibility-by-christos-christopoulos/>
7. Zhao Y. , Yan W., Sun J., Zhou M., Meng Zh. Electromagnetic Compatibility: Principles and Applications. Режим доступу: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-16-6452-6>
8. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. Режим доступу: https://chernihivoblenergo.com.ua/files/consumer/law_docs/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%20EN%2050160-2014-1.pdf
9. Якість електричної енергії: Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diynosti/elektroenergiya/yakist-elektropostachannya/yakist-elektrichnoyi-energiyi>

Питання для модульного контролю

1. Навести та пояснити схеми суднових ЕЕС з напівпровідниковими перетворювачами.
2. Навести перелік і методику розрахунку основних показників якості електроенергії.
3. Надати визначення і навести класифікацію електромагнітних перешкод.
4. Пояснити механізми впливу електромагнітних перешкод на електроприймачі.
5. Пояснити походження та методи розрахунку канонічних гармонік.
6. Пояснити походження та методи розрахунку гармонік на вході та виході перетворювачів частоти.
7. Вказати походження та пояснити наслідки наявності несиметрії управління.
8. Вказати походження та пояснити наслідки наявності несиметрії живлення.
9. Вказати походження та пояснити наслідки наявності власних ємностей електрообладнання.
10. Вказати походження та пояснити наслідки наявності модуляції напруги.
11. Навести методику розрахунку гармонік напруг і струмів обумовлених несиметрією управління.
12. Навести методику розрахунку гармонік напруг і струмів обумовлених комутаційними перехідними процесами.
13. Навести методику розрахунку гармонік напруг в автономних ЕЕС.
14. Навести методику розрахунку Г-подібних фільтрів.
15. Вказати принципи побудови і управління активними і гібридними фільтрами.
16. Навести і пояснити структури ДВЕЖ з трансформаторним входом.
17. Навести і пояснити структури ДВЕЖ з безтрансформаторним входом.
18. Навести способи вимірювання кондуктивних та індуктивних перешкод.
19. Вказати типи електромагнітних екранів, навести їх властивості та особливості конструкції.
20. Визначити залежність ефективності екранування від параметрів випромінювання та конструктивних особливостей екранів.
21. Навести методику розрахунку електромагнітного екрану (за завданням викладача).
22. Типи та особливості засобів заглушення електромагнітних перешкод.
23. Навести та пояснити схеми ПЗФ.
24. Навести та пояснити методику проектування ПЗФ.
25. Навести та пояснити способи підключення ПЗФ до ДВЕЖ.

Зміни та доповнення