

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АСПРАНТУРА**

Затверджено
вченою радою
Запорізького національного університету
протокол № __ від _____ 20__ р.
Голова вченої ради, ректор
_____ М. О. Фролов

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
кваліфікація: доктор філософії

Укладачі:

Артемчук В.В., професор кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем, доктор
технічних наук, професор

Погоджено:

проректор з наукової роботи

Г. М. Васильчук

проректор з науково-педагогічної роботи

Ю. О. Каганов

зав. відділу аспірантури і докторантури

О. П. Єфіменкова

Запоріжжя 20_____

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна, вечірня, заочна форми навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань <u>14 Електрична інженерія</u>	обов'язкова
		Цикл професійної підготовки
Змістових модулів – 2	Спеціальність <u>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</u>	Рік підготовки:
Загальна кількість годин – 90		2 - й
Освітньо-наукова програма <u>«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</u>		Лекції 12 год.
		Практичні 12 год.
Рівень вищої освіти: третій (доктор філософії)		Самостійна робота
		66 год.
		Вид підсумкового контролю: екзамен

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення дисципліни «Системний аналіз та методи ідентифікації електротехнічних об'єктів» є набуття високого рівня професійної підготовки в галузі побудови енергоефективних систем та комплексів споживачів електроенергії на підприємствах. Предметом вивчення курсу є системи електропостачання сучасних промислових підприємств, методи забезпечення і оцінювання енергоефективності систем та комплексів; аналіз енергетичних характеристик електроприводів; використання методів і засобів забезпечення високих енергетичних показників електроприводів; методи розрахунку та оцінки енергоефективності обладнання електромеханічних систем.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Системний аналіз та методи ідентифікації електротехнічних об'єктів» є: полягають у формуванні теоретичних знань про методологічні основи проектування систем електропостачання промислових об'єктів, виявлення комплексу вимог до енергоефективних виробничих систем та комплексів, визначення енергетичних характеристик і показників електроприводів, аналіз впливу якості електроенергії на енергетику електропривода, особливості проектування сучасних електромеханічних систем, що відповідає зазначеним вимогам енергетичної ефективності електроприводів виробничих комплексів в різних галузях промисловості.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти повинні досягти таких програмних **компетентностей і програмних результатів навчання:**

Програмні компетентності	
СК1	Здатність демонструвати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами та комплексами.
СК2	Здатність застосовувати системний підхід до вирішення науково-технічних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
СК3	Здатність до аналізу, обговорення і оцінювання наукових робіт та проектів в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
СК4	Здатність застосовувати відповідні математичні методи, комп'ютерні технології, а також засади стандартизації та сертифікації для вирішення завдань у сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
СК5	Здатність демонструвати практичні навички в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
СК6	Здатність демонструвати розуміння технічних аспектів надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем.
СК7	Здатність керувати проектами та контролювати якість їх виконання.
СК8	Здатність демонструвати розуміння вимог до надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем, зумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку.
СК9	Здатність формулювати і коректно ставити завдання та керувати технічним персоналом; узгоджувати роботу технічних та управлінських підрозділів організації, а також брати активну участь у навчанні персоналу.
Програмні результати навчання	
ПРН5	Використовувати знання з організації освітнього процесу у закладі вищої освіти; володіти сучасними інноваційними технологіями та методами викладання; застосовувати критерії та способи оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у викладацькій діяльності
ПРН6	Використовувати методи і способи ефективної комунікації та міжособистісної взаємодії в академічному середовищі
ПРН7	Оволодівати сучасними знаннями та застосовувати їх у практичній діяльності; здійснювати абстрактний аналіз, оцінку і синтез нових та комплексних ідей; демонструвати відданість їх розвитку у передових контекстах професійної та наукової діяльності
ПРН8	Започаткувати, планувати, проводити та коригувати послідовний процес ґрунтового наукового дослідження, що дає можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання; відповідати за якість проведених досліджень та достовірність їх результатів
ПРН9	Систематизувати та узагальнювати отримані наукові результати, представляти їх у вигляді: наукової доповіді (тез), статті, звіту про виконання НДР, монографії, дисертації; забезпечувати захист прав інтелектуальної власності
ПРН10	Ініціювати, розробляти та/або реалізовувати освітні і наукові проекти на національному та міжнародному рівнях; володіти навичками роботи у колективі, забезпечувати його організацію та координацію
ПРН11	Здійснювати пошук, оброблення та аналіз наукової інформації, її систематизацію та узагальнення; використовувати інформаційно-комунікаційні технології у дослідницькій та викладацькій діяльності
ПРН12	Організовувати та проводити навчальні заняття із здобувачами вищої освіти з використанням сучасних освітніх технологій та інноваційних

	методів навчання; здійснювати об'єктивне оцінювання здобутих результатів навчання; відповідати за якість освітнього процесу та результати навчання здобувачів вищої освіти
ПРН13	Вільно спілкуватися з питань, що стосуються сфери наукових та експертних знань, з колегами, широкою науковою спільнотою (у тому числі міжнародною), суспільством у цілому; демонструвати навички публічних виступів, аргументації та риторики
ПРН14	Використовувати академічну українську та англійську мови у професійній діяльності та наукових дослідженнях, усній та письмовій презентації їх результатів
ПРН15	Розуміти морально-етичні норми і стандарти професійної поведінки науковця та викладача; принципи академічної доброчесності та дотримуватися їх у науковій та викладацькій діяльності
ПРН16	Виявляти та вирішувати проблеми, самостійно приймати обґрунтовані рішення, забезпечувати їх виконання; здійснювати планування та управління своїм часом; демонструвати ініціативність, лідерство та автономність у професійній та науковій діяльності
ПРН17	Забезпечувати безперервний саморозвиток та самовдосконалення протягом життя
ПРН18	Застосовувати знання з іноземної мови для розуміння наукових та професійних текстів в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, працювати в міжнародному контексті
ПРН19	Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.
ПРН20	Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні, інформаційні і комп'ютерні моделі процесів, систем, об'єктів та явищ, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці
ПРН21	Планувати і виконувати теоретичні дослідження, практичні рекомендації, експериментальні операції з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки з використанням сучасних технологій, методів та інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.
ПРН22	Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Методи обґрунтування та оцінювання наукових проблем розвитку електроенергетики та електромеханіки

Тема 1. Нормативна документація в галузі енергозбереження і енергоефективності. Закон України «Про енергозбереження», стандарт «Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів енергозбереження», Положення про Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України.

Тема 2. Обґрунтування та наукових проблем розвитку електроенергетики та електромеханіки. Вимоги до енергоефективності систем та комплексів. Показники енергоефективності, клас енергетичної ефективності, сертифікація енергоефективності. Техніко-економічне обґрунтування ефективності використання електроенергії регульованими електроприводами.

Тема 3. Енергетичні характеристики електромеханічних систем підприємств. Структура енергетичного каналу. Баланс потужностей потоків енергії. Коефіцієнти корисної дії, потужності і навантаження, втрати потужності в силових елементах систем та комплексах.

Тема 4. Показники якості електроенергії в мережах живлення. Характеристики зниження рівня електромагнітної сумісності живлячої мережі і електродвигунів змінного струму. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення.

Тема 5. Електромагнітна сумісність систем електропостачання і перетворювачів електроенергії. Вплив змін напруги і частоти на енергетичні показники. Повільні та швидкі зміни напруги живлення і їх вплив на коефіцієнт корисної дії. стандарт якості електричної енергії.

Тема 6. Електромагнітна сумісність перетворювачів електроенергії і електродвигунів. Вплив несинусоїдальної напруги та її несиметрії на параметри електродвигунів. Втрати потужності в перехідних режимах електродвигунів.

Тема 7. Використання енергоефективних перетворювачів електроенергії в електромеханічних системах. Використання активних випрямлячів в перетворювачах частоти. Активні фільтри в системах живлення перетворювачів.

Тема 8. Вплив вищих гармонік струму на механічне обладнання електроприводів. Вплив несинусоїдальної напруги на строк експлуатації двигунів. Виникнення резонансних явищ в мережах живлення з перетворювачами частоти. Нагрівання підшипників струмами вищих гармонік. Хвильові процеси в кабелях на виході перетворювачів частоти.

Змістовий модуль 2. Методи і технічні засоби забезпечення необхідних енергетичних характеристик розвитку електроенергетики та електромеханіки

Тема 9. Класифікація методів і технічних засобів забезпечення електромагнітної сумісності мереж живлення і електромеханічних систем. Використання енергоефективних електродвигунів і перетворювачів. Використання статичних компенсуючих і фільтрокомпенсуючих пристроїв.

Тема 10. Використання енергоефективних силових елементів в перетворювачах частоти. Використання енергоефективних напівпровідникових елементів в комутаторах перетворювачів. Використання високочастотних транзисторів в автономних інверторах перетворювачів.

Тема 11. Використання енергоефективних алгоритмів керування перетворювачами електроенергії. Алгоритм широтно-імпульсної модуляції і методи підвищення його ефективності. Алгоритм просторово-векторної модуляції і методи підвищення його ефективності.

Тема 12. Методики розрахунку параметрів і вибору перетворювача частоти і електродвигуна. Методи вибору і перевірки асинхронних електродвигунів для різних режимів роботи. Вибір і перевірка напівпровідникового перетворювача частоти і гальмівного резистора.

Тема 13. Енергоефективні режими роботи електроприводів підйомних установок. Напрямки енергозбереження засоби промислового електропривода. Економія електроенергії при роботі шахтних підйомних установок.

Тема 14. Енергоефективні режими роботи електроприводів турбомеханізмів. Фактори, які впливають на енергетичні показники електроприводів турбомеханізмів. Заходи по підвищенню енергетичної ефективності електроприводів турбомеханізмів.

Тема 15. Енергоефективні режими роботи електроприводів конвеєрів. Шляхи економії електроенергії при роботі електроприводів конвеєрного транспорту. Обмеження режимів роботи електроприводу з малим навантаженням і виключенням режимів холостого ходу.

Тема 16. Використання нерегульованих і регульованих компенсуючих пристроїв. Конденсаторні установки для компенсації реактивної потужності. Вибір потужності пристроїв для компенсації реактивної потужності. Визначення параметрів фільтрів вищих гармонік струму.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви тематичних розділів і тем	Кількість годин			
	усьог о	у тому числі		
		л.	практ.	сам. роб.
1	2	3	4	5
Змістовий модуль 1. Методи обґрунтування та оцінювання наукових проблем розвитку електроенергетики та електромеханіки				
Тема 1. Нормативна документація в галузі енергозбереження і енергоефективності	1	1	-	-
Тема 2. Обґрунтування та оцінка енергоефективності електротехнічних систем та комплексів	5	1	-	4
Тема 3. Енергетичні характеристики електромеханічних систем підприємств	5	1	2	2
Тема 4. Показники якості електроенергії в мережах живлення	7	1	2	4
Тема 5. Електромагнітна сумісність систем електропостачання і перетворювачів електроенергії	7	1	2	4
Тема 6. Електромагнітна сумісність перетворювачів електроенергії і електродвигунів	5	1		4
Тема 7. Використання енергоефективних перетворювачів електроенергії в електромеханічних системах	6		2	4
Тема 8. Вплив вищих гармонік струму на механічне обладнання електроприводів	4			4
Разом за змістовим модулем 1	46	6	8	32
Змістовий модуль 2. Методи і технічні засоби забезпечення необхідних енергетичних характеристик розвитку електроенергетики та електромеханіки				

Тема 9. Класифікація методів і технічних засобів забезпечення електромагнітної сумісності мереж живлення і електромеханічних систем	7	1	2	4
Тема 10. Використання енергоефективних силових елементів в перетворювачах частоти	6	1	1	4
Тема 11. Використання енергоефективних алгоритмів керування перетворювачами електроенергії	5	1	-	4
Тема 12. Методики розрахунку параметрів і вибору перетворювача частоти і електродвигуна	10	1	1	8
Тема 13. Енергоефективні режими роботи електроприводів підйомних установок	5	1	-	4
Тема 14. Енергоефективні режими роботи електроприводів турбомеханізмів	5	1		4
Тема 15. Енергоефективні режими роботи електроприводів конвєсрїв	5		1	4
Тема 16. Використання нерегульованих і регульованих компенсуючих пристроїв	7		1	6
Разом за змістовим модулем 2	44	6	4	34
Усього годин	90	12	12	66

5. ТЕМИ ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

№ теми	Назва теми	Кіл-ть годин
Змістовий модуль 1. Методи обґрунтування та оцінювання наукових проблем розвитку електроенергетики та електромеханіки		
1	Нормативна документація в галузі енергозбереження і енергоефективності	2
2	Обґрунтування та оцінка енергоефективності електротехнічних систем та комплексів	2
3	Показники якості електроенергії в мережах живлення	2
	Разом за змістовим модулем 1	6
Змістовий модуль 2. Методи і технічні засоби забезпечення необхідних енергетичних характеристик розвитку електроенергетики та електромеханіки		
4	Класифікація методів і технічних засобів забезпечення електромагнітної сумісності мереж живлення і електромеханічних систем	1
5	Використання енергоефективних силових елементів в перетворювачах частоти	1
6	Використання енергоефективних алгоритмів керування перетворювачами електроенергії	2

7	Методики розрахунку параметрів і вибору перетворювача частоти і електродвигуна	1
8	Енергоефективні режими роботи електроприводів підйомних установок	1
	Разом за змістовим модулем 2	6
Усього годин		12

6. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ теми	Назва теми	Кіл-ть годин
Змістовий модуль 1. Методи обґрунтування та оцінювання наукових проблем розвитку електроенергетики та електромеханіки		
1	Розрахунки техніко-економічна оцінка ефективності використання регульованих електроприводів	3
2	Розрахунок економії електроенергії і термін окупності регульованого електроприводу при заміні їм системи дроселювання	2
3	Розрахунок енергетичної та економічної ефективності від застосування частотно-регульованого електроприводу	3
	Разом за змістовим модулем 1	8
Змістовий модуль 2. Методи і технічні засоби забезпечення необхідних енергетичних характеристик розвитку електроенергетики та електромеханіки		
4	Розрахунок і оцінка енергоефективності газоперекачувальних агрегатів і системної ефективності компресорних цехів	2
5	Визначення коефіцієнта корисної дії асинхронного двигуна при роботі з різним ступенем навантаження	1
6	Визначення струмів трансформатора і коефіцієнта корисної дії при різних ступенях навантаження	1
	Разом за змістовим модулем 2	4
Усього годин		12

7. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ теми	Назва теми	Кіл-ть годин
Змістовий модуль 1. Методи обґрунтування та оцінювання розвитку електроенергетики та електромеханіки		
2	Електромагнітна сумісність перетворювачів електроенергії і електродвигунів	16
3	Використання енергоефективних перетворювачів електроенергії в електромеханічних системах	16
	Разом за змістовим модулем 1	32
Змістовий модуль 2. Методи і технічні засоби забезпечення необхідних енергетичних характеристик і показників розвитку електроенергетики та електромеханіки		

4	Методики розрахунку параметрів і вибору перетворювача частоти і електродвигуна	6
5	Енергоефективні режими роботи електроприводів підйомних установок	6
6	Енергоефективні режими роботи електроприводів турбомеханізмів	6
6	Енергоефективні режими роботи електроприводів конвеєрів	4
7	Використання нерегульованих і регульованих компенсуючих пристроїв	6
8	Методики розрахунку параметрів і вибору перетворювача частоти і електродвигуна	6
	Разом за змістовим модулем 2	34
	Усього годин	66

8. ВИДИ КОНТРОЛЮ І СИСТЕМА НАКОПИЧЕННЯ БАЛІВ

№ змістового модуля	Вид контролю	Кіл-ть балів
ПОТОЧНИЙ		
1	<i>Тест № 1</i> Нормативна документація в галузі енергозбереження і енергоефективності	5
	<i>Тест № 2.</i> Обґрунтування та оцінка енергоефективності електротехнічних систем та комплексів	5
	<i>Тест № 3.</i> Енергетичні характеристики електромеханічних систем підприємств	5
2	<i>Тест № 4.</i> Показники якості електроенергії в мережах живлення	5
	<i>Тест № 5.</i> Електромагнітна сумісність систем електропостачання і перетворювачів електроенергії	5
	<i>Тест № 6.</i> Електромагнітна сумісність перетворювачів електроенергії	5
3	<i>Тест № 7.</i> Використання енергоефективних перетворювачів електроенергії в електромеханічних системах	5
4	<i>Тест № 8.</i> Класифікація методів і технічних засобів забезпечення електромагнітної сумісності мереж живлення і електромеханічних систем	5
	<i>Тест № 9.</i> Використання енергоефективних силових елементів в перетворювачах частоти	5
5	<i>Тест № 10.</i> Методики розрахунку параметрів і вибору перетворювача частоти і електродвигуна	5
	<i>Самостійна робота № 1.</i> Підготовка роботи на тему «Енергоефективні режими роботи електроприводів конвеєрів»	5

	Самостійна робота № 2. Підготовка роботи на тему «Використання нерегульованих і регульованих компенсуючих пристроїв»	5
		Разом: 60
ПІДСУМКОВИЙ		
	Екзамен, у т.ч.	40
	Захист дослідницької пропозиції	40
		Разом: 40
		Усього 100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою
A	90 – 100 (відмінно)	55 (відмінно)
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)
C	75 – 84 (добре)	
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)
E	60 – 69 (достатньо)	
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)
F	1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)	

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Жемеров Г.Г. Ефективність систем енергопостачання з напівпровідниковими перетворювачами електроенергії : монографія / Г.Г.Жемеров, Д.В. Тугай. - Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. -272 с.
2. Васильев Б.Ю. Электропривод. Энергетика электропривода. Учебник. - М.:СОЛОН-Пресс, 2015. - 268 с.
3. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый электропривод в насосных и воздушных установках. - М.: Энергоатомиздат, 2006. - 256 с.
4. Краснов И.Ю. Методы и средства энергосбережения на промышленных предприятиях //Учебное пособие. - Томск. Изд-во ТПУ, 2012. - 186 с.
5. Ильинский, Н.Ф. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение/ Н.Ф. Ильинский, В.В. Москаленко. - М.: Академия, 2008. - 208 с.
6. Браславский, И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод/ И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков; под ред. И.Я. Браславского. - М.: Академия, 2004 - 256 с.

Допоміжна

1. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є.М. Іншеков, Є.Є.Нікітін, М.В. Тарнавський, А.В. Чернявський. -К.: Поліграф плюс, 2014. - 238 С.
2. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации / М.П. Белов, О.И. Зементов, А.Е. Козярук и др.. - М.: Академия, 2006. - 368 с.
3. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. - СПб: НИУ ИТМО, 2013. - 274 с.
4. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. - М.: Изд-во «Машиностроение-1», 2006. - 256 с.
5. Северянин В.С., Черников И.А., Горбачев М.Г. Основы энергосбережения: Курс лекций. - Брест, Изд-во БГТУ, 2003. - 54 с.