

Міністерство освіти і науки України
 Державний вищий навчальний заклад
 «Криворізький національний університет»
 Факультет електротехнічний
 Кафедра автоматизованих електромеханічних систем
 в промисловості та транспорті



ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор ДВНЗ «КНУ»

Степан М.І. Ступнік

«12» 09 2019 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

“Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем”

за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
 за третім (освітньо-науковим) рівнем вищої освіти
 на здобуття ступеня доктора філософії

Форма навчання	Курс	Семестр	Всього годин за планом	Кількість кредитів	Аудиторних годин				Самостійна робота (годин)	Розрахунково-графічна робота	Форма контролю
					Всього	Лекції	Лабораторні	Практичні			
Денна	2	4	120	4,0	48	32		16	72		екзамен
Заочна	2	4	120	4,0	12	8		4	108		екзамен

Кривий Ріг
 2019 р.

Степан

Робоча програма складена на основі освітньо-наукової програми третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Розробники:

Сінчук О.М. – проф., д.т.н.

Титюк В.К. - доц., канд. техн. наук.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті
протокол № 1 від «27» 08 2019 р.

Завідувач кафедри АЕСПТ  проф., д.т.н. Сінчук О.М.

Схвалено вченою радою електротехнічного факультету
протокол № 1 «11» 09 2019 р.

Голова ради ЕТФ  доц., к.т.н. Федотов В.О.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4,0	Галузь знань <u>14</u> (шифр і назва) <u>Електрична</u> <u>інженерія</u>	Нормативна	
Модулів - 1	Спеціальність 141 <u>”Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів - 2		2- й	2- й
Індивідуальне науково-дослідне завдання <hr/> (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин - 120		4 - й	4 - й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних - 3 самостійної роботи здобувача – 4,5	Ступінь вищої освіти: <u>Доктор філософії</u>	Лекції	
		32 год.	8 год.
		Практичні, семінарські	
		16 год.	4 год.
		Лабораторні	
		0 год.	0 год.
		Самостійна робота	
72 год.	108 год.		
Індивідуальні завдання:			
Вид контролю:			
екзамен			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 48/72/0;

для заочної форми навчання – 12/108/0.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Курс має за мету теоретичну підготовку докторів філософії по структурно-параметричній ідентифікації складних електромеханічних систем та їх дослідженню на математичних моделях.

Моделювання на ЕОМ у даний час перетворилося на одну з методологічних основ дослідження складних електромеханічних систем. Особливо значна його роль у тих випадках, коли технологічним процесом або об'єктом керують за допомогою ЕОМ. У зв'язку з цим вивчення методів і проведення математичного моделювання електромеханічних систем і систем електропривода є важливою складовою у підготовці інженерів-електромеханіків. До основних питань дисципліни слід зазначити вивчення принципів моделювання механічних елементів, нелінійностей, електричних машин і систем електропривода.

Метою викладання дисципліни «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем» є: поглиблення знань з теорії автоматичного керування, системного аналізу та вищої математики для розв'язання задач структурної та параметричної ідентифікації систем, побудови естиматорів, спостерігачів та предикторів, набуття навиків застосування методів ідентифікації та прикладного програмного забезпечення для ідентифікації електротехнічних систем та їх елементів.

Завдання вивчення дисципліни є надбання теоретичних та практичних навичок, які дають змогу самостійно виконувати моделювання та аналіз сучасних електромеханічних об'єктів промисловості, вибору математичного пакету з точки зору отримання адекватної інформації з урахуванням особливостей об'єкту та його математичного опису.

Необхідно навчити здобувача системному підходу до вирішення великого комплексу питань, пов'язаних із математичним моделюванням складних електромеханічних систем, планування виконання та обробки результатів експериментальних досліджень.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен:

– **знати**: основні методи структурної та параметричної ідентифікації та оцінювання адекватності ідентифікаційних моделей лінійних та нелінійних систем, основні класи систем та принципів побудови математичних моделей, які застосовують для опису систем

- **вміти**: вибрати оптимальний метод та модель для розв'язання задачі ідентифікації та оцінювати адекватність отриманої моделі; синтезувати естиматори на основі фільтра Калмана, розширеного фільтра Калмана, теорії розривного керування, а також спостерігач Люенберга та предиктор; використовувати програмні засоби для структурної та параметричної ідентифікації електротехнічних систем та їх складових; здійснювати постановку експерименту та обробку експериментальних даних; аналізувати отримані результати та ефективність використання ідентифікаційної моделі.

Вивчення дисципліни «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем» передбачає засвоєння навчального матеріалу у вільний від аудиторних занять час у формі самостійної та індивідуальної навчально-дослідної роботи, призначеної формувати практичні навички роботи здобувачів із спеціальною літературою, орієнтувати їх на інтенсивну роботу, критичне осмислення здобутих знань і глибоке вивчення теоретичних і практичних проблем для підвищення якості професійної підготовки.

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти:

К02. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницько-інноваційного характеру, генерувати ідеї, приймати обґрунтовані рішення та самостійно працювати під час їх реалізації.

К04. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

К10. Здатність до застосування сучасних інформаційних технологій у науковій діяльності, пошуку та критичного аналізу інформації.

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 демонструвати розуміння специфіки електроенергетики, електротехніки та електромеханіки як науки та вміння правильно її застосовувати при роботі з технічною літературою та іншими джерелами інформації.

СК5. Здатність застосовувати відповідні математичні методи, комп'ютерні технології, а також засади стандартизації та сертифікації для вирішення завдань у сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

СК6. Здатність застосовувати комплексний підхід до вирішення експериментальних завдань з застосуванням засобів інформаційно-вимірювальної техніки та прикладного програмного забезпечення.

СК8. Здатність розробляти програмне та апаратне забезпечення комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем.

СК14. Здатність демонструвати розуміння вимог до надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем, зумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку.

Програмні результати навчання, які має отримати здобувач вищої освіти:

ПР05. Знати і розуміти основні поняття теорії вимірювань, їх застосування на практиці та при комп'ютерному моделюванні об'єктів та явищ.

ПР08. Уміти проводити постановку, формулювання і вирішення завдань у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, що пов'язані з процедурами спостереження об'єктів, вимірювання, контролю, діагностування і прогнозування з урахуванням важливості соціальних обмежень (суспільство, здоров'я і безпека, охорона довкілля, економіка, промисловість тощо).

ПР11. Уміти використовувати комп'ютеризовані бази даних, «хмарні» та інтернет-технології, наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації.

ПР13. Уміти організовувати і проводити технічні випробування інженерних продуктів.

Результати вивчення курсу «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем» представляються у формі екзамену.

Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця

Перелік дисциплін, на які безпосередньо спирається вивчення даної дисципліни	Перелік дисциплін, вивчення яких безпосередньо спирається на дану дисципліну
Філософія науки та інновації, Організація та реалізація досліджень здобувача наукового ступеня доктора філософії	Електромехатронні, роботехнічні системи

3. Програма навчальної дисципліни

Заліковий модуль 1.

Змістовий модуль 1. «Методи структурної та параметричної ідентифікації динамічних об'єктів», (60 годин/2,0 кредита)

Тема 1. Структура і компоненти моделі об'єкта керування

Цілі та етапи моделювання технологічних об'єктів, зокрема металургійних. Приклади ефективного використання моделей. Склад моделей. Класифікація.

Тема 2. Ідентифікація динамічних об'єктів. Основні визначення

Ідентифікація як етап моделювання. Задачі, принципи та критерії ідентифікації. Структурна і параметрична ідентифікація.

Тема 3. Методи ідентифікації динамічних об'єктів

Методи ідентифікації за перехідними характеристиками із застосуванням імпульсних пробних сигналів. Частотні методи ідентифікації, статистична ідентифікація.

Тема 4. Імітаційне статистичне моделювання

Основні поняття та задачі. Застосування до задач надійності і продуктивності технологічних систем. Структура статистичної моделі.

Генерація випадкових процесів із заданою спектральною щільністю.

Алгоритми обробки результатів статистичного моделювання. Потрібна тривалість моделювання.

Тема 5. Фільтрація експериментальних даних

Частотна фільтрація. Лінійні фільтри. Лінійні та нелінійні фільтри.

Тема 6. Постановка та вирішення оптимізаційних задач

Структура задач оптимізації. Область варіювання параметрів. Цільові функції, їх ієрархія і зв'язок з економічними показниками роботи.

Тема 7. Моделювання об'єктів з розподіленими параметрами

Приклади процесів і агрегатів як об'єктів з розподіленими параметрами (газо – та гідротранспортні системи, бурові верстати, конвеєрне обладнання, термічні процеси електромеханічного обладнання).

Диференціальні рівняння в часткових похідних - моделі об'єктів з розподіленими параметрами. Типи рівнянь і крайові умови щодо технологічних об'єктів.

Тема 8. Планування експериментів для ідентифікації об'єктів

Активні і пасивні експерименти, їхні переваги й недоліки у виробничих умовах. Вимоги до точності вимірювання та реєстрації змінних.

Плани активних експериментів. Повний і дробовий факторні експерименти. Обробка результатів експериментів.

Змістовий модуль 2. «Методи визначення параметрів схеми заміщення та моніторинг технічного стану електромеханічних перетворювачів», (60

годин/2,0 кредита)

Тема 9. Параметри схеми заміщення машин постійного струму

Методика визначення параметрів схеми заміщення машин постійного струму за каталожними даними.

Тема 10. Параметри схеми заміщення асинхронних двигунів

Методика визначення параметрів схеми заміщення асинхронних двигунів за каталожними даними.

Тема 11. Визначення параметрів кола змінного струму при полігармонійному живленні

Методика складання системи рівнянь для визначення параметрів окремих елементів кола змінного струму на прикладі Т-подібної схеми заміщення асинхронного двигуна.

Тема 12. Енергетичний метод визначення параметрів кола змінного струму

Теорема Телледжена. Методика складання рівнянь балансу миттєвої потужності. Методика складання рівнянь для визначення параметрів окремих елементів кола змінного струму.

Тема 13. Аналіз стану електромеханічного обладнання промислових підприємств

Аналіз стану електромеханічних перетворювачів енергії в системах електроприводів. Оцінка стану, моніторинг і діагностика - поняття, цілі та завдання

Тема 14. Критерії якості перетворення енергії в електромеханічних системах

Оцінка впливу якості електроенергії на електромеханічне обладнання, обґрунтування критеріїв і показників якості перетворення енергії.

Тема 15. Методологія моніторингу параметрів асинхронних двигунів

Визначення моменту асинхронного двигуна і кутової швидкості асинхронного двигуна.

Тема 16. Методологія моніторингу параметрів двигунів постійного струму

Визначення параметрів електроприводів постійного струму у разі живлення від тиристорних перетворювачів

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		Лк	пз	лб	ін д	с.р.		лк	пз	лб	ін д	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Заліковий модуль № 1												
Змістовий модуль 1. «Методи структурної та параметричної ідентифікації динамічних об'єктів»												
Тема 1. Структура і компоненти моделі об'єкта керування	7	2	-	-	-	5	7	1	-	-	-	6
Тема 2. Ідентифікація динамічних об'єктів. Основні визначення	7	2	-	-	-	5	7	-	-	-	-	7
Тема 3. Методи ідентифікації динамічних об'єктів	7	2	-	-	-	5	7	1	-	-	-	6
Тема 4. Імітаційне статистичне моделювання	8	2	2	-	-	4	8	-	1	-	-	7
Тема 5. Фільтрація експериментальних даних	8	2	2	-	-	4	8	-	-	-	-	8
Тема 6. Постановка та вирішення оптимізаційних задач	8	2	2	-	-	4	8	1	-	-	-	7
Тема 7. Моделювання об'єктів з розподіленими параметрами	8	2	2			4	8	-	1			7
Тема 8. Планування експериментів для ідентифікації об'єктів	7	2	-			5	7	1	-			6
Всього за заліковим	60	16	8	-	-	36	60	4	2	-	-	54

модулем №1													
Заліковий модуль № 2													
Змістовий модуль 2. «Методи визначення параметрів схеми заміщення та моніторинг технічного стану електромеханічних перетворювачів»													
Тема 9. Параметри схеми заміщення машин постійного струму	7	2	-			5	7	-					7
Тема 10. Параметри схеми заміщення асинхронних двигунів	7	2	2			3	7	1	1				5
Тема 11. Визначення параметрів кола змінного струму при полігармонійному живленні	8	2	2			4	8	1	1				6
Тема 12. Енергетичний метод визначення параметрів кола змінного струму	7	2	2			5	7	-					7
Тема 13. Аналіз стану електромеханічного обладнання промислових підприємств	7	2	2			5	7	-					7
Тема 14. Критерії якості перетворення енергії в електромеханічних системах	8	2	-			6	8	-					8
Тема 15. Методологія моніторингу параметрів асинхронних двигунів	16	2	-			4	8	2					7
Тема 16. Методологія моніторингу параметрів двигунів постійного струму		2				4							7
Всього за заліковим модулем №2	60	16	8			36	60	4	2				54
Усього годин	120	30	16	-	-	72	120	8	4	-	-		108

5. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом.

6. Теми практичних занять

Практичні роботи здобувачі виконують самостійно і захищають в бесіді з викладачем

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	2	3	4
Змістовий модуль 1			
ПЗ.1	Складання математичної моделі об'єкту керування,	2	2

	отримання перехідних та імпульсних перехідних функцій, частина 1		
ПЗ.2	Складання математичної моделі об'єкту керування, отримання перехідних та імпульсних перехідних функцій, частина 2	2	
ПЗ.3	Джерела випадкових сигналів. Додавання похибок вимірювання до моделі.	2	
ПЗ.4	Фільтрація сигналів вимірювання засобами MATLAB, частина 1.	2	2
Змістовий модуль 1			
ПЗ.5	Фільтрація сигналів вимірювання засобами MATLAB, частина 2.	2	
ПЗ.6	Ідентифікація динамічної системи у MATLAB System Identification Toolbox, частина 1.	2	
ПЗ.7	Ідентифікація динамічної системи у MATLAB System Identification Toolbox, частина 2.	2	
ПЗ.8	Складання планів експериментальних досліджень	2	1
	Разом:	16	4

7. Теми лабораторних занять

Не передбачено навчальним планом

8. Самостійна робота

Організація і контроль самостійної роботи здобувачів зорієнтовані на використання кредитно–модульної системи організації навчального процесу (КМСОНП). Обсяг самостійної роботи та порядок її організації, а також система контролю та оцінювання результатів доводяться до здобувачів на одному з перших занять семестру.

Вивчення здобувачами дисципліни «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем» у поза аудиторний час складається з повторення та засвоєння теорії по підручнику та конспекту. Ця робота повинна виконуватися систематично, безпосередньо за лекціями. Необхідно використовувати матеріалів лекційних занять для вирішення наукової задачі, поставленої у дисертаційній роботі здобувача, творчо використовувати викладені матеріали при написанні наукових праць за темою дисертації здобувача. Розуміння та засвоєння пройденого матеріалу дозволяє активно засвоювати нові теоретичні положення, зменшує витрати часу на виконання практичних робіт. У свою чергу, такі форми роботи допомагають краще зрозуміти теорію та сприяють придбанню практичних навичок.

При виконанні самостійної роботи здобувач повинен:

а) зрозуміти мету роботи та основні теоретичні положення, що використовуються в ній. Для самоконтролю у методичних вказівках до практичних робіт приведено контрольні питання;

б) заготовити усі необхідні для виконання роботи матеріали: схеми, таблиці, папір для графіків тощо; це прискорює та полегшує оформлення роботи, яке рекомендується здійснювати під час практичних занять в аудиторії.

Усі виникаючі під час виконання самостійних робіт питання слід записувати і одержати на них відповідь у час найближчої консультації.

При підготовці до самостійних занять здобувач повинен згадати теоретичні положення, що будуть використовуватися на майбутньому занятті, та виконати завдання викладача з матеріалу минулого заняття. Рекомендується ознайомитися з вирішеними задачами по навчальним посібникам. Усі виникаючі питання з теорії, практичних робіт та задач слід записувати і одержати на них відповідь у час найближчої консультації. Важливою формою самостійної роботи здобувача є підготовка наукових робіт та тез доповідей на міжнародні науково-практичні конференції, що може зараховуватися як виконання окремих практичних робіт.

Перелік тем та обсяг часу для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Тема 1. Структура і компоненти моделі об'єкта керування	5	6
2	Тема 2. Ідентифікація динамічних об'єктів. Основні визначення	5	7
3	Тема 3. Методи ідентифікації динамічних об'єктів	5	6
4	Тема 4. Імітаційне статистичне моделювання	4	7
5	Тема 5. Фільтрація експериментальних даних	4	8
6	Тема 6. Постановка та вирішення оптимізаційних задач	4	7
7	Тема 7. Моделювання об'єктів з розподіленими параметрами	4	7
8	Тема 8. Планування експериментів для ідентифікації об'єктів	5	6
9	Тема 9. Параметри схеми заміщення машин постійного струму	5	7
10	Тема 10. Параметри схеми заміщення асинхронних двигунів	3	5
11	Тема 11. Визначення параметрів кола змінного струму при полігармонійному живленні	4	6
12	Тема 12. Енергетичний метод визначення параметрів кола змінного струму	5	7
13	Тема 13. Аналіз стану електромеханічного обладнання промислових підприємств	5	7
14	Тема 14. Критерії якості перетворення енергії в електромеханічних системах	6	8
15	Тема 15. Методологія моніторингу параметрів асинхронних двигунів	4	7
16	Тема 16. Методологія моніторингу параметрів двигунів постійного струму	4	7
	Разом:	72	108

9. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

10. Методи навчання

У процесі викладання дисципліни «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем» використовуються різні методи та форми викладання і навчання.

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – практичні роботи.

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико – синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково – пошуковий, дослідницький.

Основним видом навчальних занять з дисципліни «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем» є лекції. У процесі засвоєння матеріалу надзвичайно важливо засвоїти не тільки кінцеві результати у вигляді розрахункових формул та методів, а й забезпечити формування інженерного мислення, розуміння фізичних процесів.

Важливу роль при вивченні дисципліни відіграють практичні заняття. На практичних заняттях здобувачі під керівництвом викладача особисто проводять обчислювальні експерименти з метою практичного підтвердження основних теоретичних положень дисципліни, набувають практичних навичок роботи з віртуальним лабораторним устаткуванням, вимірювальними приладами, методикою експериментального дослідження електричних схем.

У процесі індивідуального захисту практичних робіт кожен здобувач отримує відповідну рейтингову оцінку з урахуванням, активності про виконанні роботи, якості її оформлення та захисту.

Види занять з дисципліни: *лекції, практичні заняття, самостійна робота.*

11. Методи оцінювання успішності навчання.

Для оцінювання успішності здобувачів використовується модульно-рейтингова система, яка передбачає розподіл балів за виконання усіх запланованих видів робіт. Максимальну кількість 100 балів за опановану дисципліну здобувач отримує при умові його бездоганного виконання. Ця сума складається з балів, які здобувач поступово накопичує за виконання поточних практичних і контрольних робіт, а також складання підсумкового екзамену.

У практичному модулі максимальна кількість балів при захисті практичних робіт наведена у таблиці:

Вид робіт	Денна форма	Заочна форма
Якість самостійної підготовки до виконання практичної роботи	2	10
Якість виконання практичної роботи	2	10
Якість підготовки та захисту звіту з практичної роботи	2	10
Всього:	6	30

Розподіл максимальної кількості балів (100) при контролі знань наступний:

- 60 балів для оцінки роботи здобувача у семестрі;
- 40 балів для оцінки на екзамені.

Розподіл максимальної кількості балів при виконанні модульної контрольної роботи наведений у таблиці:

Вид робіт	Денна форма	Заочна форма
Повнота відповідей на питання білету модульної контрольної роботи	10	10
Логічність та аргументованість відповідей	10	10
Наведення рисунків та графіків	10	10
Всього:	30	30

Розподіл максимальної кількості балів по складовим блокам наведений у таблицях:

Денна форма

Блоки контролю	Модулі, номери неділь, бали								Всього
	Змістовий модуль №1,2								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Практичний	4	4	2	4	4	4	4	4	30
Модульний	-	-	-	-	-	-	-	30	30
Разом:									60
Екзамен									40
Всього:									100

Заочна форма

Блоки контролю	Модулі, номери неділь, бали								Всього
	Змістовий модуль №1,2								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Практичний	30	-	-	-	-	-	-	-	30
Модульний	-	-	-	-	-	-	-	30	30
Разом:									60
Екзамен									40
Всього:									100

Семестровий контроль здійснюється в письмовій формі по білетах. Зміст і структура екзаменаційних білетів та критерії оцінювання обговорюються та визначаються рішенням кафедри.

Зміст питань комплексу екзаменаційних білетів (контрольних завдань) має повністю охоплювати робочу навчальну програму дисципліни або її частину, яка виноситься на семестровий контроль, та забезпечувати перевірку всіх знань, навичок і умінь відповідного рівня, що передбачені програмою. Кількість

екзаменаційних білетів для усного екзамену має перевищувати кількість здобувачів у навчальній групі не менше, ніж на 5.

Критерії оцінювання екзамену (відповіді здобувача) мають враховувати, насамперед, її повноту і правильність, а також здатність здобувача: узагальнювати отримані знання; застосовувати правила, принципи, закони в конкретних ситуаціях; аналізувати та оцінювати факти, інтерпретувати схеми, графіки; викладати матеріал чітко, логічно, послідовно.

Складові оцінювання відповіді здобувача на екзамені при максимальній кількості (40 балів):

- повнота розкриття питань білету – 8 балів;
- логіка викладання, культура мови – 8 балів;
- правильний вибір формул та їх написання – 8 балів;
- обґрунтованість побудови систем керування електроприводом – 8 балів;
- аналітичність міркування, вміння робити порівняння, правильний і обґрунтований висновок – 8 балів.

Семестровий контроль реалізується через визначення кількості набраних балів з дисципліни за семестр та визначення оцінки якості засвоєння дисципліни згідно шкали оцінок (наказ ректора від 26.04.2010 №125).

Шкала оцінок якості засвоєння навчального матеріалу

Національна шкала успішності	Оцінка ECTS	Визначення ECTS	100-бальна система оцінювання
відмінно	<i>A</i>	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з незначними помилками	90-100
добре	<i>B</i>	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	80-89
	<i>C</i>	ДОБРЕ – в цілому правильна робота з певною кількістю грубих помилок	71-79
задовільно	<i>D</i>	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	61-70
	<i>E</i>	ДОСТАТНЬО – виконання задовольняє мінімальні потреби	50-60
незадовільно	<i>FX</i>	НЕЗАДОВІЛЬНО – із можливістю повторного складання	30-49
	<i>F</i>	НЕЗАДОВІЛЬНО – з обов'язковим повторним вивченням модуля	0-29

Перелік питань для підсумкового контролю знань, умінь та навичок

Змістовий модуль №1

1. Дайте визначення поняття моделі.
2. Сформулюйте вимоги до моделі.
3. Перелічіть методи моделювання.
4. Поясніть термін «фізичне моделювання».
5. Для яких випадків застосовуються фізичні моделі?
6. Поясніть термін «математичне моделювання».
7. Для яких випадків застосовуються математичні моделі?

8. Які види математичних моделей ви знаєте?
9. Назвіть фундаментальні фізичні закони, на яких ґрунтуються математичні моделі.
10. Перелічіть основні етапи математичного моделювання.
11. Що таке сигнал?
12. Як класифікують сигнали?
13. Що таке візуалізація сигналу?
14. Які сигнали називаються аналоговими?
15. Які сигнали називаються дискретними?
16. Яку форму можуть мати періодичні сигнали?
17. З якою метою використовуються дельта-функція і одинична ступінчаста функція?
18. Як математично описуються гармонійні сигнали, дельта-функція і одинична ступінчаста функція?
19. Якими параметрами характеризується послідовність прямокутних імпульсів?
20. Що називається скважністю імпульсного сигналу?
21. Який імпульсний сигнал називається меандром?
22. Як можна подивитися сигнал, який було збережено в текстовому файлі в програмі MatLab?
23. Як подивитися частотний склад сигналу в програмі MatLab?
24. Які існують способи генерації сигналів в пакеті програм MatLab?
25. Яким чином моделюються безперервні і дискретні сигнали в програмі Simulink?
26. Яким чином моделюються одинична функція і одиничний імпульс в програмі Simulink?
27. За допомогою яких блоків моделюються шуми і перешкоди в пакеті програм MatLab?
28. Які існують способи побудови графіків сигналів в пакеті програм MatLab?
29. Яка особливість генерування сигналів в математичному пакеті MathCAD?
30. Як побудувати синусоїдальний сигнал в MathCAD?
31. За допомогою яких алгоритмів можна побудувати пилкоподібний, трикутний і прямокутний сигнали в MathCAD?
32. Як виконати зашумлення сигналу в MathCAD?
33. З якою метою в MathCAD використовуються функції runif і rnorm?
34. Як в MatLab побудувати графік сигналу, значення якого записані в текстовому файлі?
35. Для чого використовується функція Powergui в MatLab?
36. Які параметри необхідно вказати у вікні FFT Analysis функції Powergui для відображення частотного складу сигналу?
37. Як можна подивитися сигнал, який було збережено в текстовому файлі в програмі MathCAD?

38. Яким чином переглянути частотний склад сигналу в програмі MathCAD?

39. За допомогою якого пристрою в процесі збору даних аналоговий сигнал перетвориться в цифровий?

40. Які існують види квантування сигналів?

41. У чому полягає квантування сигналу за часом (дискретизація)?

42. Що називається кроком дискретизації, частотою?

43. У чому полягає квантування сигналу за рівнем?

44. У чому полягає одночасно квантування сигналу за часом і за рівнем?

45. Що визначає теорема Котельникова-Шеннона?

46. Яке практичне значення має теорема Котельникова-Шеннона?

47. Що таке екстраполятор нульового порядку?

48. Що є вхідним параметром блоку Zero-Order Hold в пакеті програм MatLab?

49. Що є вхідним параметром блоку Quantizer в пакеті програм MatLab?

50. Поясніть терміни «апроксимація» і «інтерполяція».

51. З якою метою виконують апроксимацію і інтерполяцію сигналів?

52. Які ви знаєте способи узгодження апроксимуючої кривої з параметрами вимірювань?

53. Які функції використовуються для апроксимації?

54. Як виконати апроксимацію полиноміальною функцією?

55. Як виконати апроксимацію експоненційної функцією?

56. У якому випадку виконують апроксимацію поруч Фур'є?

57. Як виконати апроксимацію за допомогою сплайнів?

58. У чому полягає цифрове згладжування сигналу?

59. Як реалізуються алгоритми лінійного згладжування через три точки і дворазового згладжування через три точки?

60. У чому полягає геометричний зміст лінійного згладжування?

61. У чому полягає суть медіанної фільтрації?

62. Які числові значення може приймати медіана і чому?

63. Як реалізується фільтрація за допомогою згладжує полінома через п'ять точок?

64. Як зміниться довжина масиву значень згладженого сигналу в порівнянні з вихідним за різними алгоритмами згладжування?

65. Для чого використовується вбудована функція linfit програми MathCAD? Що є її аргументами?

66. Яка вбудована функція програми MathCAD використовується для медіанної фільтрації?

67. Які вбудовані функції програми MathCAD використовуються для лінійної і сплайнової інтерполяції?

68. Що називається спектральним аналізом?

69. Що є математичною основою спектрального аналізу?

70. Що називається амплітудним спектром сигналу?

71. Що називається фазовим спектром сигналу?

72. Який спектр називається лінійчастим?
73. Як побудувати спектр сигналу в пакеті програм MatLab?
74. З якою метою виконується фільтрація спектра по частоті?
75. З якою метою виконується фільтрація спектра за рівнем?
76. Які особливості фільтрації спектрів в пакеті програм MatLab?
77. Як оцінити вплив фільтрації на форму вихідного сигналу?
78. За допомогою яких функцій виконується пряме і зворотне перетворення Фур'є в пакеті програм MatLab?
79. За допомогою яких функцій виконується пряме і зворотне перетворення Фур'є в програмі MathCAD?
80. Які особливості фільтрації спектрів в програмі MathCAD?
81. Що називається цифровим фільтром?
82. Якими способами можна реалізувати цифровий фільтр?
83. Що таке частота дискретизації, як вона задається при проектуванні фільтра?
84. Які існують типи частотно-виборчих фільтрів?
85. Як класифікують фільтри за способом математичної реалізації?
86. Як записати передавальну функцію нерекурсивного і рекурсивного фільтрів?
87. Який фільтр називається нерекурсивним?
88. Який фільтр називається рекурсивним?
89. Якими рівняннями описуються цифрові фільтри?
90. Якими рівняннями описують нерекурсивний і рекурсивний фільтри?
91. Що називається передатною функцією цифрового фільтра?
92. На підставі яких аналогових фільтрів-прототипів реалізуються цифрові фільтри?
93. На які класи діляться методи розрахунку передавальних функцій рекурсивних цифрових фільтрів?
94. У чому полягає метод білінійної перетворення?
95. Які можливості має пакет FDATool програми MatLab?
96. Яка послідовність синтезу цифрових фільтрів в пакеті FDATool?
97. Що таке специфікація фільтра?
98. Які параметри і характеристики фільтрів можна отримати в пакеті FDATool?
99. Як імпортувати розроблений в FDATool фільтр в Simulink?

Змістовий модуль №2

1. Що називають експресдіагностикою? Укажіть переваги та недоліки експресдіагностики.
2. Як перевіряється справність фазних обмоток електричних машин під час експресдіагностики?
3. Що таке вібраційна діагностика?
4. Назвіть типи обробки вібраційного сигналу.

5. Перелічіть відомі вам методи вібраційної діагностики.
6. Який датчик використовується для вимірювання вібрації? Принцип його роботи.
7. Чому розрахунок СКЗ віброшвидкості проводиться в різних частотних діапазонах?
8. Як несиметрія мережі живлення проявляється у сигналах вібрації?
9. Принцип способу діагностики за спектром струму.
10. Які пошкодження визначаються за способом діагностики за спектром струму?
11. Які датчики використовуються для вимірювання струму? Принципи їх роботи.
12. Як визначаються пошкодження ротора АД і неспіввісність валів двигуна і механічного навантаження за спектральним аналізом струму?
13. Як можуть бути зімітовані пошкодження стрижнів ротора на реальному двигуні під час експериментальних досліджень?
14. Що визначає теорема Телледжена?
15. Яке практичне значення має теорема Телледжена?
16. Обґрунтуйте загальні принципи складання рівнянь енергетичного балансу під час ідентифікації параметрів кола змінного струму.

13. Методичне забезпечення

1. Титюк В.К. Методичні вказівки до виконання домашніх завдань з курсу «Моделювання електромеханічних систем» для студентів усіх форм навчання / Титюк В.К. – Кривий Ріг: Вид-во КТУ, 2012. – 26 с.
2. Щокін В.П. Конспект лекцій з курсу «Моделювання електромеханічного обладнання», частина I для студентів усіх форм навчання / Щокін В.П. – Кривий Ріг: Вид-во КТУ, 2010. – 76 с.
3. Титюк В.К. Конспект лекцій з курсу «Спеціальні методи дослідження електромеханічних систем» для студентів усіх форм навчання / Титюк В.К. – Кривий Ріг: Вид-во КТУ, 2011. – 58 с.
4. Титюк В.К. Конспект лекцій з курсу «Спеціальні розрахунки електромеханічних пристроїв на ЕОМ» для студентів усіх форм навчання / Титюк В.К. – Кривий Ріг: Вид-во КТУ, 2011. – 85 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Chorny O., Tolochko O., Tytyuk V., Rodkin D., Chekavskiy G. Mathematical models and specifics of numerical calculations of dynamic characteristics of electric drives with induction motors: monograph / Kremenichuk: PE Shcherbatykh O.V., 2016.–302 p. [in Ukrainian].

2. Математичні методи моделювання : навчальний посібник / О. П. Чорний, В.К. Титюк, Н. М. Істоміна та ін.; заг. ред. О. П. Чорний. – Кременчук : ПП Щербатих О. В., 2016. – 236 с. : іл.
3. Васильков Ю.В., Василькова Н.Н. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании: Учеб. пособие. - М.: Финансы и статистика, 1999. – 256 с.
4. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / О.П. Чорний, А.В. Луговой, Д.Й., Родькін, Г.Ю. Сисюк, А.В. Садовой. – Кременчук, 2001. – 376 с.
5. Очков В.Ф. Mathcad 14 для соискателей и инженеров: русская версия. СПб.: ВHV, 2009.
6. Каширских В.Г. Динамическая идентификация асинхронных электродвигателей: Монография/ГУ КузГТУю - Кемерово, 2005. – 139 с.
7. Алексеев Е. Р., Чеснокова О. В.. Решение задач вычислительной математики в пакетах Mathcad 12, MATLAB 7, Maple 9. М: НТ Пресс, 2006, 496с.
8. Дьяконов В. . VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование М.: СОЛОН-Пресс, 2004.
9. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. 1-е издание, 2007 год, 288 стр.
10. Гандер В., Гржебичек И. Решение задач в научных вычислениях с применением Maple и MATLAB. ISBN: 985-6642-06-X. Издательство "Вассамедина" 2005г. 520 с.

Допоміжна

1. Бахвалов Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 636 с.
2. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. Издательство: Горячая Линия - Телеком, 2007 г. Мягкая обложка, 288 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. Москва: Техносфера, 2006. - 616 с.
4. Семененко М.. Математическое моделирование в MathCad. Альтекс-А. 2003.
5. Бидасюк Ю.М. Mathcad для здобувача. Вильямс, 2006.
6. Фриск В. В.. Mathcad. Расчеты и моделирование цепей на ПК. Москва: Солон-Пресс, 2006.
7. Охорзин В.А. Прикладная математика в системе MATHCAD Учебное пособие. 3-е изд. СПб.: Лань, 2009, 352с.

8. Охорзин В.А. Компьютерное моделирование в системе Mathcad. М.: Финансы и статистика, 2006, 144с.

9. Berdai A., Vlasenko V., Titjuk V., El Moudden A. Analysis of reliability of the mathematical model of the SRM. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2012. Vol. 41. No.1. P. 60–67.

10. Чорний О. П., Титюк В. К. Особливості дослідження моделей систем електроприводу у SIMPOWER SYSTEMS з ключовими елементами. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. 2013. Вип. 3/2013 (23). С. 33–48.

11. Berdai A., Hmidat A., Belfqih A., Boukherouaa J., El Mariami F., Vlasenko V., Titjuk V. New structural approach to reducing doubly salient variable reluctance motor's torque undulations. *International Journal of Scientific and Engineering Research (IJSER)*. 2015. Vol. 41. No.1. P. 1165–1170.

15. Інформаційна

1. Електронна бібліотека. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=1746968>.

2. Електронна бібліотека. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://www.booksgid.com/hardware/1305-jelektroprivod-i-avtomatizacija.html>.

3. Електронні книги з електропривода. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://www.electrolibrary.info/books/elprivod.htm>.

4. Електронні книги з електропривода. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://mirknig.com/2008/09/22/sistemy-upravlenija-jelektroprivodov.html>.

5. Електронні книги з електропривода. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://www.twirpx.com/files/tek/emotor/>.

6. Електронна бібліотека. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://www.diagram.com.ua/library/energ-elektroprivod/>.

7. Електронна бібліотека. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://ua.bookfi.org/>.

8. Електронна бібліотека. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://goraknig.org/tehnika/?kniga=OTM3Nzkz>.

9. Електронна бібліотека Криворізького національного університету. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://lib.ktu.edu.ua/>.

15. Доповнення та зміни до робочої програми

п/п	Дата внесення змін	Зміст змін, доповнень	Підстава до внесення змін, доповнень (№ і дата наказу, рішення вченої ради, засідання кафедри, підпис завідуючого кафедрою)	Погодження випускаючої кафедри (№ і дата засідання кафедри, підпис завідуючого кафедрою)

--	--	--	--	--

ДОДАТОК 1

Робочий план з дисципліни «Ідентифікація і моделювання складних електромеханічних систем»

Семестр 4

Вид навчальної роботи	Годин у семестрі/кредити	Тиждень																Вид підсумкового контролю
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Лекційні заняття	32	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	
Лабораторні роботи																		
Практичні заняття	16		2		2		2		2		2		2		2		2	
Самостійна робота	72	5	5	5	4	4	4	4	5	5	3	4	5	5	6	4	4	
Індивідуальна робота (курсова робота)																		
Проміжні форми контрольних заходів									МР1								МР2	
Всього годин/кредитів	120/4,0	7	9	7	8	6	8	6	9	7	7	6	9	7	10	6	8	екзамен

Позначки: ПК - поточний контроль; КМР - контрольна модульна робота.

Викладач: канд. техн. наук, доцент Титюк В.К.