

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра автоматизованих електромеханічних систем  
(назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри автоматизованих електромеханічних систем  
(назва кафедри)

Б.В. Воробйов  
(підпис) (ініціали та прізвище)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«Моделювання електромеханічних систем»**

(назва навчальної дисципліни)

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

галузь знань 14 – Електрична інженерія  
(шифр і назва)

спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка  
(шифр і назва)

Освітня програма Електропривод, мехатроніка та робототехніка  
(назви освітніх програм спеціальностей)

вид дисципліни: професійна профільна підготовка, вибіркова  
(загальна підготовка / професійна підготовка; обов'язкова/вибіркова)

форма навчання: денна  
(денна / заочна/дистанційна)

Харків – 2023 рік

## ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни «Моделювання електромеханічних систем»

(назва дисципліни)

Розробники:

Проф., к.т.н., доц.

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Осичев О. В.

(ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

автоматизованих електромеханічних систем

(назва кафедри)

Протокол від «\_21\_»\_\_\_\_\_09\_\_\_\_\_2023 року № 9

Завідувач кафедри

АЕМС

(назва кафедри)

(підпис)

Б.В. Воробйов

(ініціали та прізвище)

## ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Шифр та назва освітньої програми	ПІБ Гаранта ОП	Підпис, дата
Електропривод, мехатроніка та робототехніка	<b>Аніщенко М. В.</b>	21.09.2023

Голова групи забезпечення  
спеціальності \_\_\_\_\_

Лазуренко О.П. \_\_\_\_\_  
(ПІБ, підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

## **ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ**

Дата засідання кафедри – розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри	Гарант освітньої програми

## МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Мета:** Виробити у студента теоретичні уявлення та практичні навички щодо методик і засобів математичного і комп'ютерного моделювання, закласти теоретичні основи синтезу систем регулювання при використанні матриць в неперервному та дискретному часі, розкрити ідеї моделювання та синтезу стохастичних систем керування та показати відповідні інструменти в пакеті Matlab.

**Компетентності:** Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. Отримання та використання професійних знань та розумінь, пов'язаних з розробкою та експлуатацією мехатронних пристроїв та систем з дотриманням заданих параметрів технологічних процесів. Здатність провести відповідні розрахунки для аналізу перехідних та сталих режимів роботи електроприводів і мехатронних модулів та систем.

**Результати навчання:** Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні. Знати і розуміти принципи організації процесів розробки та експлуатації мехатронних пристроїв та систем з дотриманням заданих параметрів технологічних процесів. Вміти проводити розрахунки для аналізу перехідних та сталих режимів роботи електроприводів і мехатронних модулів та систем.

## Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на:	На результати вивчення цієї дисципліни безпосередньо спираються:
Вища математика	Автоматизований електропривод загально-промислових установок ч.2
Теорія автоматичного керування	Промислові роботи
Електричні машини	Електрообладнання автомобіля і електромобіля
Теорія електропривода	

## ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Всього (годин) / кредитів ECTS	З них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, Р, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття, семінари			Залік	Екзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	180/6	64	86	32	32	-	Р	-	-	+
5	180/6	64	86	32	32	-	Р	-	-	+

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає \_\_ (%):  $(64/150) \cdot 100 = 43\%$

## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
			<b>Змістовий модуль № 1 / 3 кредити</b>	
1	л	2	<b>Вступна лекція</b> Зміст поняття моделювання. Види моделей (математична, комп'ютерна, електронна, фізична). Спільність їх математичної бази. Способи представлення моделей в безперервному та дискретному часі, з зосередженими та розподіленими параметрами, при детермінованому та стохастичному описі.	1-7
2-3 4-5	л лз ср	4 4 4	<b>Тема 1. Представлення моделі у безперервному часі.</b> Порядок складання математичної моделі. Узагальнена модель у вигляді системи диференціальних рівнянь з фізичними координатами об'єкта. Узагальнена модель у вигляді одного диференціального рівняння вищого порядку. Узагальнена модель у вигляді системи диференціального рівняння першого порядку, отримана в ході формального зниження порядку з диференціального рівняння високого порядку. Передавальна функція об'єкта і зображення його вихідний координати як модель об'єкта. Узагальнена модель у вигляді структурної схеми, отриманої з системи диференціального рівняння першого порядку в ході формального зниження порядку з диференціального рівняння високого порядку. Представлення моделі у просторі змінних стану. Запис системи диференціального рівняння першого порядку в матричній формі (A,B,C,D). Подання матричного опису системи в області зображень по Лапласу. Порівняльний опис всіх вищезгаданих моделей на прикладі двигуна постійного струму незалежного збудження. Базис і його приклади для електромеханічної системи. Прийоми представлення моделей об'єктів з диференціюючими ланками. Канонічна форма керованості. Канонічна форма спостережності. Прийоми еквівалентного і наближеного усунення диференціюючих ланок із заданої структурної схеми. Алгебраїчні контури.	1-7

6-7 8-9	л лз ср	4 4 4	<b>Тема 2. Представлення моделі у дискретному часі.</b> Представлення моделі лінійної системи прямих і зворотних кінцевих різницях. Представлення моделі лінійної системи у відліках решітчастої функції. Рекурентне рівняння як модель об'єкта. Дискретна передавальна функція і оператор системи. Пряма канонічна форма-2. Цифрові фільтри з кінцевою імпульсною характеристикою, з нескінченною імпульсною характеристикою. Подання моделей імпульсних пристроїв в просторі змінних стану. Матрична структурна схема моделі імпульсного пристрою.	1-7
10-11 12-14	л лз ср	4 6 4	<b>Тема 3. Дискретизація безперервних об'єктів.</b> Методи дискретизації. Представлення моделі безперервної системи в дискретному часі із збереженням набору координат (змінних стану), відповідних змінним стану безперервної системи. Дискретизація Д/Р об'єкта за допомогою заміни похідних на зворотні різниці. Дискретизація Д/Р об'єкта за допомогою заміни похідних на прямі різниці. Схема і динамічні процеси при квантуванні безперервного вхідного сигналу інтегратора. Формувач імпульсів. Екстраполятори поліноміальні, експоненціальні ланки. Схема з безперервним інтегратором і реальним екстраполятором нульового порядку на вході. Схема з безперервним інтегратором і ідеальним екстраполятором нульового порядку на вході. Інтегратор з реальним екстраполятором першого порядку на вході. Інтегратор з ідеальним екстраполятором першого порядку на вході. Отримання передавальних функцій інтеграторів з іншими екстраполяторами на вході і без них. Методи інтегрування 6-го порядку точності. Приклади підстановки вище розглянутих моделей імпульсних інтеграторів в безперервну систему. Введення інтеграторів Адамса-Башфорта і Рунге-Кутта в замкнуту систему регулювання. Структурне перетворення безперервної замкнутої системи довільного порядку в дискретний еквівалент із застосуванням методу підстановки без зміни конфігурації схеми. Метод дискретизації за допомогою z-форм. Кореневий метод дискретизації.	1-7
			<b>Змістовий модуль № 2 / 2 кредити</b>	
15-16 17-18	л лз ср	4 4 4	<b>Тема 4. Чисельне диференціювання сигналів.</b> Можливості і проблеми чисельного диференціювання. Ідеї реалізації методів прямих, центральних та обернених різниць для отримання 1й, 2й, 3й похідної по трьох, чотирьох, п'яти точках. Отримання формул диференціювання в умовах нееквідистантності. Алгоритм диференціювання з фільтрацією за рахунок усереднення по 4-м точкам. Спотворення сигналів при квантуванні за часом. Частотні характеристики реального екстраполятора нульового порядку.	1-7
19-20 21-22	л лз ср	4 4 4	<b>Тема 5. Моделювання дискретно-безперервних систем.</b> Проблемні особливості об'єктів. Математичний опис ЦАП і АЦП. Імпульсна модель АЦП. Динамічна модель ЦАП з паралельним інтерфейсом РРІ на виході ЕОМ. Схема моделі одноконтурної САР швидкості з	1-7



			цифровим регулятором і $\delta$ -квантователем вхідного задаючого сигналу. Схема моделі одноконтурної цифрової САР швидкості з цифровим регулятором і «квантувачем» вхідного задаючого сигналу у вигляді схеми вибірки-зберігання. Схема двоконтурної моделі цифрового СПР швидкості при різних періодах квантування в контурах регулювання струму і швидкості.	
23-24 25-26	л лз ср	4 4 4	<b>Тема 6. Базові питання моделювання та синтезу систем регулювання з випадковими вхідними сигналами.</b> Поняття випадкового процесу і його реалізації. Кількісні характеристики випадкових процесів. Математичне очікування. Дисперсія. Середнє квадратичне значення $\sigma$ . Кореляційна функція. Спектральна щільність. Типові сигнали, що розглядаються при описі випадкових процесів. Реалізація випадкових сигналів в Матлабі. Проходження некорельованих випадкових вхідних сигналів через замкнену систему регулювання. Отримання значення середньоквадратичного відхилення.	1-7
27 28	л лз ср	2 2 2	<b>Тема 7. Моделювання статичних нелінійностей.</b> Апроксимація. Інтерполяція. Зведена таблиця методів апроксимації та інтерполяції. Інтерполяція однією функцією. Кускова інтерполяція. Апроксимація за методом найменших квадратів.	1-7
29-30 31-32	л лз ср	4 4 4	<b>Тема 8. Методи розрахунку динамічних процесів у безперервних системах.</b> Алгоритми рішення дифрівнянь лінійної і нелінійної системи регулювання. Методи розрахунку динамічних процесів у безперервному та дискретному часі. Загальні питання обчислювальних методів. Особливості модельованих систем з точки зору застосування визначальних алгоритмів. Області застосування методів вирішення дифрівнянь в залежності від числа обумовленості. Основні ідеї і методи побудови методів розв'язання дифрівнянь. Методи, які ґрунтуються на розкладанні в ряд Тейлора. Отримання передавальної функції $W(z)$ явного методу Ейлера. Отримання передавальної функції $W(z)$ неявного методу Ейлера. Побудова графіків чотирьох ітерацій на одному кроці. Особливості розрахунку жорстких систем дифрівнянь. Вибір кроку інтегрування. Вибір кроку інтегрування в моделі без зворотних зв'язків (у розімкнутій системі). Вибір кроку інтегрування в замкненій системі з коренів характеристичного рівняння замкненої системи. Особливості вибору кроку у початково нестійкій системі. Вибір кроку, виходячи з частотних властивостей (або допустимих темпів зміни) вхідних сигналів. Вибір кроку з урахуванням особливостей нелінійностей. Вибір кроку виведення результатів розрахунку. Вибір кроку з урахуванням періоду квантування в ланках $z^{-1}$ . Приклади побудови деяких типових моделей.	1-7
Разом годин)		96		

### Примітки

1. Номер семестру вказують, якщо дисципліна викладається у декількох семестрах.
2. У показнику «Разом (годин)» кількість годин буде відрізнятися від загальної кількості аудиторних годин на кількість годин, що відведена на вивчення тем та питань, які вивчаються студентом самостійно (п. 3 додатку 8).
3. У графі 5 вказується номер відповідно до Додатку 14.

## САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	8
2	Підготовка до лабораторних занять	16
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	32
4	Виконання індивідуального завдання	30
5	Інші види самостійної роботи	-
	Разом	86

## ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Розрахункове завдання  
(вид індивідуального завдання)

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)
	<b><i>Розрахунок параметрів механічної частини двомасової моделі ДПТ НВ</i></b>	
	– видача завдання	2
	– розрахунок параметрів: жорсткість валу, внутрішнє в'язке тертя, частота вільних коливань пружної недемпфованої системи, моменту інерції другої маси, величини зазору в редукторі	3-5
	– розрахунок амплітудно-частотних характеристик двомасової моделі ДПТ НВ	6-8
	– розрахунок значень частот фрикційних автоколивань двомасової системи за графіками динамічних процесів	9-11
	– розрахунок показників якості динамічних процесів в двомасовій СПР з ДПТ НВ	12-13
	– захист завдання	14-16

## МЕТОДИ НАВЧАННЯ

(надається опис методів навчання)

Процес навчання по даній дисципліні передбачає проведення лекцій, лабораторних занять та виконання розрахункового завдання, самостійну роботу та консультації.

При проведенні лекцій використовується підготовлений та заздалегідь розданий студентам текст лекцій. При цьому з'являється можливість більш детального розгляду деяких розділів лекційного матеріалу та проведення поточного контролю.

Лабораторні заняття пов'язані з отриманням різноманітних характеристик електроприводів шляхом моделювання типових електромеханічних систем в пакеті МАТЛАБ.

При самостійній роботі студент повинен вивчити розділи, теми за рекомендованою літературою, зазначеною робочою програмою з навчальної дисципліни.

## МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

(надається опис методів контролю)

Система контролю якості навчання студентів включає проведення поточного контролю та підсумкового контролю у вигляді екзамену.

Поточний контроль реалізується у формі опитування, виконання індивідуального (розрахункового) завдання, проведення контрольних робіт.

Контроль складової робочої програми, яка засвоюється під час самостійної роботи студента з додатковим лекційним матеріалом, проводиться під час захисту розрахункового завдання та екзамену.

Семестровий контроль проводиться в усній формі по екзаменаційних білетах в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою та у терміни, встановлені навчальним планом.

Студент вважається допущеним до семестрового екзамену з навчальної дисципліни за умови повного відпрацювання усіх лабораторних занять, передбачених навчальною програмою.

## РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ, ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА УМІНЬ (НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS)

Таблиця 1 – Розподіл балів для оцінювання успішності студента для іспиту

Контрольні роботи	Лабораторні роботи	РЗ	Іспит	Сума
20	30	30	20	100

### **Критерії та система оцінювання знань та вмінь студентів.**

Згідно основних положень ЄКТС, під **системою оцінювання** слід розуміти сукупність методів (письмові, усні і практичні тести, екзамени, проекти, тощо), що використовуються при оцінюванні досягнень особами, що навчаються, очікуваних результатів навчання.

Успішне оцінювання результатів навчання є передумовою присвоєння кредитів особі, що навчається. Тому твердження про результати вивчення компонентів програм завжди повинні супроводжуватися зрозумілими та відповідними **критеріями оцінювання** для присвоєння кредитів. Це дає можливість стверджувати, чи отримала особа, що навчається, необхідні знання, розуміння, компетенції.

**Критерії оцінювання** – це описи того, що як очікується, має зробити особа, яка навчається, щоб продемонструвати досягнення результату навчання.

Основними концептуальними положеннями системи оцінювання знань та вмінь студентів є:

1. Підвищення якості підготовки і конкурентоспроможності фахівців за рахунок стимулювання самостійної та систематичної роботи студентів протягом навчального семестру, встановлення постійного зворотного зв'язку викладачів з кожним студентом та своєчасного коригування його навчальної діяльності.

2. Підвищення об'єктивності оцінювання знань студентів відбувається за рахунок контролю протягом семестру із використанням 100 бальної шкали (табл. 2). Оцінки обов'язково переводять у національну шкалу (з виставленням державної семестрової оцінки „відмінно”, „добре”, „задовільно” чи „незадовільно”) та у шкалу ECTS (A, B, C, D, E, FX, F) (табл. 3).

Таблиця 2 – Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ECTS

Рейтингова Оцінка, бали	Оцінка ECTS та її визначення	Національна оцінка	Критерії оцінювання	
			позитивні	негативні
1	2	3	4	5
90-100	A	Відмінно	- <b>Глибоке знання</b> навчального матеріалу модуля, що містяться в <b>основних і додаткових літературних джерелах</b> ; - <b>вміння аналізувати</b> явища, які вивчаються, в їхньому взаємозв'язку і розвитку; - <b>вміння проводити теоретичні розрахунки</b> ; - <b>відповіді</b> на запитання <b>чіткі, лаконічні, логічно послідовні</b> ; - <b>вміння вирішувати складні практичні задачі.</b>	Відповіді на запитання можуть містити <b>незначні неточності</b>
			- <b>Глибокий рівень знань в</b>	Відповіді на

82-89	В	Добре	обсязі <b>обов'язкового матеріалу</b> , що передбачений модулем; - вміння давати <b>аргументовані відповіді</b> на запитання і проводити <b>теоретичні розрахунки</b> ; - вміння вирішувати <b>складні практичні задачі</b> .	запитання містять <b>певні неточності</b> ;
75-81	С	Добре	- <b>Міцні знання</b> матеріалу, що вивчається, та його <b>практичного застосування</b> ; - вміння давати <b>аргументовані відповіді</b> на запитання і проводити <b>теоретичні розрахунки</b> ; - вміння вирішувати <b>практичні задачі</b> .	- невміння використовувати теоретичні знання для вирішення <b>складних практичних задач</b> .
64-74	Д	Задовільно	- Знання <b>основних фундаментальних положень</b> матеріалу, що вивчається, та їх <b>практичного застосування</b> ; - вміння вирішувати прості <b>практичні задачі</b> .	Невміння давати <b>аргументовані відповіді</b> на запитання; - невміння <b>аналізувати</b> викладений матеріал і <b>виконувати розрахунки</b> ; - невміння вирішувати <b>складні практичні задачі</b> .
60-63	Е	Задовільно	- Знання <b>основних фундаментальних положень</b> матеріалу модуля, - вміння вирішувати найпростіші <b>практичні задачі</b> .	Незнання <b>окремих (непринципових) питань</b> з матеріалу модуля; - невміння <b>послідовно і аргументовано</b> висловлювати думку; - невміння застосовувати теоретичні положення при розв'язанні <b>практичних задач</b>

35-59	FX (потрібне додаткове вивчення)	Незадовільно	Додаткове вивчення матеріалу модуля може бути виконане в терміни, що передбачені навчальним планом.	Незнання <b>основних фундаментальних положень</b> навчального матеріалу модуля; - <b>істотні помилки</b> у відповідях на запитання; - невміння розв'язувати <b>прості практичні задачі.</b>
1-34	F (потрібне повторне вивчення)	Незадовільно	-	- Повна <b>відсутність знань</b> значної частини навчального матеріалу модуля; - <b>істотні помилки</b> у відповідях на запитання; - незнання основних фундаментальних положень; - невміння орієнтуватися під час розв'язання <b>простих практичних задач</b>

Таблиця 3. Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 ... 100	A	відмінно
82 ... 89	B	добре
75 ... 81	C	
64 ... 74	D	задовільно
60 ... 63	E	
35 ... 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0 ... 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(надається перелік складових навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни та посилання на сайт, де вони розташовані)

Навчально-методичне забезпечення навчальної дисципліни включає:

- текст лекцій;
- методичні вказівки до лабораторних занять;
- методичні вказівки для виконання розрахункового завдання;
- питання для поточного модульного контролю;
- питання для підсумкового контролю знань студентів у формі екзамену.

Складові навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни розташовані на сайті кафедри АЕМС:

<http://web.kpi.kharkov.ua/aems/uk/complecs-uk/>

### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

#### Базова література

- 1 Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Д.Й.Родькін, Сисюк Г.Ю., Садовой О.В.– Кременчук, 2001.
- 2 Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник / О. І. Толочко. – Київ, НТУУ «КПІ», 2016. – 150 с.
- 3 Шинкаренко, В. Ф. Моделювання електромеханічних систем [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електричні машини і апарати» / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 253 с.
- 4 Моделювання електромеханічних процесів і систем: Навч. посіб. / О.В. Данілін, В.М. Чермалих, П.В. Розен. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 52 с.
- 5 Кириленко О.В., Сегеда М.С., Буткевич О.Ф., Мазур Т.А. Математичне моделювання в електроенергетиці: Підручник / – Львів: 2-е видання. Вид-во нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2013. – 608 с.
- 6 Лозинський А.О., Мороз В.І., Паранчук Я.С. Розв'язання задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 166 с.
- 7 Використання пакета MATLAB–Simulink для моделювання динамічних систем та пристроїв: Метод. вказівки до виконання лабораторних, розрахунково-графічних робіт, курсового та дипломного проектування для студ. спец. 7.092203 – «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» і 7.092204 – «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» / Укладачі: О.В. Чермалих, О.В. Данілін, В.В. Кузнецов. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2004. – 72 с.



### Допоміжна література

- 7 Krause P., Wasynczuk O., Sudhoff S. Analysis of electric machinery and drive systems. IEEE Press, 2002, 613 p
- 8 I . Boldea , S . Nasar Electric drives . Taylor & Francis , 2006, 522 p

### **ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ**

[https://drive.google.com/open?id=0B5btBNUO\\_z68NC1OaVQxU2U3UjA](https://drive.google.com/open?id=0B5btBNUO_z68NC1OaVQxU2U3UjA)