

**Криворізький національний університет**  
**Кафедра автоматизованих електромеханічних систем**  
**в промисловості та транспорті**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**



Проректор з науково-педагогічної та  
навчальної роботи

В. А. Чубаров

2020 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«Моделювання енергоефективних систем керування тяговими комплексами»**

спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

освітньо-професійна програма «Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів»

факультет: електротехнічний

Форма навчання	Курс	Семестр	Разом годин за планом	Кількість кредитів ECTS	Разом аудит. (год)	Аудиторних годин, (у тому числі КЗ)			Самостійна робота (год)	Курсове проектування (год)	Контрольні (модульні роботи)	Контрольний підсумок (семестр)	
						Лекції	Лабораторні	Практичні заняття				Екзамен	Залік
Денна	1	2	90	3,0	36	18	-	18	54	-	-	-	так

Кривий Ріг  
2020 р.

Робочу програму навчальної дисципліни «Моделювання енергоефективних систем керування тяговими комплексами» для здобувачів освітнього рівня магістр за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка ОПП «Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів» розроблено згідно з навчальних планів підготовки магістрантів денної форми навчання 2020 р.

Розробник: Сьомочкин А.Б., к.т.н., доцент кафедри автоматизованих електромеханічних системи в промисловості та транспорті.


Робоча програма затверджена на засіданні кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

Протокол № 1 від "26" серпня 2020 р.

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

Схвалено Вченою радою електротехнічного факультету

Протокол № 1 від "31" серпня 2020 р.

Голова ради ЕТФ  к.т.н. Федотов В.О.  
(підпис)

Схвалено групою забезпечення ОПП

Протокол № 1 від "26" серпня 2020 р.

Гарант ОПП  к.т.н. Федотов В.О.

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна	Заочна
1	2	3	4
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: <u>14</u> <u>Електрична інженерія</u>	Вибіркова дисципліна	
Модулів – 1	Спеціальність : <u>141 Електроенергетика,</u> <u>електротехніка та</u> <u>електромеханіка</u>	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		1-й	
		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 90		2-й	
		<b>Лекції</b>	
		18 год.	
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		18 год.	
		<b>Лабораторні</b>	
		–	
		<b>Самостійна робота</b>	
		54 год.	
		<b>Індивідуальне завдання</b>	
		-	
		<b>Вид контролю</b>	
		залік	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 3	Ступінь вищої освіти <u>магістр</u>		

### Примітка.

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

для денної форми навчання – 36/54 - 67%;

## Мета та завдання навчальної дисципліни

*Метою* вивчення дисципліни «**Моделювання енергоефективних систем керування тяговими комплексами**» є вивчення методів енергозбереження та розробка та дослідження за допомогою математичних моделей способів їх застосування в системах керування тяговими комплексами.

До *завдань* вивчення дисципліни входить придбання теоретичних та практичних навичок, які дають змогу визначати виробничі питання стосовно енергоефективних систем керування тяговими комплексами.

У результаті вивчення дисципліни «Моделювання енергоефективних систем керування тяговими комплексами» студент повинен:

*Знати:*

- Моделювання сучасних систем регульованих електроприводів та їх енергетичні показники;
- енергетично вигідні способи та системи керування тяговими комплексами.

*Вміти:*

- визначати шляхи зниження енергоспоживання в регульованих електроприводах при роботі в сталих і перехідних режимах
- визначати та моделювати енергетично вигідний режим роботи установок при належному технологічному процесі;
- вирішувати завдання підвищення енергоефективності;
- визначати ефективність введення енергозберігаючих засобів за допомогою моделювання.

Види занять з дисципліни: лекції, практичні роботи, самостійна робота.

## Дисципліна спрямована на формування інтегральної компетентності

**ІК.** Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у галузі професійної діяльності з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки та у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

### загальних компетентностей:

**К06.** Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.

**К09.** Здатність спілкуватися та публікувати результати наукових досліджень іноземною мовою

**К10.** Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

**спеціальних (фахових) компетентностей:**

**К11.** Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач.

**К13.** Здатність планувати, організовувати та проводити дослідження.

**К16.** Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів.

**К19.** Здатність виконувати синтез та аналіз систем керування тяговими електроприводами постійного та змінного струму.

**К24.** Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів систем

**та програмних результатів навчання:**

**РН02.** Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

**РН03.** Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

**РН05.** Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

**РН19.** Виконувати дослідження для вирішення науково-дослідницьких та промислових завдань для електромеханічних та електротехнічних комплексів і систем транспортних засобів з використанням сучасної апаратури та методів дослідження.

## 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
Дана дисципліна базується на знаннях, отриманих здобувачами при вивченні дисциплін «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів», «Системи керування тяговими електроприводами» «Системи накопичення електричної енергії», «Гібридні структури електромеханічних тягових систем»	При подальшому навчанні магістри проходять науково-дослідну практику, виконують магістерську випускову роботу та складають державний іспит

## 2. Програма навчальної дисципліни

### *Змістовий модуль 1.*

#### **Моделювання енергоефективних систем регулювання ТК-1**

##### ***Тема 1. Основні поняття моделювання [1]***

Суть моделювання. Поняття моделювання. Методи моделювання. Класифікація моделей. Моделі мікро рівня. Моделі макро рівня. Моделі мета рівня. Компонентні рівняння. Топологічні рівняння. Вимоги, що пред'являються до математичних моделей. Адекватність. Універсальність. Економічність. Форми подання динамічних об'єктів.

##### ***Тема 2. Моделювання на аналогових обчислювальних машинах [1, 2]***

Загальна методика рішення задач на АОМ. Принципи аналогового моделювання. Одновходовий підсилювач з активним опором в ланці зворотного зв'язку. Багатовходовий підсилювач з активним опором в ланці зворотного зв'язку. Підсилювач з конденсатором в ланці зворотного зв'язку. Підсилювач з конденсатором у вхідному ланцюзі. Аперіодична ланка. Попередній аналіз рішення задачі та способи приведення рівнянь до виду, зручному для вирішення на АОМ. Точність та погрішність отриманих на АОМ рішень.

##### ***Тема 3. Моделювання на цифрових обчислювальних машинах [1, 2]***

Чисельні методи рішення диференційних рівнянь на ЦОМ. Типовий алгоритм та структура програми для рішення СДУ. Нормування систем диференційних рівнянь. Рекомендації з вибору кроку інтегрування

##### ***Тема 4. Математичне моделювання машин постійного струму [1]***

Загальні положення і припущення. Математичне моделювання ДПС. Моделювання ДПС при регулюванні магнітного потоку. Моделювання ГПС. Моделювання системи Г-Д.

## *Змістовий модуль 2.*

### **Моделювання енергоефективних систем регулювання ТК-2**

**Тема 5.** Моделювання ТП-Д з цифровим підлеглим керуванням [1, 3, 4, 5]

Структурна схема системи підлеглого керування. Математичний опис П-регулятора та ІІ-регулятора. Принципова схема ІІ-регулятора. Регулятор з урахуванням насичення. Приклад моделювання електроприводу постійного струму

**Тема 6.** Моделювання ТП-Д з модальним керуванням [1, 6]

Суть модального керування. Характеристичне рівняння системи автоматичного керування ЕП. Стандартні характеристичні поліноми. Переваги модального керування. Алгоритм синтезу модальних регуляторів. Приклад моделювання системи ТП-Д з модальним регулюванням.

**Тема 7.** Моделювання асинхронно-вентильного каскаду (АВК) [1, 3, 5]

Принципова схема та принцип роботи АВК. Структурна схема АВК. Електромеханічний машинно-вентильний каскад. Асинхронно-вентильний каскад. Загальні співвідношення. Поліпшення енергетичних показників в асинхронно-вентильному каскаді. Переваги та недоліки асинхронно-вентильного каскада.

**Тема 8.** Моделювання вентильно-індукторного двигуну [7]

Структурна схема вентильно-індукторного двигуну. Особливості конструкції індукторної машини. Алгоритми комутації фаз вентильно-індукторного двигуну. Рівняння комутаційної функції ВІД. Рівняння вентильного комутатора Рівняння фазних струмів. Криві фазного струму індукторної машини. Галузі застосування ВІД. Переваги та недоліки ВІД.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів	Кількість годин											
	Денна						Заочна					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п.р.:	лаб.	Інд.	С. р.		л	п.р.:	лаб.	Інд.	С. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Заліковий модуль 1</b>												
<b>Змістовий модуль 1</b> Моделювання енергоефективних систем регулювання ТК-1												
<b>Тема 1.</b>	12	2	3	–	–	7						
<b>Тема 2.</b>	11	2	2	–	–	7						
<b>Тема 3.</b>	11	2	2	–	–	7						
<b>Тема 4.</b>	11	3	2	–	–	6						
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	45	9	9	–	–	27						
<b>Змістовий модуль 2</b> Моделювання енергоефективних систем регулювання ТК-2												
<b>Тема 5.</b>	12	2	3	–	–	7						
<b>Тема 6.</b>	11	2	2	–	–	7						
<b>Тема 7.</b>	11	2	2	–	–	7						
<b>Тема 8.</b>	11	3	2	–	–	6						
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	45	9	9	–	–	27						
<b>Усього годин</b>	90	18	18	–	–	54						

#### 5. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом.

#### 6. Теми практичних занять

Практичні роботи студенти виконують самостійно і захищають в бесіді з викладачем. Нижче наведені теми практичних занять для усіх форм навчання

N п/п	Тема	Кол-во годин
1	Порівняльний аналіз енергетичних показників 6-ти та 12-пульсних схем систем ТП-Д	2
2	Порівняльний аналіз енергетичних показників систем ЕП ШП-Д та ТП-Д	2
3	Аналіз способів компенсації реактивної потужності в асинхронних та синхронних електроприводах	2
4	Порівняльний аналіз енергетичних показників при різних способах керування системою ПЧ-АД	2
5	Моделювання системи АВК	2



6	Моделювання ТП-Д з загальним суматором	2
7	Моделювання ТП-Д з підлеглим регулюванням	2
8	Моделювання ТП-Д з модальним керуванням	2
9	Моделювання системи ТРН-АД	2
	<b>Усього:</b>	<b>18</b>

## 7. Теми лабораторних занять

Не передбачено навчальним планом

## 8. Самостійна робота

Організація і контроль самостійної роботи студентів 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 студентів на одному з перших занять семестру.

Вивчення студентами дисципліни «Моделювання енергоефективних систем керування тяговими комплексами» у позааудиторний час складається з повторення та засвоєння теорії по підручникам та конспекту. Ця робота повинна виконуватися систематично, безпосередньо за лекціями. 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.

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна
1	Розрахунок параметрів АД за даними каталогу	6
2	Лінеаризована модель АД. Моделювання АД у 3-фазній системі координат	6
3	Метод зображуючих векторів	6
4	Рівняння АД в ортогональній системі координат	6
5	Система відносних одиниць АД	6
6	Математична модель АД в осях “ $\alpha, \beta, 0$ ”	6
7	Лінеаризована модель синхронного двигуна	6
8	Моделювання тиристорних перетворювачів методом перемикаючих функцій	6
9	Моделювання тиристорних перетворювачів методом змінних опорів	6
	<b>Разом</b>	<b>54</b>

## 9. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

## 10. Методи навчання

У процесі викладання дисципліни «Моделювання енергоефективних систем керування тяговими комплексами» використовуються різні методи та форми викладання і навчання.

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – робота по вирішенню різних задач та завдань.

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 «Моделювання енергоефективних систем керування тяговими комплексами» є лекції. У процесі засвоєння матеріалу надзвичайно важливо засвоїти не тільки кінцеві результати у вигляді розрахункових формул та методів, а й забезпечити формування електротехнічного мислення, розуміння алгоритму функціонування.

Важливу роль при вивченні дисципліни відіграють практичні заняття. На практичних заняттях студенти під керівництвом викладача разом вирішують різні завдання, набувають практичних навичок роботи з моделювання тягового електроприводу електричного транспорту.

У процесі індивідуального захисту практичних робіт кожен студент 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 контролю

Основними формами контролю якості навчання є поточний і підсумковий контроль. Семестровий курс дисципліни розбито на 2 змістових модулі. Кожен модуль має ряд поточних контрольних заходів і закінчується підсумковим модульним контролем, обов'язковим для студента.

За кожен вид поточного і модульного контролю студент отримує бали, які підсумуються в межах модуля і виступатимуть надалі складовою загальної бальної оцінки за всі модулі дисципліни. Одержання студентом необхідної прохідної

бальної оцінки за кожний з двох змістових модулів є обов'язковою умовою зарахування йому вивчення дисципліни. Підвищення рейтингового балу (та оцінки за національною шкалою) в кінці семестру студентом за рахунок додаткового опитування за матеріалом дисципліни або якимсь іншим способом не припускається. Залік як форма семестрового контролю виступає як підведення підсумків виконаної студентом за семестр навчальної роботи.

*Поточний контроль* здійснюється під час проведення практичних занять і має за мету перевірку якості засвоєння матеріалу студентами та зарахування змістових модулів навчальної дисципліни.

*Модульний контроль* здійснюється в кінці змістових модулів. Його здійснює викладач лекційних занять. При оцінюванні модулів враховується поточний контроль якості засвоєння.

Підсумкова оцінка з модулів виставляється в кінці 18-го тижня навчання та складається з суми оцінок за кожний складовий змістовий модуль.

До складання заліку студенти допускаються за умов виконання та захисту усіх практичних робіт згідно з робочим планом курсу. Мінімальний поріг зарахування студентів заліку з дисципліни є отримання не менше 50% від максимально можливого значення кількості балів за всіма складовими змістових модулів. Кінцева оцінка з кожного залікового модуля виставляється у відповідності зі шкалою оцінювання: національна (п'ятибальна оцінка)/оцінка за ECTS/сумарна кількість балів.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

Розподіл балів між змістовими модулями та їх складовими зведені до таблиць.

Підсумковий (семестровий) контроль здійснюється за результатами роботи студента з дисципліни та оцінюються балами згідно таблиці розподілу балів.

Поточне оцінювання																		Сума балів		
Лекції																				
Змістовий модуль 1									Змістовий модуль 2											
Відвідування лекцій, поточний контроль								МК1	Відвідування лекцій, поточний контроль								МК2			
T1		T2		T3		T4			T5	T10		T12		T14		T16				
2		2		2		2		2	17		2		2		2		2	17	52	
Відвідування практичних занять									KP1	Відвідування практичних занять								KP2		
	П1		П2		П3		П4			П5		П6		П7		П8			П9	
	2		2		2		2		15	2		2		2		2		2	15	48
Семестрове оцінювання																				
Залік																		0		
Максимальна загальна сума балів:																		100		

практичних занять; МК1,МК2 – модульні контрольні роботи; KP1,KP2 – контрольні роботи.

Більш детально розподіл балів за кожен складову навчального процесу йде наступним чином: за виконання кредитно-модульної роботи:

Складові оцінювання	Розподіл балів	
	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2
Якість оформлення модульної контрольної	до 3	до 3
Повнота розкриття питань КМР	до 4	до 4
Вірна послідовність викладання матеріалу	до 3	до 3
Повне відображення усіх схем та рисунків, та формул	до 4	до 4
Культура мови	до 3	до 3
<b>Разом</b>	до 17	до 17

За виконання практичної контрольної роботи:

Складові оцінювання	Розподіл балів	
	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2
Якість оформлення контрольної	до 5	до 5
Правильність вирішення КР	до 5	до 5
Культура мови	до 5	до 5
<b>Разом</b>	до 15	до 15

При поточному контролі на лекціях максимальна кількість балів – 2 бали.  
Розподіл балів на лекції:

Вид робіт	Бали
Присутність на лекційному занятті	1
Якість засвоєння матеріалу (визначається при опитуванні)	1
<b>Разом</b>	2

Розподіл максимальної кількості балів при захисті практичних робіт наведена у таблиці (на одну практичну роботу):

Вид робіт	Денна форма
Якість виконання звіту з практичної роботи	1
Якість підготовки та захисту звіту з практичної роботи	1
Всього:	2

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	A	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з	90-100

		незначними помилками	
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, навичок

### Змістовий модуль №1

1. Суть моделювання.
2. Поняття моделювання.
3. Методи моделювання.
4. Класифікація моделей.
5. Моделі мікро рівня.
6. Моделі макро рівня.
7. Моделі мета рівня.
8. Компонентні рівняння.
9. Топологічні рівняння.
10. Вимоги, що пред'являються до математичних моделей.
11. Адекватність. Універсальність. Економічність.
12. Форми подання динамічних об'єктів.
13. Загальна методика рішення задач на АОМ.
14. Принципи аналогового моделювання.
15. Одноходовий підсилювач з активним опором в ланці зворотного зв'язку.
16. Багатовходовий підсилювач з активним опором в ланці зворотного зв'язку.
17. Підсилювач з конденсатором в ланці зворотного зв'язку.
18. Підсилювач з конденсатором у входному ланцюзі.
19. Аперіодична ланка.

20. Попередній аналіз рішення задачі та способи приведення рівнянь до виду, зручному для вирішення на АОМ.
21. Точність та погрішність отриманих на АОМ рішень.
22. Чисельні методи рішення диференціальних рівнянь на ЦОМ.
23. Типовий алгоритм та структура програми для рішення СДУ.
24. Нормування систем диференціальних рівнянь. Рекомендації з вибору кроку інтегрування
25. Загальні положення і припущення.
26. Математичне моделювання ДПС.
27. Моделювання ДПС при регулюванні магнітного потоку.
28. Моделювання ГПС.
29. Моделювання системи Г-Д.

### *Змістовий модуль №2*

30. Структурна схема системи підлеглого керування.
31. Математичний опис П-регулятора та ПІ-регулятора.
32. Принципова схема ПІ-регулятора.
33. Регулятор з урахуванням насичення.
34. Приклад моделювання електроприводу постійного струму
35. Суть модального керування.
36. Характеристичне рівняння системи автоматичного керування ЕП.
37. Стандартні характеристичні поліноми.
38. Переваги модального керування.
39. Алгоритм синтезу модальних регуляторів.
40. Приклад моделювання системи ТП-Д з модальним регулюванням.
41. Принципова схема та принцип роботи АВК.
42. Структурна схема АВК.
43. Електромеханічний машинно-вентильний каскад.
44. Асинхронно-вентильний каскад.
45. Загальні співвідношення.
46. Поліпшення енергетичних показників в асинхронно-вентильному каскаді.
47. Переваги та недоліки асинхронно-вентильного каскада.

48. Структурна схема вентиляно-індукторного двигуна.
49. Особливості конструкції індукторної машини.
50. Алгоритми комутації фаз вентиляно-індукторного двигуна.
51. Рівняння комутаційної функції ВІД.
52. Рівняння вентиляного комутатора
53. Рівняння фазних струмів.
54. Криві фазного струму індукторної машини.
55. Галузі застосування ВІД.
56. Переваги та недоліки ВІД.

### **13. Методичне забезпечення**

1. Методичні вказівки до проведення практичних занять за курсом «Моделювання енергоефективних систем керування тяговими комплексами» для студентів спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка з освітньо-професійною програмою " Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів» усіх форм навчання (розробив к.т.н., доц.. Сьомочкин А.Б., 2019 р.).
2. Методичні вказівки до самостійної роботи студента з дисципліни «Моделювання енергоефективних систем керування тяговими комплексами» для студентів спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка з освітньо-професійною програмою " Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів» усіх форм навчання (розробив к.т.н., доц.. Сьомочкин А.Б., 2019 р.).
3. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання енергоефективних систем керування тяговими комплексами» (розробив к.т.н., доц.. Сьомочкин А.Б., 2019 р.).

### **14. Рекомендована література**

#### **Базова**

1. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Д.Й.Родькін, Сисюк Г.Ю., Садовой О.В.– Кременчук, 2001. – 410 с.
2. Ажогин, Виталий Васильевич. Моделирование на цифровых, аналоговых и гибридных ЭВМ [Текст] : учебное пособие / В. В. Ажогин, М. З. Згуровский ; общ. ред. В. И. Костюк. - Киев : Вища шк., 1983. - 279 с. : ил.
3. Чиликин М, Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. — 6-изд, доп. И перераб. —М.: Энергоиздат, 1981. — 576 с. Моделирование на цифровых, аналоговых и гибридных ЭВМ. Ажогин В.В., Згуровский М.З. Киев:

- Вища школа. Головное изд-во, 1983. 280 с.
4. Моделирование цифрового электропривода постоянного тока в Simulink Асп. Козачек Г.В. Кафедра электропривода и автоматики. Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)
  5. Автоматизированный электропривод промышленных установок. Онищенко Г.Б., Аксенов М.И., Грехов В.П., Зарицкий М.Н., Куприков А.В., Нитиевская А.И. Под общей редакцией Г. Б. Онищенко. М.: РАСНХ, 2001. – 520 с.
  6. В.В. Григорьев, Н.В. Журавлёва, Г.В. Лукьянова, К.А. Сергеев Синтез систем автоматического управления методом модального управления. — С-Пб: СПбГУ ИТМО, 2007. — 108 с. ил.
  7. Вентильные индукторно-реактивные двигатели / Ю.А. Голландцев. – СПб.: ГНЦ РФ – ЦНИИ «Электроприбор», 2003. – 148 с.

#### **Допоміжна**

8. Важнов А.И. Переходные процессы в машинах переменного тока. - Л.:Энергия, 1980. - 256с.
9. Бернас С., Цек З. Математические модели элементов электроэнергетических систем: Пер. с польск.- М.: Энергоиздат, 1982.-312с.
10. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах: Учеб. для электроэнергет. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 536 с.
11. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0: Учебное пособие. СПб.: КОРОНА принт, 2001. 320 с., ил.
12. Михайлов В.С. Теория управления. К.: Вища шк. Головное изд-во, 1988. – 312 с.



## 15. Доповнення та зміни до робочої програми

№ п/п	Дата внесення змін	Зміст змін та 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)

## Робочий план з дисципліни «Моделювання енергоефективних систем керування тяговими комплексами»

(денна форма навчання)

## Семестр 2

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	17	18	
Лекційні заняття	18		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК	
Лабораторні																				
Практичні	18	2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		
Самостійна робота	54	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Індивідуальна робота																				
Проміжні форми контрольних заходів										КМР									КМР	
Всього годин/кредитів	90/3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	Залік

Позначки: ПК – поточний контроль; РГР – розрахунково-графічна робота; КМР – контрольна модульна робота.