

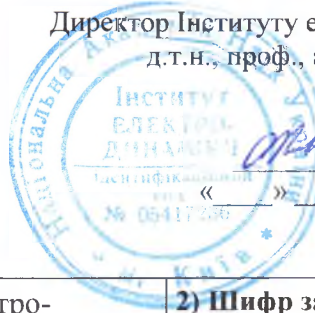
141	Моделювання електромагнітних процесів в електротехніці	Сторінка 1 з 6
-----	--	----------------

Силабус

По вивченню дисципліни «Моделювання електромагнітних процесів в електротехніці» для аспірантів, спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», Інститут електродинаміки НАН України

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту електродинаміки НАН України
д.т.н., проф., академік НАН України



О. В. Кириленко

20 р.

1) Назва дисципліни: Моделювання електромагнітних процесів в електротехніці		2) Шифр за ОПП: НЗК-3		
3) Карта дисципліни дійсна протягом навчального року: 2020/2021				
4) Освітній рівень: третій рівень вищої освіти (доктор філософії)				
5) Форма навчання: денна, заочна				
6) Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»				
7) Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»				
8) Компонента спеціальності: нормативна				
9) Семестр: 2				
10) Цикл дисципліни: дисципліна загальної підготовки				
11) Викладачі (розробники карти): докт. техн. наук Подольцев О.Д.				
12) Мова навчання: українська				
13) Необхідні ввідні дисципліни: «Вища математика», «Загальна фізика», «Основи метрології та електричних вимірювань», «Обчислювальна техніка та програмування», «Електротехнічні матеріали», «Теоретичні основи електротехніки».				
14) Мета курсу: Метою дисципліни є здобуття аспірантами основ знань з моделювання електротехнічних та електромеханічних систем із використанням сучасних комп'ютерних програм.				
15) Результати навчання:				
№	Програмний результат навчання	Метод перевірки навчального ефекту	Форма проведення занять	Посилання на програмні компетентності
1	ПР01. Розуміти загальнонаукову філософську концепцію наукового світогляду, роль науки, пояснювати її вплив на суспільні процеси.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K01 K02
2	ПР02. Грамотно застосовувати державну мову як усно, так і письмово, для здійснення професійної діяльності.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K02 K09 K11

3	ПР03. Володіти іноземною мовою, включаючи спеціальну термінологію, для представлення та обговорення наукових результатів англійською або однією з мов країн Європейського Союзу в усній та письмовій формах, а також вести наукову дискусію.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K02 K09 K13
4	ПР04. Знати і розуміти сучасні методи ведення науково-дослідних робіт, організації та планування експерименту, комп'ютеризованих методів дослідження та опрацювання результатів вимірювань.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K02
5	ПР05. Знати і розуміти основні поняття теорії вимірювань, їх застосування на практиці та при комп'ютерному моделюванні об'єктів та явищ.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K02
6	ПР06. Уміти прогнозувати тенденції розвитку в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K01 K02
7	ПР07. Уміти виконувати аналіз інженерних продуктів, процесів і систем за встановленими критеріями, обирати і застосовувати найбільш придатні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи для проведення досліджень, інтерпретувати результати досліджень.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K01 K02 K06
8	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).	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K01 K02
9	ПР10. Уміти проектувати і розробляти інженерні продукти, процеси та системи	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K02
10	ПР12. Володіти сучасними методами та розробленими методиками проектування і дослідження, а також аналізу отриманих результатів.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K01
11	ПР13. Уміти організовувати і проводити технічні випробування інженерних продуктів.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K02
12	ПР14. Уміти оцінювати вплив підприємств електроенергетики, електротехніки та електромеханіки на навколишнє середовище та безпеку життєдіяльності людини.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K02

13	ПР15. Володіти сучасними методами теоретичних та експериментальних досліджень з оцінювання точності отриманих результатів вимірювань.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K02
14	ПР17. Володіти основами патентознавства та захисту інтелектуальної власності.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K01 K02
15	ПР18. Уміти дотримуватися принципів професійної етики та академічної доброчесності.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K06
16	ПР19. Уміти організувати спільну роботу з фахівцями з різних галузей в рамках наукових проектів.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K06
17	ПР20. Уміти формулювати основні психолого-педагогічні принципи та уміти викладати професійно-орієнтовані дисципліни з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K01
18	ПР21. Уміти аналізувати предметну область, формалізувати завдання керування та розділяти глобальну задачу на складові.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K01 K02
19	ПР22. Уміти розробляти техніко-економічне обґрунтування проектів з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки та оцінювати економічну ефективність їх впровадження.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K05

16) Форми занять та їх тривалість (кількість годин)

Лекція	Практичне заняття	Лабораторні заняття	Курсовий проект/ курсова робота РГР/Контрольна робота	Самостійні робота аспіранта
72	36	-	Контрольна робота	72

Зміст: (окремо для кожної форми занять – Л/Пр/Лаб/ КР/СР)

Лекція:

1. Загальна характеристика моделей електротехнічних систем.
2. Основні закони теорії електричних кіл як моделей електротехнічних пристроїв.
3. Багатополюсні елементи та їх основні властивості.
4. Теорема Теледжена та поняття квазіпотужності.
5. Теорема Теледжена для кола із багатополюсними елементами.
6. Теорема компенсації та її використання для побудови нелінійних моделей електротехнічних пристроїв.
7. Теорема компенсації для багатополюсних елементів.
8. Побудова комп'ютерної моделі акумуляторної батареї.
9. Побудова комп'ютерної моделі високовольтної кабельної лінії.
10. Загальна характеристика електромеханічних систем та підходи щодо моделювання електричних та механічних процесів.
11. Математичне моделювання електромеханічних процесів у двигунах постійного струму.
12. Математичне моделювання електромеханічних процесів у асинхронних машинах.
13. Математичне моделювання електромеханічних процесів у синхронних машинах.

14. Математичне моделювання електромеханічних процесів у машинах з постійними магнітами.
15. Загальні положення теорії мультифізичних кіл.
16. Моделювання магнітних та теплових процесів за допомогою побудови еквівалентних кіл.
17. Моделювання механічних кіл (лінійний рух).
18. Моделювання механічних кіл (обертальний рух).
19. Пов'язані в рамках однієї моделі коли різної фізичної природи – мультифізичні кола.
20. Основні закони мультифізичних кіл.
21. Використання пакету програм Matlab/Simulink для моделювання електротехнічних пристроїв.
22. Базові електротехнічні елементи пакету SimPowerSystems.
23. Базові електротехнічні елементи пакету Simscape.
24. Загальні підходи щодо побудови Simulink –моделей електротехнічних пристроїв.
25. Елементи теорії електромагнітного поля.
26. Електростатика та приклади електростатичних польових задач.
27. Магнітостатика та приклади магнітостатичних польових задач.
28. Квазістаціонарні електромагнітні поля.
29. Пакет програм COMSOL як сучасний інструмент для моделювання електротехнічних пристроїв. Будова пакету та основні його можливості при вирішенні польових задач в електротехніці.
30. Основні етапи моделювання при використанні пакету COMSOL.
31. Розрахунок електричного поля повітряної лінії електропередачі.
32. Розрахунок магнітного поля підземної кабельної лінії електропередачі.
33. Використання різних типів екранів для зниження рівня зовнішнього електромагнітного поля.
34. Розрахунок магнітного поля двигуна із постійними магнітами.
35. Розрахунок електромагнітного поля асинхронного двигуна.
36. Порівняльний аналіз моделей, побудованих на основі теорії електричних кіл та теорії електромагнітного поля.

Практичні заняття:

1. Використання пакету програм Matlab/Simulink для моделювання електротехнічних пристроїв.
2. Базові електротехнічні елементи пакету SimPowerSystems
3. Базові електротехнічні елементи пакету Simscape
4. Складання електричного кола в пакеті SimPowerSystems та розрахунок перехідних та ustalених режимів роботи.
5. Розрахунок пускових характеристик асинхронного двигуна за допомогою пакету Matlab/Simulink.
6. Розрахунок пускових характеристик синхронного двигуна за допомогою пакету Matlab/Simulink.
7. Розрахунок пускових характеристик двигуна з постійними магнітами за допомогою пакету Matlab/Simulink.
8. Розрахунок пускових характеристик вентильно-реактивного двигуна за допомогою пакету Matlab/Simulink.
9. Побудова комп'ютерної моделі акумуляторної батареї в пакеті SimPowerSystems
10. Побудова комп'ютерної моделі високовольтної кабельної лінії в пакеті SimPowerSystems
11. Побудова мультифізичної моделі електротехнологічної установки в пакеті SimPowerSystems
12. Структура та можливості пакету програм COMSOL для розрахунку польових задач в електротехніці
13. Розрахунок польової задачі електростатики за допомогою пакету програм COMSOL
14. Розрахунок електричного поля повітряної лінії за допомогою пакету програм COMSOL
15. Розрахунок польової задачі магнітостатики за допомогою пакету програм COMSOL
16. Розрахунок магнітного поля постійних магнітів за допомогою пакету програм COMSOL
17. Побудова польових моделей електричних машин. Визначення та дослідження їх інтегральних характеристик
18. Визначення параметрів заступної схеми електричної машини за результатами її польового аналізу.

Контрольна робота.

Самостійна робота аспіранта:

1. Побудова моделей на основі теорії електричних кіл.

2. Побудова моделей на основі теорії електромагнітного поля.
3. Поняття мультифізичної моделі.
4. Перший та другий закони Кірхгофа та їх різні формулювання. Теорема Тевеніна та Нортон.
5. Поняття двополюсного та багатопольного елемента електричного кола. Рівняння стану цих елементів.
6. Формулювання теореми Теледжена та її доказ для кола із двополюсними елементами.
7. Формулювання теореми Теледжена та її доказ для кола із багатопольсними елементами.
8. Формулювання теореми компенсації та її доказ для кола із двополюсними елементами.
9. Формулювання теореми компенсації та її доказ для кола із багатопольсними елементами.
10. Розгляд фізичної моделі акумуляторної батареї та побудова для неї ієрархії еквівалентних моделей.
11. Побудова математичної моделі двохцепної високовольтної кабельної лінії.
12. Побудова математичної моделі типової електромеханічної системи.
12. Побудова математичної моделі двигуна постійного струму.
13. Побудова математичної моделі асинхронної машини.
14. Побудова математичної моделі синхронної машини.
15. Побудова математичної моделі синхронної машини із постійними магнітами.
16. Поняття мультифізичне коло. Основні закони для мультифізичного кола.
17. Правила побудови магнітного кола. Врахування нелінійних властивостей магнітопровода.
18. Правила побудови еквівалентного теплового кола.
19. Правила побудови еквівалентного механічного кола – лінійний рух.
20. Правила побудови еквівалентного механічного кола – обертальний рух.
21. Побудова мультифізичної моделі, де взаємодіють еквівалентні кола різної фізичної природи.
22. Перший та другий закони Кірхгофа, теорема Теледжена, теорема компенсації для мультифізичного кола.
23. Структура та можливості пакету програм Matlab/Simulink для комп'ютерної реалізації колових моделей однієї фізичної природи та мультифізичні моделі.
24. Знайомство з основними електротехнічними елементами та пакету SimPowerSystems та визначення їх необхідних параметрів.
25. Знайомство з основними електротехнічними елементами та пакету Simscape та визначення їх необхідних параметрів.
26. Використовуючи основні (базові) елементи пакету SimPowerSystems розглянути алгоритм побудови моделі електротехнічних пристроїв.
27. Диференціальні рівняння електромагнітного поля в часткових похідних. Граничні та початкові умови.
28. Математичні моделі, крайові умови та матеріальні рівняння в задачах електростатики.
29. Математичні моделі, крайові умови та матеріальні рівняння в задачах магнітостатики.
29. Математичні моделі, крайові умови та матеріальні рівняння в задачах розрахунку квазістаціонарного електромагнітного поля.
30. Будова пакету COMSOL та основні його можливості при вирішенні польових задач в електротехніці.
31. Алгоритм вирішення будь якої задачі в пакеті програм COMSOL.
32. Розглянути побудову геометрії, визначення фізичних параметрів та розрахунок методом скінчених елементів розподілу електричного поля повітряної лінії.
33. Розглянути побудову геометрії, визначення фізичних параметрів та розрахунок методом скінчених елементів розподілу магнітного поля підземної кабельної лінії.
34. Розглянуто побудову геометрії, визначення фізичних параметрів та розрахунок методом скінчених елементів розподілу магнітного поля підземної кабельної лінії при наявності магнітного екрану, що зменшує поле на поверхні землі до безпечного рівня.
35. Особливості побудови моделей електричних машин в програмних пакетах чисельного моделювання полів методом скінчених елементів та розрахунок магнітного поля в активній зоні двигуна із постійними магнітами.
36. Розглянути потенціальні можливості моделей двох типів – побудованих на основі теорії електричних кіл та теорії електромагнітного поля та доцільність їх використання при моделюванні електротехнічних пристроїв.

17) Іспит: Так.

18) Основна література:

1. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. М., Высшая школа, 2001, 327.
2. Чорний О.П., Толочко О.І., Тинюк В.К. Математичні моделі та особливості чисельних розрахунків динаміки електроприводів з асинхронними двигунами. Кременчук, ПП Щербатих О.В., 2016. – 300с.
3. Ткачук В. Електромеханотроніка. Львів, 2006, 440 с.
4. Островерхов М.Я., Пижов Моделювання електромеханічних систем в Simulink. Київ, 2008.
5. Дьяконов В.П., Пеньков А.А. Matlab и Simulink в электроэнергетике: Москва, Телеком, 2009, 816 с.
6. Подольцев А.Д., Кучерявая И.Н. Мультифизическое моделирование в электротехнике. Киев, Институт электродинамики, 2015, 305 с.
7. R.W.Rayor. Multiphysics Modeling using COMSOL. Bartlett publishers. 2011, 871 pp.

19) Додаткова література:

8. Krause P., Wasynczuk O., Sudhoff S. Analysis of electric machinery and drive systems. IEEE Press, 2002, 613 p.
9. I.Boldea, S.Nasar Electric drives. Taylor & Francis, 2006, 522 p
10. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab. Питер, 2008.
11. E. J.Rothwell, M.J.Cloud. Electromagnetics. CRC Press, 2000, 700 pp.

20) Робоче навантаження студента, необхідне для досягнення результатів навчання

№	Форма занять	Кількість годин аудиторні/ СРС
1.	Лекція	72/72
2.	Практичне заняття	36/0
3.	Лабораторні заняття	-
4.	КП/КР/РГР/Контр.роб.	Контрольна робота
5.	Форма контролю	залік
	Всього годин	144/36

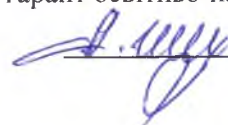
22) Сума всіх годин:	180
23) Загальна кількість кредитів ECTS	2,0
24) Кількість годин (кредитів ECTS) аудиторного навантаження:	36 (1,2)
25) Кількість необхідних годин (кредитів ECTS) СР для забезпечення аудиторного навантаження:	72 (2,4)
26) Кількість годин СР (кредитів ECTS), забезпечених навчальним планом:	72 (2,4)

27) Примітки:

Складено: д.т.н., с.н.с, Подольцев О.Д.



Затверджено:
гарант освітньо-наукової програми

 А. А. Щерба