

|     |   |                |
|-----|---|----------------|
| 141 | Електромагнітні процеси в електротехнічних системах | Сторінка 1 з 6 |
|-----|---|----------------|

### Силабус

По вивченню дисципліни « Електромагнітні процеси в електротехнічних системах » 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: Електромагнітні процеси в електротехнічних системах   |  | 2) Шифр за ОПП: НЗК-3                             |                           |                                       |
|--|--|---|---------------------------|---------------------------------------|
| 3) Карта дисципліни дійсна протягом навчального року: 2019/2020  |  |   |                           |                                       |
| 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: III  |  |   |                           |                                       |
| 10) Цикл дисципліни: дисципліна професійної підготовки   |  |   |                           |                                       |
| 11) Викладачі (розробники карти): чл.-кор. НАН України, докт. техн. наук, с.н.с. Кондратенко І.П.  |  |   |                           |                                       |
| 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 глибоких знань з математичного і фізичного моделювання електротехнічних і електротехнологічних систем, які складаються із взаємопов'язаного комплексу електротехнічного й електротехнологічного обладнання, систем керування ними, засобів підвищення енергоефективності, ресурсозбереження та продуктивності. |  |   |                           |                                       |
| 15) Результати навчання:   |  |   |                           |                                       |
| №  | Програмний результат навчання  | Метод перевірки навчального ефекту                | Форма проведення занять   | Посилання на програмні компетентності |
| 1  | ПРО1. Розуміти загальнонаукову філософську концепцію наукового світогляду, роль науки, пояснювати її вплив на суспільні процеси. | Обговорення під час занять, тематичне дослідження | Лекція, практичні заняття | K01<br>K02                            |
| 2  | ПРО2. Грамотно застосовувати державну мову як усно, так і письмово, для здійснення професійної діяльності.                       | Обговорення під час занять, тематичне дослідження | Лекція, практичні заняття | K02<br>K09<br>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<br>K09<br>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<br>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<br>K02<br>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<br>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<br>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<br>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/<br>курсова робота<br>РГР/Контрольна робота | Самостійні робота студента |
|--------|-------------------|---------------------|---|----------------------------|
| 36     | 18                | -                   | Контрольна робота   | 36                         |

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

##### Лекція:

1. Рівняння квазістаціонарного електромагнітного поля
2. Електромагнітні системи індукційного нагріву
3. Методи аналітичного розв'язку диференціальних рівнянь в окремих похідних для електромагнітного поля
4. Індукційний нагрів в повздовжньому магнітному полі
5. Спряжені задачі індукційного нагріву
6. Методи аналізу систем індукційного нагріву
7. Індукційний нагрів в поперечному магнітному полі
8. Індукційний нагрів немагнітних штаб в біжучому магнітному полі.
9. Способи підвищення рівномірності нагріву по ширині
10. Симетріювання електричних параметрів лінійних індукційних машин
11. Повздовжній крайовий ефект в індукторах біжучого магнітного поля
12. Електромагнітні системи зі струмовими контурами для термічного і силового впливу на електропровідну полосу, що рухається.
13. Електромагнітне поле струмового контуру.

14. Методи аналізу електромагнітного силового впливу на рідкий метал
15. Електромагнітні системи для перемішування рідкого металу в машинах безперервного лиття сталі.
16. Електромагнітні поля і електродинамічні сили в перемішувачах рідкого металу.
17. Пристрої для електродинамічної обробки електропровідних середовищ.
18. Магніто-імпульсний метод обробки електропровідних середовищ

#### **Практичні заняття:**

1. Вивід Лапласіана векторної функції для циліндричної системи координат.
2. Система диференціальних рівнянь для напруженості магнітного поля в немагнітному проміжку лінійного індуктора
3. Система диференціальних рівнянь для напруженості електричного поля в немагнітному проміжку лінійного індуктора
4. Система диференціальних рівнянь для векторного магнітного потенціалу в немагнітному проміжку лінійного індуктора
5. Диференціальне рівняння для векторного магнітного потенціалу в багат шаровій циліндричній оболонці.
6. Граничні умови для векторного магнітного потенціалу в багат шаровій циліндричній оболонці.
7. Умови еквівалентності циліндричних тіл кругової та не кругової форм
8. Рівняння для електричного кола для дослідження перехідного процесу з урахуванням динамічної індуктивності
9. Метод дослідження перехідного процесу при магнітно-імпульсній обробці електропровідного середовища.

#### **Контрольна робота:**

##### **Самостійна робота студента:**

1. Система рівнянь Максвелла для електропровідного середовища, що рухається.
2. Інтегральні перетворення диференціальних рівнянь електромагнітного поля лінійного індуктора в скінчених межах.
3. Інтегральні перетворення диференціальних рівнянь електромагнітного поля лінійного індуктора в нескінчених межах.
4. Перетворення Фур'є. Перетворення Лапласа. Обернене перетворення з використанням узагальнених функцій.
5. Рівняння теплопровідності. Принцип подібності в теплотехніці.
6. Теплообмін на вертикальній та горизонтальних поверхнях. Теплообмін випромінюванням.
7. Індукційний нагрів об'єктів, що рухаються в змінному магнітному полі
8. Структура тепловиділень в площинному прокаті при індукційному нагріві в біжучому та пульсуючому магнітному полях.
9. Електромагнітні сили в індукторі поперечного магнітного потоку.
10. Електромагнітні сили в індукторі біжучого магнітного поля.
11. Електричні обмотки лінійних індукторів біжучого магнітного поля.
12. Способи завдання струмового навантаження індукторів.
13. Електромагнітне поле системи контурів зі струмом.
14. Визначення методичної похибки при завданні струмопроводу за допомогою узагальнених функцій.
15. Урахування неоднорідності швидкості руху рідкого металу при розв'язанні рівнянь індукції для перемішувачів.
16.  $k$ - $\varepsilon$  метод врахування турбулентної складової руху рідкого металу.
17. Трифазні циліндричні індуктори для нагріву феромагнітних труб.
18. Циліндричні індуктори для нагріву пучка феромагнітних труб.

**17) Іспит:** Так.

**18) Основна література:**

1. Немков В.С., Демидович В.Б. Теория и расчет устройств индукционного нагрева. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 280 с.
2. Установки индукционного нагрева / А.Е.Слухоцкий, В.С.Немков, Н.А. Павлов, А.В. Бамунер / Под ред. А.Е.Слухоцкого. - Л.: Энергоиздат, 1981. – 328 с.
3. 3. Нейман Л.Д., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники: В 2 т. – Л.: Энергоиздат, 1981. – Т.2. - 416 с
4. 4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. Серия: Теоретическая физика, Т.8. - М.: Наука, 1982. - 620 с.
5. 5. Тамм И.Е. Основы теории электричества. - М.: Наука, 1976. - 616 с.
6. 6. Вольдек А.И. Индукционные магнитогидродинамические машины с жидкометаллическим рабочим телом. - Л.: Энергия, 1970. - 272 с.
7. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. - М.: Наука, 1971. – 512 с.
8. Нейман Л.Р. Поверхностный эффект в ферро-магнитных телах. - Л.: Госэнергоиздат, 1949. - 190с.
9. Постников И.М. Проектирование электрических машин. – Киев: Госэнергоиздат, 1960. - 910с.
10. Кошляков Н.С., Глинер С.Б., Смирнов М.М. Уравнения в частных производных математической физики. – М.: Высшая школа, 1970. – 712 с.

**19) Додаткова література:**

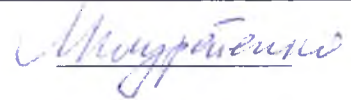
1. Ращепкин А.П., Кондратенко И.П. Методологические основы анализа электромагнитных процессов в линейных индукционных машинах. Киев. Институт электродинамики НАН Украины, 2017. 355 с.
2. Васецкий Ю.М., Кондратенко И.П., Ращепкин А.П., Мазуренко И.Л. Электромагнитное взаимодействие токовых контуров с электропроводной средой. Киев. Институт электродинамики НАН Украины, 2019. 220 с.
3. Кондратенко І.П., Жильцов А.В., Березюк А.О., Кришук Р.С. Електротехнологічні комплекси для сушіння зерна на базі теплогенераторів індукційного типу. Київ. НУБІП України, 2018, 412 с.
4. Ращепкин А.П., Кондратенко И.П., Карлов А.Н. Электромагнитное силовое воздействие на жидкий металл в кристаллизаторах сортовых машин непрерывного литья заготовок. Киев. Институт электродинамики НАН Украины, 2018. 313 с.
5. Кондратенко І.П., Жильцов А.В., Сорокін Д.С. Васюк В.В., Мархонь М.В. Лінійні електромеханічні перетворювачі. Київ. НУБІП України, 2019, 259 с.

**20) Робоче навантаження студента, необхідне для досягнення результатів навчання**

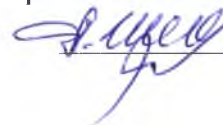
| №   | Форма занять         | Кількість годин аудиторні/ СРС |
|---|----------------------|--------------------------------|
| 1.  | Лекція               | 36/24                          |
| 2.  | Практичне заняття    | 18/8                           |
| 3.  | Лабораторні заняття  | -                              |
| 4.  | КП/КР/РГР/Контр.роб. | Контрольна робота              |
| 5.  | Форма контролю       | залік                          |
|   | Всього годин         | 54/36                          |
| <b>22) Сума всіх годин:</b>                 |                      | 90                             |
| <b>23) Загальна кількість кредитів ECTS</b> |                      | 3,0                            |

|   |          |
|---|----------|
| 24) Кількість годин (кредитів ECTS) аудиторного навантаження:                                 | 54 (1,8) |
| 25) Кількість необхідних годин (кредитів ECTS) СРС для забезпечення аудиторного навантаження: | 36 (1,2) |
| 26) Кількість годин СРС (кредитів ECTS), забезпечених навчальним планом:                      | 36 (1,2) |
| 27) Примітки:   |          |

Складено: д.т.н., с.н.с., член-кор. НАН України, Кондратенко І.П.



**Затверджено:**  
гарант освітньо-наукової програми

 А. А. Щерба