

141	Математичні задачі в електроенергетичних системах	Сторінка 1 з 5
-----	---	----------------

### Силабус

По вивченню дисципліни «Математичні задачі в електроенергетичних 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  
«    » 2019 р.

1) Назва дисципліни: Математичні задачі в електроенергетичних системах		2) Шифр за ОПП:		
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: вибіркова				
9) Семестр: 4				
10) Цикл дисципліни: дисципліна професійної підготовки				
11) Викладачі (розробники карти): докт. техн. наук, професор Буткевич О.Ф.				
12) Мова навчання: українська				
13) Необхідні ввідні дисципліни: «Вища математика», «Загальна фізика», «Основи метрології та електричних вимірювань», «Обчислювальна техніка та програмування», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні системи і мережі», «Електричні машини».				
14) Мета курсу: Метою дисципліни є формування та розвиток у аспірантів професійних компетентностей з електроенергетики, які забезпечують здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та одержання нових цілісних знань та вмінь з комплексних питань, що стосуються розвитку та функціонування електроенергетичних систем, коректності постановок та математичної формалізації відповідних задач, їх ефективного розв'язання.				
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	K14
2	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	K15 K16 K18

3	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	K15 K18 K19
4	ПР06. Уміти прогнозувати тенденції розвитку в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K14 K15 K16
5	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	K14 K16
6	ПР08. Уміти виконувати 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	K14 K15 K16 K19
7	ПР10. Уміти проектувати і розробляти інженерні продукти, процеси та системи	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K14 K18
8	ПР11. Вміння використовувати комп'ютеризовані бази даних, «хмарні» та інтернет-технології, наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K15 K18
9	ПР12. Володіти сучасними методами та розробленими методиками проектування і дослідження, а також аналізу отриманих результатів.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K14 K18 K19
10	ПР15. Володіти сучасними методами теоретичних та експериментальних досліджень з оцінювання точності отриманих результатів вимірювань.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K14 K15 K19
11	ПР16. Вміння застосовувати апаратні та програмні засоби сучасних інформаційних технологій для вирішення задач у сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки та інформаційно-вимірювальної техніки.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K15 K18
12	ПР21. Уміти аналізувати предметну область, формалізувати завдання керування та розділяти глобальну задачу на складові.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичні заняття	K14 K15

13	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	K15
----	---	---	---------------------------	-----

**16) Форми занять та їх тривалість (кількість годин)**

Лекція	Практичне заняття	Лабораторні заняття	Курсовий проект/ курсова робота РГР/Контрольна робота	Самостійні робота аспіранта
48	24	-	-	48

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

**Лекції:**

1. Особливості задач електроенергетичних систем, їх систематизація та формалізація.
2. Контурна та вузлова моделі для розрахунку усталеного режиму електричної системи.
3. Деякі особливості організації обчислень та методи розв'язання задачі розрахунку усталеного режиму електричної системи.
4. Особливості використання методу Ньютона для розв'язання системи нелінійних рівнянь усталеного режиму електричної системи.
5. Оптимізаційні задачі в електроенергетичних системах.
6. Лінійне програмування.
7. Нелінійне програмування. Методи нелінійного програмування.
8. Градієнтні методи оптимізації.
9. Метод штрафних функцій.
10. Задачі, що потребують моделюванням перехідних процесів в електроенергетичних системах.
11. Про оцінювання динамічної стійкості електроенергетичних систем.
12. Класифікація методів розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь.
13. Основні характеристики методів чисельного інтегрування
14. Методи групи Рунге-Кутта.
15. Методи прогнозу та коригування.
16. Багатокрокові явні та неявні методи.
17. Поняття стійкості руху. Прямий метод Ляпунова.
18. Випадкові величини в електроенергетичних системах, їхні числові характеристики та закони розподілу.
19. Нормальний закон розподілу.
20. Визначення законів розподілу випадкових величин на підставі дослідних даних (результатів вимірювань).
21. Критерії згоди.
22. Метод найменших квадратів та його використання у розв'язанні задач електроенергетичних систем.
23. Системи випадкових величин.
24. Закон великих чисел та деякі його теореми.

**Практичні заняття:**

1. Формування математичних моделей та використання методів розв'язання системи нелінійних рівнянь усталеного режиму електричної системи.
2. Оптимізаційні задачі в електроенергетичних системах. Приклади, критерії оптимізації, обмеження, ступені свободи.
3. Формалізація задач лінійного програмування. Перевірка існування розв'язку задачі лінійного

програмування. Приклади задач в електроенергетичних системах, що зводяться до задач лінійного програмування. Використання симплекс-методу для розв'язання задач.

4. Формалізація задач нелінійного програмування. Застосування методу невизначених множників Лагранжа для розв'язання задачі оптимального завантаження теплових електростанцій енергосистеми.

5. Використання методу зведеного градієнту з оптимізацією кроку для розв'язання задачі оптимального завантаження теплових електростанцій електроенергетичної системи.

6. Приклади формалізації та розв'язання задач з використанням методу штрафних функцій.

7. Задача аналізу електромеханічних перехідних процесів в електроенергетичних системах та алгоритм її розв'язання. Зведення системи звичайних диференціальних рівнянь до форми Коші.

8. Використання методів чисельного інтегрування для розв'язання звичайних диференціальних рівнянь.

9. Прямий метод Ляпунова. Приклади побудови функцій Ляпунова.

10. Приклади розв'язання задач оцінювання показників функціонування електроенергетичної системи, що мають нормальний закон розподілу.

11. Критерії згоди. Практичне застосування критерію Пірсона ( $\chi^2$ -розподілу) та критерію Колмогорова для перевірки гіпотез про закон розподілу випадкових величин.

12. Приклади розв'язання задач електроенергетичних систем із застосуванням теорем закону великих чисел та нерівності Чебишева.

#### **Самостійна робота аспіранта:**

1. Задачі в електроенергетичних системах, їх систематизація та формалізація.

2. Контурна та вузлова моделі для розрахунку усталеного режиму електричної системи.

3. Деякі особливості організації обчислень та методи розв'язання задачі розрахунку усталеного режиму електричної системи.

4. Особливості використання методу Ньютона для розв'язання системи нелінійних рівнянь усталеного режиму електричної системи.

5. Оптимізаційні задачі в електроенергетичних системах.

6. Лінійне програмування.

7. Нелінійне програмування. Методи нелінійного програмування.

8. Градієнтні методи оптимізації.

9. Метод штрафних функцій.

10. Задачі, що потребують моделюванням перехідних процесів в електроенергетичних системах.

11. Про оцінювання динамічної стійкості електроенергетичних систем.

12. Класифікація методів розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь.

13. Основні характеристики методів чисельного інтегрування

14. Методи групи Рунге-Кутта.

15. Методи прогнозу та коригування.

16. Багатокрокові явні та неявні методи.

17. Поняття стійкості руху. Прямий метод Ляпунова.

18. Випадкові величини в електроенергетичних системах, їхні числові характеристики та закони розподілу.

19. Нормальний закон розподілу.

20. Визначення законів розподілу випадкових величин на підставі дослідних даних (результатів вимірювань).

21. Критерії згоди.

22. Метод найменших квадратів та його використання у розв'язанні задач електроенергетичних систем.

23. Системи випадкових величин.

24. Закон великих чисел та деякі його теореми.

**17) Іспит:** Так.

**18) Основна література:**

1. Автоматизация управления энергообъединениями / В.В. Гончуков, В.М.Горнштейн, Л.А.Крумм и др.; *Под ред. С.А. Савалова.* – М.: Энергия. – 1979. – 432 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1964. – 576 с.
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 368 с.
4. Груйич Л. Т., Мартынюк А. А., Рибенс-Павелла М. Устойчивость крупномасштабных систем при структурных и сингулярных возмущениях. -Киев: Наук. думка, 1984. – 306 с.
5. Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. – М.: Наука, 1967. – 472 с.
6. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. – М.: Наука, 1970. – 664с.
7. Кириленко О.В., Сегеда М.С., Буткевич О.Ф., Мазур Т.А. Математичне моделювання в електроенергетиці. Навч. підр. 2-е видання. – Львів: Львівська політехніка, 2013. – 608 с.
8. Копченова Н.В., Марон И.А. Вычислительная математика в примерах и задачах. – М.: Наука, 1972. – 368 с.
9. Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырский П.И. Вычислительные методы. Т.2. – М.: Наука, 1977. – 400 с.
10. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения: Учеб. пособие для вузов. - М.: Наука, 1987. – 304 с.
11. Методы оптимизации режимов энергосистем / В.М. Горнштейн, Б.П. Мирошниченко, А.В. Пономарев и др.; *Под ред. В.М. Горнштейна.* – М.: Энергия, 1981. – 336 с.
12. Муртаф Б. Современное линейное программирование. Теория и практика. – М.: Мир, 1984. – 224 с.
13. Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики, – Львів: Вища школа, 1989. – 464 с.
14. Ракитский Ю.В., Устинов С.М., Черноуцкий И.Г. Численные методы решения жестких систем. – Л.: Энергия, 1980. – 208 с.
15. Электрические системы, Т.І. Математические задачи электроэнергетики / *Под ред. В.А. Веникова,* М.: Высш. школа, 1970. – 336 с.
16. Электрические системы. Кибернетика электрических систем / *Под. ред. В.А.Веникова.* М.: Высш. школа, 1974. – 328 с.
17. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – М.: Мир, 1975. – 536 с.
18. Чуа Л.О., Пен-Мин Лин. Машинный анализ электронных схем (алгоритмы и вычислительные методы). – М.: Энергия., 1980. – 640 с.

**19) Додаткова література:**

1. Бахвалов Н.С. Численные методы (анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения). - М.: Наука, 1973. – 632 с.
2. Брамеллер А., Аллан Р., Хэмэм Я. Слабозаполненные матрицы: Анализ электроэнергетических систем. – М.: Энергия, 1979. – 192 с.
3. Буткевич А.Ф., Левитский В.Г. Вычислительные процедуры формирования информации о структуре разреженных матриц при математическом моделировании электроэнергетических систем // Техн. электродинамика. – 1994. – № 3 – С. 62–67.
4. Буткевич А.Ф., Зозуля А.М., Эль-Эззи А.Н. Формальная процедура получения расчетных схем электрических сетей // Техн. электродинамика. – 1995. – № 5. – С.61-65.

5. Буткевич А.Ф., Кириленко А.В., Левитский В.Г., Эль-Эззи А.Н. Разбиение сложных электрических схем на подсхемы в соответствии с заданными критериями // Техн. электродинамика. – 1996. – № 2. – С. 59-62.
6. Буткевич А.Ф., Данилюк А.В. Оценивание состояния территориально-распределенных электроэнергетических объектов в условиях неполноты оперативной информации // Темат. выпуск „Проблеми сучасної електротехніки”. Ч. 7. – 2004. – С. 20-30.
7. Краскевич В.Е., Зеленский К.Х., Гречко В.И. Численные методы в инженерных исследованиях. – Киев: Вища школа. – 1986. – 263 с.
8. Таха Х. Введение в исследование операций. Кн.1. – М.: Мир, 1985. – 479 с.
9. Теория автоматического управления. Ч.2. / Под ред. А.В. Нетушила. – М.: Высш. школа, 1972. – 432 с.
10. Фильчаков П.Ф. Справочник по высшей математике. – Киев: Наук. думка, 1973. – 744 с.

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

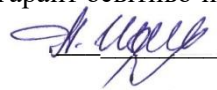
№	Форма занять	Кількість годин аудиторні/ СРС
1.	Лекція	48/24
2.	Практичне заняття	24/24
3.	Лабораторні заняття	-
4.	КП/КР/РГР/Контр.роб.	-
5.	Форма контролю	іспит
	Всього годин	72/48

<b>22) Сума всіх годин:</b>	120
<b>23) Загальна кількість кредитів ECTS</b>	4,0
<b>24) Кількість годин (кредитів ECTS) аудиторного навантаження:</b>	72 (2,4)
<b>25) Кількість необхідних годин (кредитів ECTS) СРС для забезпечення аудиторного навантаження:</b>	48 (1,6)
<b>26) Кількість годин СРС (кредитів ECTS), забезпечених навчальним планом:</b>	48 (1,6)
<b>27) Примітки:</b>	

Складено: д.т.н., проф., Буткевич О.Ф.



**Затверджено:**  
гарант освітньо-наукової програми

 А. А. Щерба