

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни

**“Сучасний математичний апарат при проведенні
наукових досліджень”**

для студентів спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»
заочної форми навчання

2016

Програма, методичні вказівки з вивчення дисципліни "Сучасний математичний апарат при проведенні наукових досліджень" для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» заочної форми навчання / Укл.: Д.О. Кулагін – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016 – 23 с.

Укладач: Д.О. Кулагін, професор кафедри ЕПП, доц., к.т.н.

Рецензент: П.В. Махлін, доцент кафедри ЕПП, доц., к.т.н.

Відповідальний за випуск:
В.П. Метельський, професор кафедри ЕПП,
професор, к.т.н.

Затверджено
на засіданні НМК
«Електротехнічного
факультету»
Протокол №1 від 20.08.16

Затверджено
на засіданні кафедри
“Електропостачання
промислових
підприємств”
Протокол № 1 від 19.08.16

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Особливості вивчення дисципліни студентами заочної форми навчання..... | 4 |
| Практична робота № 1..... | 13 |
| Практична робота № 2..... | 15 |
| Практична робота № 3..... | 17 |
| Практична робота № 4..... | 19 |
| Практична робота № 5..... | 21 |
| Перелік посилань..... | 23 |

Особливості вивчення дисципліни студентами заочної форми навчання

Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета викладання дисципліни

Викласти студентам основні положення сучасного математичного апарату при проведенні наукових досліджень з питань функціонування, проектування, аналізу та керування електротехнічними комплексами промислових підприємств.

Завдання вивчення дисципліни

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- основні поняття теорії варіаційного числення;
- особливості використання рівняння Ейлера для рішення технічних задач;
- теорію поля;

вміти:

- будувати структурну схему оптимальних регуляторів;
- проводити проектування оптимальних регуляторів;
- вирішувати варіаційні задачі.

Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Методи аналізу та синтезу електротехнічних комплексів промислових підприємств за допомогою варіаційного числення

Тема 1. Вступ.

Значення дисципліни при підготовці фахівців з електротехніки, її зміст, зв'язок з іншими дисциплінами навчального плану.

Рекомендована література та методичні вказівки до вивчення дисципліни.

Основні терміни, визначення, схеми та позначення на них.

Література: [1-6]

Тема 2. Основні поняття варіаційного числення.

Функціонал.

Допустимі лінії.

Близькість функцій.

Класифікація екстремумів.

Література: [1-6] .

Тема 3. Рівняння Ейлера.

Узагальнене рівняння Ейлера.

Умови Лежандра.

Література: [1-6] .

Тема 4. Узагальнення найпростішої задачі варіаційного числення.

Задача з рухомими кінцями.

Умова трансверсальності.

Умова Вейерштрасса-Ердмана.

Функціонали декількох змінних.

Література: [1-6] .

Тема 5. Особливі випадки найпростішої задачі варіаційного числення.

Загальна задача Лагранжа.

Задача Майера.

Задача Больца.

Варіаційні задачі в параметричній формі.

Канонічна форма рівняння Ейлера.

Задача знаходження екстремуму функціонала, залежного від декількох функцій.

Література: [1-6] .

Тема 6. Загальні принципи використання рівняння Ейлера при вирішенні задач керування електротехнічними комплексами.

Принципи автоматичного керування характеристиками електротехнічних комплексів на основі рівняння Ейлера.

Принципи позиціонування на основі рівняння Ейлера.

Принцип взаємності.

Вибір оптимального передаточного числа редуктора.

Література: [1-6] .

Тема 7. Особливі випадки використання рівняння Ейлера при вирішенні задач керування електротехнічними комплексами.

Керування електротехнічним комплексом з моментом навантаження, залежним від часу.

Граничні умови на нескінченності.

Керування електротехнічним комплексом з моментом навантаження, залежним від швидкості.

Література: [1] .

Тема 8. Теорія поля.

Поле екстремалей.

Умови Якобі та Лежандра.

Сильний екстремум.

Умова Вейерштрасса.

Література: [1-6] .

Тема 9. Достатні умови екстремуму.

Необхідні та достатні умови екстремуму.

Екстремуми кусково-неперервних функцій.

Екстремуми кривих з вертикальними відрізками.

Вироджені функціонали.

Література: [1-6].

Тема 10. Задачі на екстремум при наявності обмежень.

Задачі з обмеженнями.

лінійні задачі оптимального керування.

Принцип максимуму.

Синтез оптимального кусково-постійного керування.

Динамічне програмування.

Нестандартні функціонали.

Чисельні методи визначення оптимального керування.

Література: [1-6].

Тема 11. Дослідження питань практичного використання варіаційного числення.

Оптимальне керування електротехнічними комплексами постійного струму при наявності обмежень.

Керування, яке забезпечує мінімум встановленої потужності генератора.

Багатоканальне керування.

Визначення небезпечної динамічної дії.

Керування синхронним машинами.

Література: [1].

Змістовий модуль 2. Синтез оптимальних регуляторів для керування електротехнічними комплексами промислових підприємств.**Тема 1. Загальні питання синтезу оптимальних регуляторів.**

Проблема реалізації оптимального керування.

Основи теорії випадкових функцій.

Вибір та обґрунтування критерію якості керування.

Обчислення екстремуму наближених функціоналів.

Синтез регуляторів, які забезпечують стійкість системи.

Література: [1].

Тема 2. Синтез оптимальних регуляторів для електротехнічних комплексів.

Обчислення лінійних оптимальних операторів.

Синтез регулятора за зарані відомою програмою.

Врахування похибок приладів.

Методика керування регулятором.

Вибір вагових коефіцієнтів.

Література: [1].

Тема 3. Оптимальне керування нелінійними системами в умовах невизначеності зовнішніх факторів.

Керовані системи другого порядку.

Синтез ейлеровських регуляторів.

Особливості постановки задач керування.

Література: [1].

Індивідуальні завдання

Для студентів заочної форми навчання – 1 контрольна робота.

Методи навчання

Робочою програмою передбачені такі форми організації навчального процесу як лекції, практичні роботи, самостійна робота студентів, консультації та контрольні заходи.

Під час викладання курсу використовуються наступні методи навчання:

– розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;

– пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;

– бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;

- ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (рисунок, схеми, графіки);
- практична робота – для використання набутих знань у розв’язанні практичних завдань;
- аналітичний метод – уявного (практичного) розкладу цілого на частини з метою вивчення їх суттєвих ознак;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення проблемної ситуації.

Методи контролю

Контроль успішності студентів денної форми навчання здійснюється за результатами:

- захисту звітів про виконання практичних робіт;
- двох рубіжних модульних контролів;
- іспиту.

Контроль успішності студентів заочної форми навчання здійснюється за результатами:

- захисту звітів про виконання практичних робіт;
- захисту контрольної роботи;
- іспиту.

Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання успішності студентів здійснюється окремо за кожний модуль на відповідному рубіжному модульному контролі (РМК) за 100-бальною шкалою.

Під час контролю враховуються наступні види робіт:

- робота студента на лекціях оцінюється до 12 балів;

– виконання та захист практичних робіт оцінюється до 60 балів;

– аудиторна контрольна робота – до 28 балів.

Підсумкова оцінка студента з дисципліни складається за результатами двох РМК як середнє арифметичне відповідних сум балів із заокругленням до цілого на користь студента і подальшим переведенням в національну та ECTS шкали.

Студент, який незадоволений семестровою оцінкою за результатами РМК, має можливість покращити результат під час складання письмового іспиту. На іспиті потрібно відповісти на п'ять питань, які оцінюються до 20 балів кожний. Питання відповідають змістовим модулям та практичним роботам.

Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни "Сучасний математичний апарат при проведенні наукових досліджень" для студентів V курсу усіх форм навчання /Укл. Д.О. Кулагін. Запоріжжя: ЗНТУ, 2017.- 70с.

Рекомендована література

Базова

1. Петров Ю. П. Вариационные методы теории оптимального управления / Ю. П.Петров. – М. : Энергия, 1965. – 220 С.

2. Гурса Э. Курс математического анализа, том 3, часть 2. Интегральные уравнения. Вариационное исчисление / Гурса Э. – М. - Л. : ГТТИ, 1934. – 318 с.

3. Краснов М. Л. Вариационное исчисление, задачи и упражнения / Краснов М. Л., Макаренко Г. И., Киселев А. И. – М. : Наука, 1973. – 190 с.

4. Цлаф Л. Я. Вариационное исчисление и интегральные уравнения / Цлаф Л. Я. – М. : Наука, 1966. – 176 с.

5. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Эльсгольц Л. Э. – М. : Наука, 1969. – 424 с.

6. Гельфанд И. М. Вариационное исчисление / Гельфанд И. М., Фомин С. В. – М. : Физматлит, 1961. – 228 с.

Допоміжна

1. Петров Ю. П. Оптимальное управление движением транспортных средств. Библиотека по автоматике выпуск 373 / Ю. П. Петров. – Л. : Энергия, 1969. – 96 с.

2. Петров Ю. П. Оптимальное управление электроприводом / Ю. П. Петров. – М., Л. : Госэнергоиздат, 1961. – 187 с.

3. Петров Ю. П. Вариационные методы теории оптимального управления / Ю. П. Петров. – Л. : Энергия, 1977. – 280 с.

4. Петров Ю. П. Оптимальное управление электрическим приводом с учетом ограничений по нагреву / Ю. П. Петров. – Л. : Энергия, 1971. – 144 с.

5. Чистов В. П. Оптимальное управление электрическими приводами постоянного тока / Чистов В. П., Бондаренко В. И., Святославский В. А. – М. : Энергия, 1968. – 232 с.

6. Кротов В. Ф. Методы и задачи оптимального управления / Кротов В. Ф., Гурман В. И. – М. : Наука, 1973. – 448 с.

7. Методы классической и современной теории управления в 5 томах. Том 4. Теория оптимизации систем автоматического управления / [Под ред. Егупова Н. Д., Пупкова К. А.]. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 744 с.

8. Шнейдер В. Е. Краткий курс высшей математики. Учебное пособие для вузов / Шнейдер В. Е., Слущкий А. И., Шумов А. С. – М. : Высшая школа, 1972. – 640 с.

9. Банах С. Дифференциальное и интегральное исчисление / С. Банах. – М. : Государственное издательство физико-математической литературы, 1958. – 404 с.

10. Пискунов Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисление для втузов. Т.2 / Н. С. Пискунов. – М. : Наука, 1978. – 576 с.

11. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Л. Э. Эльсгольц. – М. : Наука, 1969. – 326 с.

12. Марон И. А. Дифференциальное и интегральное исчисление в примерах и задачах (функции одной переменной) / Марон И. А. – М. : Наука, 1973. – 400 с.

13. Хавин В. П. Основы математического анализа: В 3-х ч. Часть 1. Дифференциальное и интегральное исчисление функций одной вещественной переменной: Учебное пособие / Хавин В. П. – Л. : Издательство Ленинградского университета, 1989. – 448 с.

14. Gelfand I. M. Calculus of Variations / I. M. Gelfand, Izrail Moiseevitch Gelfand, S. V. Fomin. – Courier Dover Publications, 2000 – 232 p.

15. Cassel Kevin W. Variational Methods with Applications in Science and Engineering / Cassel Kevin W. – Cambridge University Press, 2013. – 432 p.

16. Lebedev L. P. The Calculus of Variations and Functional Analysis with Optimal Control and Applications in Mechanics / Lebedev L. P., Cloud M. J. – World Scientific, 2003. – 436 p.

17. Logan J. David. Applied Mathematics / Logan J. David. – 3rd Ed. – Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, 2006. – 546 p.

Практична робота № 1

Тема: «Інтерфейс середовища MatLab. Введення даних і прості обчислення»

1. Мета роботи:

Освоїти інтерфейс пакета, засоби введенню змінних різних типів, тексту, звичайні обчислення.

2. Завдання на лабораторну роботу

2.1 Обов'язково виконати усі наведені приклади і включити їх до звіту з відповідними короткими коментарями.

2.2 Виконати обчислення згідно завдання (табл. 1.1).

$$Z_4 = \frac{Z}{Z_2},$$

$$Z_5 = \frac{Z}{Z_3},$$

$$Z_6 = \frac{Z}{Z_1},$$

$$Z = Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1$$

Таблиця 1.1 – Варіанти завдань.

| Z_1 | Z_2 | Z_3 |
|---------------------------------------|-----------|-----------------------|
| $a(\cos(b^\circ) + i \sin(-c^\circ))$ | $a + b i$ | $\frac{\pi}{a} e^{c}$ |

Варіант завдання обирається за трьома останніми цифрами номера залікової книжки студента. В задачах практичної роботи даний номер позначається літерами:

a – третя з кінця цифра номера залікової книжки;

b – друга з кінця цифра номера залікової книжки (передостання цифра номера);

с – остання цифра номера залікової книжки.

Результат зберегти.

2.3 Скласти звіт, відповісти на контрольні питання.

3. Контрольні питання

1. Перелічити тематичні підкаталоги MatLab (toolbox) та їх призначення.

2. Робочій стіл пакету MatLab (меню, інструменти).

3. Типи та формати даних; системні змінні.

4. Елементарні математичні функції пакету.

5. Основні команди керування командного режиму

6. Основні засоби формування числових масивів (матриць та векторів).

7. Операції з масивами, розв'язання систем лінійних рівнянь.

8. Знайти скалярний добуток векторів \vec{V}_1 та \vec{V}_2 .

9. Знайти довжину вектора. Використати формулу $l = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, де x , y , z – різниці координат початку та кінця вектора по осям \vec{x} , \vec{y} , \vec{z} .

10. Знайти кут між двома заданими векторами \vec{a} та \vec{b} .

11. Знайти елементи головної діагоналі матриці A та її “слід”, максимальні та мінімальні елементи у її стовпцях та стрічках.

12. Відсортувати стовпці та стрічки матриці за вказівкою викладача, знайти які елементи несортованої матриці більше (менше) значення, заданого викладачем.

У звітах лабораторних робіт мають бути:

- назва та мета роботи ;
- приклади роботи з короткими коментарями;
- опис виконання індивідуального завдання;
- письмова відповідь на контрольні запитання, вказані викладачем;
- висновки про роботу.

- **Практична робота № 2.**
Тема: «Оформлення результатів обчислень»

1. Мета роботи:

Навчитися будувати дво- та тривимірні графіки, що подають результати обчислень або експериментальних досліджень.

2. Завдання на лабораторну роботу

2.1 Ознайомитись зі змістом методичних вказівок. Обов'язково виконати усі наведені приклади і включити їх до звіту з відповідними короткими коментарями.

2.2 Відповідно до індивідуального завдання побудувати графіки (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 — Варіанти завдань.

| Функція | Завдання 1 | | | Завдання 2 | | | | | |
|--|------------|-------|-----|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | x_n | x_k | h | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 |
| $y = \frac{\sqrt{ax} - b \cdot e^c}{tg^3 x}$ | 2.5 | 9 | 0.5 | 5.63 | 3.53 | 5.01 | 5.28 | 1.35 | 7.23 |

2.3 Скласти звіт, відповісти на контрольні питання.

3. Контрольні питання

1. Основні команди побудови двовимірних та тривимірних графіків.

У звітах лабораторних робіт мають бути:

- назва та мета роботи ;

- приклади з п.3 роботи з короткими коментарями;
- опис виконання індивідуального завдання;
- письмова відповідь на контрольні запитання, вказані викладачем;
- висновки про роботу.

Лабораторна робота №3.

Тема: «Використання m-файлів для інженерних розрахунків»

1. Мета роботи:

Отримати навички програмування у MatLab, навчитися використовувати програми для інженерних розрахунків.

2. Завдання на лабораторну роботу

2.1 Ознайомитись зі змістом пункту 3 методичних вказівок, **обов'язково виконати всі приклади та додати їх до звіту.**

2.2 Зробити файли-сценарії та файли-функції з декількома вхідними та вихідними параметрами на основі індивідуальних завдань до лабораторних робіт №1 та №2; самостійно змінити значення фізичних параметрів у прикладі з п.3.2, отримані результати порівняти з заданими, занести у звіт, зробити висновки.

2.3 Скласти звіт, відповісти на контрольні питання.

3. Контрольні питання

1. Види m-файлів.
2. Порядок створення файлів-сценаріїв.
3. Порядок створення файлів-функцій.
4. Призначення команд та параметрів `fsolve`, `spline`, `options`.
5. Перелічіть та поясніть методи розв'язання лінійних та нелінійних рівнянь

У звітах лабораторних робіт мають бути:

- назва та мета роботи ;
- опис виконання індивідуального завдання;
- письмова відповідь на контрольні запитання, вказані викладачем;
- висновки про роботу

Лабораторна робота №4.

Тема: «Циклічні оператори та організація розгалужень і діалогу з користувачем у середовищі пакета MatLab»

1. Мета роботи:

Навчитися складати нелінійні програми, організовувати діалогові програми і використовувати їх для інженерних розрахунків.

2. Завдання на лабораторну роботу

2.1 Ознайомитись зі змістом методичних вказівок.

2.2 Відповідно до індивідуальних завдань написати програми з використанням керуючих операторів та операторів розгалуження:

$$c = \left(0.048 \frac{1}{a} - \left(\frac{1}{b} \right)^{-2.2} \right) \cdot \ln c; k = 3 \sin a + \cos b$$

$$l = \begin{cases} th(c - 2k), \text{ при } |c + k| > 2a \\ \ln(|c - 2k|), \text{ при } |c + k| \leq 2a \end{cases}$$

2.3 Скласти звіт, відповісти на контрольні питання.

3. Контрольні питання

1. Пояснити роботу керуючих умовних операторів.
2. Пояснити роботу операторів циклу.
3. Застосування операторів break та pause.

У звітах лабораторних робіт мають бути:

- назва та мета роботи ;
- опис виконання індивідуального завдання;
- письмова відповідь на контрольні запитання, вказані викладачем;
- висновки про роботу.

Лабораторна робота №5.

Тема: «Чисельні та символічні методи розв'язання типових математичних та інженерних задач»

1. Мета роботи:

Навчитися проводити числове та символічне інтегрування та диференціювання функцій, розв'язувати системи диференціальних рівнянь у числовій та символічній формах, проводити операції над поліномами, застосувати зворотне перетворення Лапласа, проводити апроксимацію функцій та обчислення границь.

2. Завдання на лабораторну роботу

2.1 Ознайомитись зі змістом пункту 3 методичних вказівок, виконати всі приклади та обов'язково включити їх до звіту.

2.2 Провести числове інтегрування та диференціювання функцій, знайти нулі та мінімуми функцій, заданих до лабораторної роботи №2 (для побудови дво- та тривимірних графіків). Провести символічні обчислення та перетворення.

2.3 Використати різні засоби для розв'язання диференціальних рівнянь.

2.4 Виконати перетворення Фур'є згідно завдання з даної лабораторної роботи.

2.5 Самостійно задати поліноми і провести з ними дії, аналогічні описаним у п. 2.3.

2.6 Отримати та проаналізувати перехідну характеристику системи згідно п. 2.4 та вказівкам викладача.

2.7 Скласти звіт, відповісти на контрольні питання.

3. Контрольні питання

1. Яке виконується числове інтегрування у MatLab.

2. Які дії можна виконати, використовуючи символічну математику.

3. Скласти рівняння дотичної до графіку функції $y_1=x^3-y^2$ у точці $x_0=-1$, та спростити вираз.

4. Знайти площу замкнутої фігури, що лежить між графіками функцій $y_1=-x^3$; $y_2=8/3x^{1/2}$; $y_3=8$.

5. Як виконується розв'язування диференціальних рівнянь чисельними та символічними методами. Порівняти їх.

6. Що таке пряме та зворотне перетворення Лапласа. Призначення, організація у пакеті MatLab.

7. Які дії над поліномами дозволяє MatLab. Види апроксимацій.

У звітах лабораторних робіт мають бути:

- назва та мета роботи ;
- приклади з п.3 роботи з короткими коментарями;
- опис виконання індивідуального завдання;
- письмова відповідь на контрольні запитання, вказані викладачем;
- висновки про роботу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Петров Ю. П. Вариационные методы теории оптимального управления / Ю. П. Петров. – М. : Энергия, 1965. – 220 С.
2. Гурса Э. Курс математического анализа, том 3, часть 2. Интегральные уравнения. Вариационное исчисление / Гурса Э. – М. - Л. : ГТТИ, 1934. – 318 с.
3. Краснов М. Л. Вариационное исчисление, задачи и упражнения / Краснов М. Л., Макаренко Г. И., Киселев А. И. – М. : Наука, 1973. – 190 с.
4. Цлаф Л. Я. Вариационное исчисление и интегральные уравнения / Цлаф Л. Я. – М. : Наука, 1966. – 176 с.
5. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Эльсгольц Л. Э. – М. : Наука, 1969. – 424 с.
6. Гельфанд И. М. Вариационное исчисление / Гельфанд И. М., Фомин С. В. – М. : Физматлит, 1961. – 228 с.