

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ТА РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«МАТЕМАТИЧНІ ЗАДАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ»**

(для студентів 2 курсу денної та 3 курсу заочної форм навчання  
напряму 6.050701 – “Електротехніка та електротехнології”  
спеціальності – “Електротехнічні системи електроспоживання”)

Програма навчальної дисципліни та робоча програма навчальної дисципліни «Математичні задачі електроенергетики» (для студентів 2 курсу денної та 3 курсу заочної форм навчання напряму 6.050701 – “Електротехніка та електротехнології” спеціальності – “Електротехнічні системи електроспоживання”) / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад. В. Г. Ягуп. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 23 с.

Укладач: проф., д.т.н. В. Г. Ягуп

Рецензенти: проф., д.т.н. В. А. Маляренко

Рекомендовано кафедрою “Електропостачання міст”,  
протокол № 4 від 10.12.2011 р.

© В. Г. Ягуп, ХНАМГ, 2012

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	5
1.1. Мета, предмет та місце дисципліни.....	5
1.1.1. Мета та завдання вивчення дисципліни.....	5
1.1.2 Предмет вивчення у дисципліні.....	5
1.1.3 Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця.....	5
1.2. Інформаційний обсяг (зміст) дисципліни.....	5
1.3. Освітньо-кваліфікаційні вимоги.....	7
1.4. Рекомендована основна навчальна література.....	8
1.5 Анотація програми навчальної дисципліни.....	9
2. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	11
2.1. Розподіл обсягу навчальної роботи студента за спеціальностями та видами навчальної роботи(денне навчання).....	11
2.2. Зміст дисципліни (денне навчання).....	11
2.3. Розподіл часу за модулями і змістовими модулями та форми навчальної роботи студента (денне навчання).....	13
2.4. Лекційний курс (денне навчання).....	13
2.5. Практичні (семінарські) заняття (денне навчання).....	15
2.6. Індивідуальні завдання: курсовий проект (робота), РГР, контрольна робота тощо (денне навчання).....	16
2.7. Самостійна навчальна робота студента (денне навчання).....	16
2.8. Засоби контролю та структура залікового кредиту (денне навчання).....	16
2.9. Інформаційно-методичне забезпечення.....	17
2.9.1. Рекомендована основна навчальна література.....	17
2.9.2. Додаткові джерела.....	17
2.9.3. Методичне забезпечення.....	17
2.10. Розподіл обсягу навчальної роботи студента за спеціальностями та видами навчальної роботи (заочне навчання).....	18
2.11. Зміст дисципліни (заочне навчання)	18
2.12. Розподіл часу за формами навчальної роботи студента (заочне навчання).....	19
2.13. Індивідуальні завдання: курсовий проект (робота), РГР, контрольна робота тощо (заочне навчання).....	20
2.14 Самостійна навчальна робота студента (заочне навчання).....	20
2.15 Засоби контролю (заочне навчання).....	21
2.16. Інформаційно-методичне забезпечення.....	22
2.16.1 Рекомендована основна навчальна література.....	22
2.16.2 Додаткові джерела.....	22
2.16.3 Методичне забезпечення.....	22

## ВСТУП

Запропоновані програма та робоча програма навчальної дисципліни “Математичні задачі електроенергетики ” призначені для студентів 2 курсу денної та 3 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 “Електротехніка та електротехнології” спеціальність “Електротехнічні системи електроспоживання”.

У програмі вказані структура курсу, детальний перелік тем, розподіл часу за темами, система оцінювання знань.

Докладний список літератури, наведений у програмі, дозволить студентам поглиблювати і розширювати здобуті знання, плідно використовувати час, призначений для самостійної роботи.

Програма побудована за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу та узгоджена з орієнтовною структурою змісту навчальної дисципліни, рекомендованою Європейською Кредитно-Трансферною Системою (ECTS).

Статус дисципліни: нормативна

Загальна кількість: 4 кредитів ECTS / годин 144.

Освітньо-кваліфікаційний рівень підготовки: бакалавр.

Програма складена на основі:

СВО ХНАМГ ОКХ підготовки бакалавра спеціальності Електротехнічні системи електроспоживання, 2007 р.

СВО ХНАМГ ОПП підготовки бакалавра спеціальності Електротехнічні системи електроспоживання, 2007 р.

СВО ХНАМГ навчальний план підготовки бакалавра спеціальності Електротехнічні системи електроспоживання, 2007 р.

Програму ухвалено:

Кафедрою електропостачання міст. (протокол №11 від 2 липня 2008 р.)

Вченою радою факультету електропостачання та освітлення міст. (протокол №1 від 03 вересня 2008 р.)

# **1. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

## **1.1. Мета, предмет та місце дисципліни**

### **1.1.1. Мета та завдання вивчення дисципліни.**

Формування знань, умінь і практичних навичок із використання математичних основ методів, що застосовуються під час розв'язання задач аналізу, синтезу і частково керування електроенергетичних систем та їх підсистем, задач кількісної оцінки режимів роботи електроенергетичних систем в процесі їх проектування із застосуванням сучасних математичних методів та засобів комп'ютерної техніки

### **1.1.2. Предмет вивчення у дисципліні.**

Математичні методи для розв'язання задач аналізу і синтезу електроенергетичних систем та їх підсистем, задач кількісної оцінки режимів роботи електроенергетичних систем в процесі їх проектування, а також алгоритми їх реалізації із застосуванням сучасних математичних методів та засобів комп'ютерної техніки.

### **1.1.3. Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця**

<b>Перелік дисциплін, на які безпосередньо спирається вивчення даної дисципліни</b>	<b>Перелік дисциплін, вивчення яких безпосередньо спирається на дану дисципліну</b>
Філософія (філософія, релігієзнавство, логіка, етика і естетика)	Електричні системи і мережі
Загальна фізика	Теорія автоматичного керування
Вища математика	Енергетична електроніка
Теоретичні основи електротехніки	Електропостачання міст та промислових підприємств
	Релейний захист і автоматика

## **1.2. Інформаційний обсяг (зміст) дисципліни**

(відповідно до стандартів ОПП)

**Модуль 1.** Математичні задачі електроенергетики, пов'язані з дослідженням усталених режимів в електричних системах.

(2 кредити / 72 год.)

Змістовий модуль (ЗМ) 1.1. Теорія графів та матричне обчислення для формування рівнянь електричних систем.

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи:

Графи та їх класифікація.

Складання графів електричних систем.

Представлення інформації про електричну систему у пам'яті комп'ютера.

Матриця інцидентів та пов'язані з нею рівняння.

Дерево графа електричної системи.

Матриця особливих контурів та пов'язані з нею рівняння.

Матриця особливих перетинів та пов'язані з нею рівняння.  
Топологічна матриця контур-вітка та пов'язані з нею рівняння.

**ЗМ 1.2. Методи розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем.**

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи:

Метод вузлових напруг та представлення його в матричній формі.

Матричні методи розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем.

Сутність ітераційних методів розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем.

Сигнальні графи електричних систем та їх застосування для розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем та аналізу систем автоматичного керування.

Відображення сигнальних графів електричних систем у вигляді візуальних моделей.

Особливості розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем з комплексними коефіцієнтами.

**Модуль 2. . Математичні задачі електроенергетики, пов'язані з дослідженням динамічних режимів в електричних системах.**

(1,5 кредити / 54 год.)

**ЗМ 2.1. Методи формування рівнянь динамічних режимів електричних систем.**

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи:

Недоліки методів вузлових напруг та контурних струмів при аналізі динамічних режимів.

Сутність метода змінних стану для електричних систем.

Методи формування рівнянь змінних стану для електричних систем.

Матрична форма рівнянь змінних стану для електричних систем.

Оцінка динамічних властивостей електричної системи за системною матрицею.

**ЗМ 2.2. Методи розв'язання рівнянь змінних стану для електричних систем.**

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи:

Нормальна форма системи рівнянь динамічної системи.

Методи чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.

Точність та стійкість методів чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.

Конструювання А-стійких методів чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.

Метод дискретних схем заміщення реактивних елементів електричних систем.

Матрична експонента та її застосування для чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.

ЗМ 2.3. Розрахунково-графічна робота „Розрахунок динамічних режимів в електричній системі”.

Обов’язкові укрупнені навчальні елементи:

Складання розрахункової схеми для аналізу перехідного процесу в електричній системі.

Складання орієнтованого графа електричної системи.

Формування дерева графа.

Формування топологічної матриці.

Складання топологічних рівнянь.

Складання компонентних рівнянь.

Формування рівнянь за методом змінних стану.

Отримання рівнянь стану в матричній формі.

Чисельне розв’язання рівнянь динамічного режиму

Побудова часових діаграм динамічного режиму електричної системи.

**Модуль 3.** Математичні задачі електроенергетики, пов’язані з оптимізаційними задачами в електричних системах.

(0,5 кредити / 18 год.)

ЗМ 3.1. Оптимізаційні методи в задачах електроенергетики.

Обов’язкові укрупнені навчальні елементи:

Постановка завдань оптимізації, основні поняття.

Алгоритми і методи пошукової оптимізації.

Реалізація алгоритмів і методів пошукової оптимізації в сучасних пакетах комп’ютерної математики.

Приклади застосування методів пошукової оптимізації при розв’язанні математичних задач електроенергетики

### 1.3. Освітньо-кваліфікаційні вимоги

#### 1.3.1. В результаті вивчення дисципліни студент повинен

Вміння (за рівнями сформованості) та знання	Сфери діяльності (виробнича, соціально- виробнича, соціально-побутова)	Функції діяльності у виробничій сфері (проектувальна, організаційна, управлінська, виконавська, технічна, інші)
1	2	3
Знати:		
місце та можливості прикладної математики та засобів обчислювальної техніки при дослідженнях та проектуванні електроенергетичних мереж та систем.	Виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова	Проектувальна, управлінська та технічна
елементи теорії множин і теорії графів. математичні основи методів аналізу ustalених режимів	Виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова	Проектувальна, управлінська та технічна

1	2	3
електроенергетичних систем		
побудову візуальних моделей електричних систем, методи їх реалізації апаратне та програмне забезпечення для реалізації комп'ютерних моделей електричних систем.	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська
методи ітерації, Ньютона-Рафсона, змінних стану, інтегрування рівнянь стану за допомогою стійких методів, метод матричної експоненти.	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
Вміти:		
розв'язувати алгебраїчні рівняння електричних систем будь-якого порядку.	Виробнича	Проектувальна, технічна
проводити аналіз електричних систем на базі методу вузлових напруг і контурних струмів, методу змінних стану.	Виробнича	Проектувальна, технічна
кодувати параметри електроенергетичної мережі для введення інформації про неї в ЕОМ.	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
формулювати рівняння електроенергетичних мереж на основі топологічних матриць та орієнтованих графів електричних систем.	Виробнича, соціально-виробнича	Проектувальна, управлінська та технічна
– розраховувати електромагнітні перехідні процеси в електричних системах на основі метода змінних стану за допомогою чисельних методів з використанням ЕОМ.	Виробнича	Проектувальна, технічна
– аналізувати отримані результати та давати їм відповідну фізичну інтерпретацію;	Виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова	Проектувальна, управлінська та технічна
– оцінювати до яких похибок можуть призвести ті чи інші припущення та спрощення;	Виробнича, соціально-виробнича, соціально-побутова	Проектувальна, управлінська та технічна

#### 1.4. Рекомендована навчальна література

##### 1.4.1. Основна література (підручники, навчальні посібники, інші видання)

1. Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики. Львів, Вища школа, 1989.- 464 с.



2. Электрические системы: Математические задачи электроэнергетики: Учебник / Под ред. В.А.Веникова.- М.: Высш. шк., 1981. -288 с.

3. Демирчан К.С., Бутырин П.А. Моделирование и машинный расчет электрических цепей. М.: Высш. шк., 1988.- 335 с.

#### **1.4.2. Додаткові джерела**

4. Перхач В.С. Теоретична електротехніка.- К.: Вища школа, 1992-439 с.

5. Сэнди К. Современные методы анализа электрических систем.- М.: Энергия, 1979.- 360 с.

6. Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики).-М.: Высш. шк., 1984.-439 с.

7. Винославский В.Н., Тарадай В.И., Бутц У., Хайнце Д. Автоматизация проектирования систем электроснабжения.- Киев-Лейпциг, 1988.- 208 с.

8. Ягуп В.Г. Автоматизированный расчет тиристорных схем. -Харьков: Вища школа, 1986.- 160 с.

#### **1.4.3. Методичне забезпечення**

1. Математичні задачі електроенергетики. Робоча програма, методичні вказівки до вивчення дисципліни та контрольні завдання (для студентів заочної форми навчання спец. 7.090603 / Укл. Ягуп В.Г. -Харків: ХНАМГ, 2006. - 20 с.

2. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни "Математичні задачі електроенергетики" для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 6.090603 "Електричні системи електроспоживання" / Укл. Ягуп В.Г. -Харків: ХНАМГ, 2007. - 20 с.

3. Ягуп В.Г. Математичні задачі електроенергетики. Конспект лекцій. – Харків: ХНАМГ, 2010.-120 с.

4. Комп'ютерні програми для розрахунків усталених та динамічних процесів в електричних системах.

#### **1.5. Анотація програми навчальної дисципліни**

У курсі вивчаються особливості постановки і розв'язання задач електроенергетики, пов'язаних з аналізом усталених і динамічних процесів в електричних системах із застосуванням сучасних математичних методів і засобів обчислювальної техніки. Розглядаються необхідні алгоритми і чисельні методи розв'язання рівнянь стану електричних систем. Вивчаються критерії та методи пошукової оптимізації щодо завдань аналізу режимів електричних систем.

В курсе изучаются особенности постановки и решения задач электроэнергетики, связанных с анализом установившихся и динамических процессов в электрических системах с использованием современных математических методов и средств вычислительной техники. Рассматриваются необходимые алгоритмы и численные методы решения уравнений состояния

электрических систем. Изучаются критерии и методы поисковой оптимизации применительно к задачам анализа режимов электрических систем.

The general questions of problem definition of electromagnetic processes analysis in static and dynamic modes for electric power systems. Modern mathematical techniques and computer means are in widely use. Essential algorithms and numerical methods for computing of state variables equations of power electric systems are considered. Criteria and methods of searching optimization for mode analysis problems for power electric systems are studied in course..

## 2. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Розподіл обсягу навчальної роботи студента за спеціальностями та видами навчальної роботи (за робочими навчальними планами денної форми навчання)

Спеціальність, спеціалізація (шифр, аббревіатура)	Всього, кредит/ годин	Семестр (и)	Години								Екзамен (семестр)	Заліки (семестр)
			Аудиторні	у тому числі			Самостійна робота	у тому числі				
				Лекції	Практичні, семінари	Лабораторні		Контр. роб.	КП/КР	РГР		
6.050701, ECE	4,0/144	4	64	32	32	-	80			18	4	

### 2.2. Зміст дисципліни

**Модуль 1.** Математичні задачі електроенергетики, пов'язані з дослідженням усталених режимів в електричних системах.

(1,5 кредити/ 54 год.)

Змістові модулі (ЗМ):

ЗМ 1.1. Теорія графів та матричне обчислення для формування рівнянь електричних систем.  
(0,75 / 27)

Навчальні елементи:

1. Графи та їх класифікація.
2. Складання графів електричних систем.
3. Представлення інформації про електричну систему в пам'яті комп'ютера.
4. Матриця інцидентів та пов'язані з нею рівняння.
5. Дерево графа електричної системи.
6. Матриця особливих контурів та пов'язані з нею рівняння.
7. Матриця особливих перетинів та пов'язані з нею рівняння.
8. Топологічна матриця контур-вітка та пов'язані з нею рівняння.

ЗМ 1.2 Методи розв'язання рівнянь усталених режимів електричних систем.  
(0,75 / 27)

Навчальні елементи:

1. Метод вузлових напруг та представлення його в матричній формі.
2. Матричні методи розв'язання рівнянь усталених режимів електричних систем.
3. Сутність ітераційних методів розв'язання рівнянь усталених режимів електричних систем.
4. Сигнальні графи електричних систем та їх застосування для розв'язання рівнянь усталених режимів електричних систем та аналізу систем автоматичного керування.

5. Відображення сигнальних графів електричних систем у вигляді візуальних моделей.
6. Особливості розв'язання рівнянь усталених режимів електричних систем з комплексними коефіцієнтами.

**Модуль 2.** . Математичні задачі електроенергетики, пов'язані з дослідженням динамічних режимів в електричних системах.

(2,0 кредити / 72 год.)

**ЗМ 2.1.** Методи формування рівнянь динамічних режимів електричних систем.

Навчальні елементи: (1,0 / 36)

1. Недоліки методів вузлових напруг та контурних струмів при аналізі динамічних режимів.
2. Сутність метода змінних стану для електричних систем.
3. Методи формування рівнянь змінних стану для електричних систем.
4. Матрична форма рівнянь змінних стану для електричних систем.
5. Оцінка динамічних властивостей електричної системи за системною матрицею.

**ЗМ 2.2.** Методи розв'язання рівнянь змінних стану для електричних систем.

Навчальні елементи: (1,0 / 36)

1. Нормальна форма системи рівнянь динамічної системи.
2. Методи чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.
3. Точність та стійкість методів чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.
4. Конструювання А-стійких методів чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.
5. Метод дискретних схем заміщення реактивних елементів електричних систем.
6. Матрична експонента та її застосування для чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.

**ЗМ 2.3.** Розрахунково-графічна робота „Розрахунок динамічних режимів в електричній системі”.

Навчальні елементи:

1. Складання розрахункової схеми для аналізу перехідного процесу в електричній системі.
2. Складання орієнтованого графа електричної системи.
3. Формування дерева графа.
4. Формування топологічної матриці.
5. Складання топологічних рівнянь.
6. Складання компонентних рівнянь.
7. Формування рівнянь за методом змінних стану.
8. Отримання рівнянь стану в матричній формі.

9. Чисельне розв'язання рівнянь динамічного режиму
10. Побудова часових діаграм динамічного режиму електричної системи.

**Модуль 3.** Математичні задачі електроенергетики, пов'язані з оптимізаційними задачами в електричних системах.

(0,5 кредита / 18 год.)

**ЗМ 3.1.** Оптимізаційні методи в задачах електроенергетики.

Навчальні елементи:

1. Постановка завдань оптимізації, основні поняття.
2. Алгоритми і методи пошукової оптимізації.
3. Реалізація алгоритмів і методів пошукової оптимізації в сучасних пакетах комп'ютерної математики.
4. Приклади застосування методів пошукової оптимізації при розв'язанні математичних задач електроенергетики

### 2.3. Розподіл часу за модулями і змістовими модулями та форми навчальної роботи студента (денне навчання)

Модулі (семестри) та змістові модулі	Всього, Кредит/годин	Форми навчальної роботи			
		Лекц.	Сем., Пр.	Лаб.	СРС
<b>Модуль 1</b>	<b>1,5/54</b>	<b>14</b>	<b>14</b>		<b>26</b>
ЗМ 1.1	0,9/32	8	8		16
ЗМ 1.2	0,6/22	6	6		10
<b>Модуль 2</b>	<b>2,0/72</b>	<b>14</b>	<b>14</b>		<b>44</b>
ЗМ 2.1	0,6/22	6	6		10
ЗМ 2.2	0,9/50	8	8		34
<b>Модуль 3</b>	<b>0,5/18</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>10</b>
ЗМ 3.1	0,5/18	4	4		10
<b>ВСЬОГО</b>	<b>4,0/144</b>	<b>32</b>	<b>32</b>		<b>80</b>

### 2.4. Лекційний курс (денне навчання)

Зміст	Кількість годин за спеціальностями, спеціалізаціями (шифр, аббревіатура)		
	ЕСЕ		
1	2	3	4
<u>Лекція 1.</u> Графи та їх класифікація. Складання графів електричних систем. Представлення інформації про електричну систем у пам'яті комп'ютера.	2		
<u>Лекція 2.</u> Матриця інцидентів та пов'язані з нею рівняння..	2		
<u>Лекція 3.</u> Дерево графа електричної системи. Матриця особливих контурів та пов'язані з нею рівняння.	2		
<u>Лекція 4.</u> Матриця особливих перетинів та пов'язані з нею рівняння. Топологічна матриця контур-вітка та пов'язані з нею рівняння. Компонентні рівняння електричних систем.	2		

1	2	3	4
<b>За ЗМ 1.1</b>	<b>8</b>		
<u>Лекція 5</u> Метод вузлових напруг та представлення його в матричній формі. Матричні методи розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем. Сутність ітераційних методів розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем	2		
<u>Лекція 6.</u> Сигнальні графи електричних систем та їх застосування для розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем та аналізу систем автоматичного керування.	2		
<u>Лекція 7.</u> Відображення сигнальних графів електричних систем у вигляді візуальних моделей. Особливості розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем з комплексними коефіцієнтами.	2		
<b>За ЗМ 1.2</b>	<b>6</b>		
<b>ВСЬОГО ЗА МОДУЛЕМ 1</b>	<b>14</b>		
<u>Лекція 8.</u> Недоліки методів вузлових напруг та контурних струмів при аналізі динамічних режимів. Сутність метода змінних стану для електричних систем.	2		
<u>Лекція 9.</u> Методи формування рівнянь змінних стану для електричних систем. Матрична форма рівнянь змінних стану для електричних систем.	2		
<u>Лекція 10.</u> Оцінка динамічних властивостей електричної системи за системною матрицею.	2		
<b>За ЗМ 2.1</b>	<b>6</b>		
<u>Лекція 11.</u> Нормальна форма системи рівнянь динамічної системи. Методи чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.	2		
<u>Лекція 12.</u> Точність та стійкість методів чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.	2		
<u>Лекція 13.</u> А-стійкі методи чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем. Метод дискретних схем заміщення реактивних елементів електричних систем.	2		
<u>Лекція 14.</u> Матрична експонента та її застосування для чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.	2		
<b>За ЗМ 2.2</b>	<b>8</b>		
<b>ВСЬОГО ЗА МОДУЛЕМ 2</b>	<b>14</b>		
<u>Лекція 15</u> Алгоритми і методи пошукової оптимізації. Реалізація алгоритмів і методів пошукової оптимізації в сучасних пакетах комп'ютерної математики.	2		
<u>Лекція 16.</u> Приклади застосування методів пошукової оптимізації при розв'язанні математичних задач електроенергетики	2		
<b>За ЗМ 3.1</b>	<b>4</b>		
<b>ВСЬОГО ЗА МОДУЛЕМ 3</b>	<b>4</b>		
<b>ВСЬОГО</b>	<b>32</b>		

## 2.5. Практичні (семінарські) заняття (денне навчання)

Зміст	Кількість годин за спеціальностями, спеціалізаціями (шифр, аббревіатура)		
	ЕСЕ		
1	2	3	4
<u>Тема 1.</u> Складання графів електричних систем. Представлення інформації про електричну систему у пам'яті комп'ютера. Матриця інцидентів та пов'язані з нею рівняння..	2		
<u>Тема 2.</u> Матриця особливих контурів та пов'язані з нею рівняння	2		
<u>Тема 3.</u> Матриця особливих перетинів та пов'язані з нею рівняння.	2		
<u>Тема 4.</u> Топологічна матриця контур-вітка та пов'язані з нею рівняння. Компонентні рівняння електричних систем.	2		
<b>За ЗМ 1.1</b>	<b>8</b>		
<u>Тема 5.</u> Метод вузлових напруг та представлення його в матричній формі. Матричні методи розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем.	2		
<u>Тема 6.</u> Сигнальні графи електричних систем та їх застосування для розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем.	2		
<u>Тема 7.</u> Відображення сигнальних графів електричних систем у вигляді візуальних моделей. Особливості розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем з комплексними коефіцієнтами.	2		
<b>За ЗМ 1.2</b>	<b>6</b>		
<b>ВСЬОГО ЗА МОДУЛЕМ 1</b>	<b>14</b>		
<u>Тема 8.</u> Методи формування рівнянь змінних стану для електричних систем.	2		
<u>Тема 9.</u> Матрична форма рівнянь змінних стану для електричних систем.	2		
<u>Тема 10.</u> Оцінка динамічних властивостей електричної системи за системною матрицею..	2		
<b>За ЗМ 2.1</b>	<b>6</b>		
<u>Тема 11.</u> Методи чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.	2		
<u>Тема 12.</u> Точність та стійкість методів чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.	2		
<u>Тема 13.</u> Метод дискретних схем заміщення реактивних елементів електричних систем.	2		
<u>Тема 14.</u> Матрична експонента та її застосування для чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем	2		
<b>За ЗМ 2.2</b>	<b>8</b>		
<b>ВСЬОГО ЗА МОДУЛЕМ 2</b>	<b>14</b>		

Продовження табл.

1	2	3	4
Тема 15. Реалізація алгоритмів і методів пошукової оптимізації в сучасних пакетах комп'ютерної математики.	2		
Тема 16. Застосування методів пошукової оптимізації при розв'язанні математичних задач електроенергетики	2		
<b>За ЗМ 3.1</b>	<b>4</b>		
<b>ВСЬОГО ЗА МОДУЛЕМ 2</b>	<b>4</b>		
<b>ВСЬОГО</b>	<b>32</b>		

## 2.6 Індивідуальні завдання:

курсний проект (робота), РГР, контрольна робота тощо (денне навчання)

На виконання розрахунково-графічної роботи на тему „Розрахунок динамічних режимів в електричній системі ” передбачено обсяг 0,5 кредиту / 18 годин. Зміст розрахунково-графічної роботи полягає у складанні орієнтованого графа електричної системи, формуванні дерева графа і топологічної матриці, складанні топологічних і компонентних рівнянь, формуванні рівнянь за методом змінних стану і чисельному розв'язанні цих рівнянь та побудова часових діаграм динамічного режиму електричної системи.

## 2.7. Самостійна навчальна робота студента (денне навчання)

№ п.п.	Форми самостійної роботи	Обсяг у годинах
1.	Індивідуальна	10
2.	Вивчення навчальної літератури	20
3.	Розв'язання задач	20
4.	Складання конспектів	6
5.	Виконання розрахунково-графічної роботи	18
7.	Проведення самоконтролю	6
	<b>Всього</b>	<b>80</b>

## 2.8. Засоби контролю та структура залікового кредиту (денне навчання)

	Види та засоби контролю (тестування, контрольні роботи, індивідуальні завдання тощо)	Розподіл балів, %
	<b>МОДУЛЬ 1. Поточний контроль зі змістових модулів</b>	
ЗМ 1.1	Тестові завдання	60
ЗМ 1.2	Співбесіда	40
	<b>Всього за модулем 1</b>	<b>100%</b>
	<b>МОДУЛЬ 2. Поточний контроль зі змістових модулів</b>	
ЗМ 2.1	Тестові завдання	20
ЗМ 2.2	Співбесіда	20
ЗМ 2.3	Захист розрахунково-графічної роботи	60
	<b>Всього за модулем 2</b>	<b>100%</b>
	<b>МОДУЛЬ 3. Поточний контроль зі змістових модулів</b>	
ЗМ 2.1	Співбесіда	100
	<b>Підсумковий контроль з (іспит)</b>	<b>100</b>



## 2.9. Інформаційно-методичне забезпечення

	Бібліографічні описи, Інтернет адреси	ЗМ, де застосовується
<b>2.9.1. Рекомендована основна навчальна література (підручники, навчальні посібники, інші видання)</b>		
1	1.Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики. Львів, Вища школа, 1989.- 464 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
2	2.Электрические системы: Математические задачи электроэнергетики: Учебник / Под ред. В.А.Веникова.- М., Высш. шк., 1981. -288 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
3	3.Демирчан К.С., Бутырин П.А. Моделирование и машинный расчет электрических цепей. М.: Высш. шк., 1988.- 335 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
<b>2.9.2. Додаткові джерела (довідники, нормативні видання, сайти Інтернет тощо)</b>		
4	4.Перхач В.С. Теоретична електротехніка.- К.: Вища школа, 1992-439 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
5	5.Сэнди К. Современные методы анализа электрических систем.- М.: Энергия, 1979.- 360 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
6	6.Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики).-М.: Высш. шк., 1984.-439 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
47	7.Винославский В.Н., Тарадай В.И., Бутц У., Хайнце Д. Автоматизация проектирования систем электроснабжения.- Киев-Лейпциг, 1988.- 208 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
8	8.Ягуп В.Г. Автоматизированный расчет тиристорных схем. - Харьков: Вища школа, 1986.- 160 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
<b>2.9.3. Методичне забезпечення (реєстр методичних вказівок, інструкцій до лабораторних робіт, планів семінарських занять, комп'ютерних програм, відео-аудіо-матеріалів, плакатів тощо)</b>		
9	Ягуп В.Г. Математичні задачі електроенергетики: робоча програма, методичні вказівки до вивчення дисципліни та контрольні завдання.-Харків, ХНАМГ, 2006.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
10	Ягуп В.Г. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Математичні задачі електроенергетики». .-Харків, ХНАМГ, 2007.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
11	Комп'ютерні програми для виконання розрахункових завдань.	1.1-1.2, 2.1-2.2,
12	Конспект лекцій з математичних задач електроенергетики./Укл. Ягуп В.Г. – Х.: ХНАМГ, 2010.- 120с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1

**2.10. Розподіл обсягу навчальної роботи студента  
за спеціальностями та видами навчальної роботи (заочне навчання)**  
(за робочими навчальними планами денної форми навчання)

Спеціальність, спеціалізація (шифр, аббревіатура)	Всього, кредит/ годин	Семестр (и)	Години								Екзамен (семестр)	Заліки (семестр)
			Аудиторні	у тому числі			Самостійна робота	у тому числі				
				Лекції	Практичні, семінари	Лабораторні		Контр. роб.	КП/КР	РГР		
6.050701 ECE	4,0/144	5	18	10	8		126			18	5	

**2.11. Зміст дисципліни (заочне навчання)**

**Тема 1.** Графи та їх класифікація. Складання графів електричних систем. Представлення інформації про електричну систему у пам'яті комп'ютера.

**Тема 2.** Матриця інцидентів та пов'язані з нею рівняння..

**Тема 3.** Дерево графа електричної системи.

Матриця особливих контурів та пов'язані з нею рівняння.

**Тема 4.** Матриця особливих перетинів та пов'язані з нею рівняння. Топологічна матриця контур-вітка та пов'язані з нею рівняння. Компонентні рівняння електричних систем.

**Тема 5.** Метод вузлових напруг та представлення його в матричній формі. Матричні методи розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем. Сутність ітераційних методів розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем

**Тема 6.** Сигнальні графи електричних систем та їх застосування для розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем та аналізу систем автоматичного керування.

**Тема 7.** Відображення сигнальних графів електричних систем у вигляді візуальних моделей. Особливості розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем з комплексними коефіцієнтами.

**Тема 8.** Недоліки методів вузлових напруг та контурних струмів при аналізі динамічних режимів. Сутність метода змінних стану для електричних систем.

**Тема 9.** Методи формування рівнянь змінних стану для електричних систем. Матрична форма рівнянь змінних стану для електричних систем.

**Тема 10.** Оцінка динамічних властивостей електричної системи за системною матрицею.

**Тема 11.** . Нормальна форма системи рівнянь динамічної системи. Методи чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.

**Тема 12.** Точність та стійкість методів чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.

**Тема 13.** А-стійкі методи чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем. Метод дискретних схем заміщення реактивних елементів електричних систем.

**Тема 14.** Матрична експонента та її застосування для чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.

**Тема 15.** Алгоритми і методи пошукової оптимізації. Реалізація алгоритмів і методів пошукової оптимізації в сучасних пакетах комп'ютерної математики.

**Тема 16.** Приклади застосування методів пошукової оптимізації при розв'язанні математичних задач електроенергетики

## 2.12. Розподіл часу за формами навчальної роботи студента (заочне навчання)

Зміст навчальної дисципліни	Обсяг у годинах			
	Заочне навчання			
	Л	П	Лз	СРС
1	2	3	4	5
<u>Тема 1.</u> Графи та їх класифікація. Складання графів електричних систем. Представлення інформації про електричну систему у пам'яті комп'ютера.				8
<u>Тема 2.</u> Матриця інцидентів та пов'язані з нею рівняння..				8
<u>Тема 3.</u> Дерево графа електричної системи. Матриця особливих контурів та пов'язані з нею рівняння.	1			8
<u>Тема 4.</u> Матриця особливих перетинів та пов'язані з нею рівняння. Топологічна матриця контур-вітка та пов'язані з нею рівняння. Компонентні рівняння електричних систем.	1	2		8
<u>Тема 5</u> Метод вузлових напруг та представлення його в матричній формі. Матричні методи розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем. Сутність ітераційних методів розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем	1			8
<u>Тема 6.</u> Сигнальні графи електричних систем та їх застосування для розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем та аналізу систем автоматичного керування.	1			8
<u>Тема 7.</u> Відображення сигнальних графів електричних систем у вигляді візуальних моделей. Особливості розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем з комплексними коефіцієнтами.	1			8
<u>Тема 8.</u> Недоліки методів вузлових напруг та контурних струмів при аналізі динамічних режимів. Сутність метода змінних стану для електричних систем.				8
<u>Тема 9.</u> Методи формування рівнянь змінних стану для електричних систем. Матрична форма рівнянь змінних стану для електричних систем.	1	2		8
<u>Тема 10.</u> Оцінка динамічних властивостей електричної системи за системною матрицею.				8
<u>Тема 11.</u> Нормальна форма системи рівнянь динамічної системи. Методи чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.	1	2		8
<u>Тема 12.</u> Точність та стійкість методів чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.	1			8
<u>Тема 13.</u> А-стійкі методи чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем. Метод дискретних схем заміщення реактивних елементів електричних систем.		2		8

Продовження табл.

1	2	3	4	5
Тема 14. Матрична експонента та її застосування для чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.	1			8
Тема 15 Алгоритми і методи пошукової оптимізації. Реалізація алгоритмів і методів пошукової оптимізації в сучасних пакетах комп'ютерної математики.				6
Тема 16. Приклади застосування методів пошукової оптимізації при розв'язанні математичних задач електроенергетики	1			8
<b>Всього</b>	<b>10</b>	<b>8</b>		<b>126</b>

### 2.13. Індивідуальні завдання:

#### курсний проект (робота), РГР, контрольна робота тощо (заочне навчання)

Навчальним планом підготовки передбачено виконання розрахунково-графічної роботи в 5 семестрі.

На виконання розрахунково-графічної роботи на тему „Розрахунок електромагнітних перехідних процесів в електричних системах” передбачено обсяг 0,5 кредиту / 18 годин. Зміст розрахунково-графічної роботи полягає у складанні орієнтованого графа електричної системи, формуванні дерева графа і топологічної матриці, складанні топологічних і компонентних рівнянь, формуванні рівнянь за методом змінних стану і чисельному розв'язанні цих рівнянь та побудова часових діаграм динамічного режиму електричної системи.

### 2.14. Самостійна навчальна робота студента (заочне навчання)

Самостійна робота передбачена в обсязі 126 годин для студентів заочної форми навчання і полягає в більш докладному вивченні тем, наведених у таблиці:

№ теми	Зміст теми	Обсяг, години
		Заочне навчання
1	2	3
1	Графи та їх класифікація. Складання графів електричних систем. Представлення інформації про електричну систему у пам'яті комп'ютера.	8
2	Матриця інцидентів та пов'язані з нею рівняння..	8
3	Дерево графа електричної системи. Матриця особливих контурів та пов'язані з нею рівняння.	8
4	Матриця особливих перетинів та пов'язані з нею рівняння. Топологічна матриця контур-вітка та пов'язані з нею рівняння. Компонентні рівняння електричних систем.	8
5	Метод вузлових напруг та представлення його в матричній формі. Матричні методи розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем. Сутність ітераційних методів розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем	8
6	Сигнальні графи електричних систем та їх застосування для розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем та аналізу систем автоматичного керування.	8

Продовження табл.

1	2	3
7	Відображення сигнальних графів електричних систем у вигляді візуальних моделей. Особливості розв'язання рівнянь ustalених режимів електричних систем з комплексними коефіцієнтами.	8
8	Недоліки методів вузлових напруг та контурних струмів при аналізі динамічних режимів. Сутність метода змінних стану для електричних систем.	8
9	Методи формування рівнянь змінних стану для електричних систем. Матрична форма рівнянь змінних стану для електричних систем.	8
10	Оцінка динамічних властивостей електричної системи за системною матрицею.	8
11	Нормальна форма системи рівнянь динамічної системи. Методи чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.	8
12	Точність та стійкість методів чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.	8
13	А-стійкі методи чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем. Метод дискретних схем заміщення реактивних елементів електричних систем.	8
14	Матрична експонента та її застосування для чисельного аналізу рівнянь змінних стану для електричних систем.	8
15	Алгоритми і методи пошукової оптимізації. Реалізація алгоритмів і методів пошукової оптимізації в сучасних пакетах комп'ютерної математики.	6
16	Приклади застосування методів пошукової оптимізації при розв'язанні математичних задач електроенергетики	8
<b>Всього</b>		<b>126</b>

### 2.15. Засоби контролю (заочне навчання)

**Засоби і форми поточного контролю** (Контрольні роботи, тестування та ін.)

Види контролю та їх стислий зміст	Обсяг у годинах
	Заочне навчання
1. Письмова аудиторна контрольна робота (складання рівнянь стану електричної системи).	0,5
2. Захист розрахунково-графічної роботи (розрахунок динамічних режимів в електричній системі).	0,5

### Засоби і форми підсумкового контролю

Види контролю та їх стислий зміст
1. Іспит

**2.16. Інформаційно-методичне забезпечення**  
(підручники, навчальні посібники, інші видання)

	<b>Бібліографічні описи, Інтернет адреси</b>	<b>ЗМ, де застосовується</b>
<b>2.16.1. Рекомендована основна навчальна література</b> (підручники, навчальні посібники, інші видання)		
1	1.Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики. Львів, Вища школа, 1989.- 464 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
2	2.Электрические системы: Математические задачи электроэнергетики: Учебник / Под ред. В.А.Веникова.- М.: Высш. Шк., 1981. -288 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
3	3.Демирчан К.С., Бутырин П.А. Моделирование и машинный расчет электрических цепей. М.: Высш. шк., 1988.- 335 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
<b>2.16.2. Додаткові джерела</b> (довідники, нормативні видання, сайти Інтернет тощо)		
4	4.Перхач В.С. Теоретична електротехніка.- К.: Вища школа, 1992-439 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
5	5.Сэнди К. Современные методы анализа электрических систем.- М.: Энергия, 1979.- 360 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
6	6.Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики).-М.: Высш. шк., 1984.-439 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
7	7.Винославский В.Н., Тарадай В.И., Бутц У., Хайнце Д. Автоматизация проектирования систем электроснабжения.- Киев-Лейпциг, 1988.- 208 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
8	8.Ягуп В.Г. Автоматизированный расчет тиристорных схем. - Харьков: Вища школа, 1986.- 160 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
<b>2.16.3. Методичне забезпечення</b> (реєстр методичних вказівок, інструкцій до лабораторних робіт, планів семінарських занять, комп'ютерних програм, відео-аудіо-матеріалів, плакатів тощо)		
9	Ягуп В.Г. Математичні задачі електроенергетики: робоча програма, методичні вказівки до вивчення дисципліни та контрольні завдання.-Харків, ХНАМГ, 2006.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
10	Ягуп В.Г. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Математичні задачі електроенергетики». .-Харків, ХНАМГ, 2007.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1
11	Комп'ютерні програми для виконання розрахункових завдань.	1.1-1.2, 2.1-2.2,
12	Конспект лекцій з математичних задач електроенергетики./Укл. Ягуп В.Г. – Х.: ХНАМГ, 2010.- 120 с.	1.1-1.2, 2.1-2.2, 3.1

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Програма навчальної дисципліни  
та робоча програма навчальної дисципліни  
**«Математичні задачі електроенергетики»**

(для студентів 2 курсу денної та 3 курсу заочної форм навчання  
напряму 6.050701 – “Електротехніка та електротехнології”  
спеціальності – “Електротехнічні системи електроспоживання”)

Укладач: **ЯГУП** Валерій Григорович

В авторській редакції

Комп’ютерне верстання: *Ю. Ю. Конюшенко*

План 2011, поз. 276 Р

---

Підп. до друку 29.03.2012 р.

Друк на ризографі

Тираж 10 пр.

Формат 60х84/16

Ум. друк. арк. 1,4

Зам. № 8138

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб’єкта видавничої справи:

ДК №4064 від 12.05.2011 р.