

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**М.Л. Глєбова  
В.Б. Фінкельштейн**

**ПРОГРАМА ТА РОБОЧА ПРОГРАМА  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ**

(для студентів 3 курсу денної, 3 і 4 курсів заочної форм навчання та ФПО освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 0906 „Електротехніка” (6.050701 - "Електротехніка та електротехнології") спеціальності „Електротехнічні системи електроживлення”)

**ХАРКІВ - ХНАМГ – 2009**

Програма та робоча програма навчальної дисципліни „Електричні машини” (для студентів 3 курсу денної, 3 і 4 курсів заочної форм навчання та ФПО освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 0906 „Електротехніка” (6.050701 - "Електротехніка та електротехнології") спеціальності „Електротехнічні системи електроспоживання”) / Укл. Глєбова М.Л., Фінкельштейн В.Б. - Харків: ХНАМГ, 2009. – 23 с.

Укладачі: доц., к.т.н. М.Л. Глєбова  
проф., д.т.н. В.Б. Фінкельштейн

Рецензент: проф., д.т.н. Сосков А.Г.

Рекомендовано кафедрою теоретичної та загальної електротехніки,  
протокол № 3 від 16 жовтня 2008 р.

## З М І С Т

Стор.

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ВСТУП.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>1. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....</b>   | <b>5</b>  |
| 1.1. Мета, предмет та місце дисципліни.....   | 5         |
| 1.2. Інформаційний обсяг (зміст) дисципліни.....  | 5         |
| 1.3. Освітньо-кваліфікаційні вимоги.....  | 7         |
| 1.4.Рекомендована основна навчальна література.....   | 7         |
| 1.5. Анотації дисципліни.....   | 8         |
| <b>2. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....</b>  | <b>10</b> |
| 2.1. Розподіл обсягу навчальної роботи студента за спеціальностями та видами навчальної роботи..... | 10        |
| 2.2.Зміст дисципліни.....   | 10        |
| 2.2.1.Розподіл часу за модулями і змістовими модулями.....  | 14        |
| 2.2.2.План лекційного курсу для денної та заочної форм навчання .....                               | 15        |
| 2.2.3.План практичних (семінарських) занять для денної та заочної форм навчання .....               | 17        |
| 2.2.4. План лабораторних робіт для денної та заочної форм навчання .....                            | 17        |
| 2.2.5. Індивідуальні завдання (ІНДЗ).....   | 19        |
| 2.3. Самостійна навчальна робота студентів.....   | 20        |
| 2.4. Види та засоби контролю та структура залікового кредиту.....                                   | 20        |
| 2.5. Інформаційно-методичне забезпечення.....   | 21        |

## ВСТУП

Курс “Електричні машини” викладається студентам 3 курсу денної, 3 і 4 курсів заочної форм навчання та ФПО спеціальності 6.090600 „Електротехнічні системи електроспоживання”.

У курсі "Електричні машини" на базі фізики, математики теоретичної електротехніки й теоретичної механіки висвітлюються процеси перетворення одних видів енергії в інші й електричної енергії однієї напруги в електричну енергію іншої напруги (генератори, двигуни, трансформатори).

Метою вивчення електричних машин є набуття майбутніми інженерами-електроенергетиками теоретичних і практичних знань у галузі електромеханічного перетворення енергії. Предметом вивчення є електричні машини і трансформатори, які є основними ланками в сучасних енергетичних і електромеханічних устаткуваннях.

Внаслідок вивчення різних типів електричних машин і трансформаторів студенти повинні знати принцип їх дії і будову, фізичні явища, які протікають в різних режимах роботи, і основні характеристики, а також вміти аналізувати і описувати стаціонарні і перехідні процеси в них.

При вивченні будови і режимів роботи електричних машин необхідні також знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки і електричних вимірів.

В свою чергу, знання електричних машин є базою для вивчення спеціальних дисциплін з енергетики.

Програма навчальної дисципліни «Електричні машини» розроблена на основі: СВО ХНАМГ ОКХ підготовки бакалавра за напрямом 0906 електротехніка спеціальності 6.090600 „Електротехнічні системи електроспоживання”, 2002 р. СВО ХНАМГ ОПП підготовки бакалавра за напрямом 0906 електротехніка спеціальності 6.090600 „Електротехнічні системи електроспоживання”, 2002 р. Навчальний план підготовки бакалавра напряму 0906 електротехніка спеціальності 6.090600 „Електротехнічні системи електроспоживання”, 2006 р.

Програма навчальної дисципліни «Електричні машини» ухвалена кафедрою теоретичної та загальної електротехніки, протокол №2 від 25 вересня 2008 р. та Вченою радою факультету «Електропостачання та освітлення міст», протокол №1 від 2 жовтня 2008 р.

# 1. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## 1.1. Мета, предмет та місце дисципліни

**Мета:** формування теоретичних знань та практичних навичок у галузі електричних машин та трансформаторів, їх електричних та механічних властивостей, енергетичних і теплових процесів, що мають місце при їх роботі.

**Завдання:** вивчення принципів побудови електричних машин та трансформаторів, методів їх розрахунку та областей застосування.

**Предмет вивчення у дисципліні:** устрій, фізичні процеси, експлуатаційні та регулювальні характеристики електричних машин і трансформаторів, які є основними ланками в сучасних енергетичних і електромеханічних устаткуваннях.

### Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця

| Дисципліни, що передують вивченню даної дисципліни   | Дисципліни, вивчення яких спирається на дану дисципліну   |
|--|---|
| Математика, фізика, теоретична електротехніка, промислова електроніка, теоретична механіка, основи метрології та електричні вимірювання, електротехнічні матеріали | Електричні станції та підстанції, перехідні процеси в електричних мережах, автоматизований електропривод, електричні системи і мережі |

## 1.2. Інформаційний обсяг (зміст) дисципліни

**Модуль 1.** Трансформатори, асинхронні машини.  
(3 кредита / 108 годин)

Змістові модулі (ЗМ):

ЗМ 1.1. Фізичні процеси в трансформаторі та їх математичний опис, характеристики трансформатора.

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи

1. Конструкція, принцип дії та рівняння трансформатора.
2. Втрати в трансформаторі, коефіцієнт корисної дії.
3. Зовнішня характеристика трансформатора.

ЗМ 1.2. Фізичні процеси в асинхронній машині та їх математичний опис, характеристики асинхронної машини.

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи

1. Конструкція, принцип дії та рівняння асинхронної машини.
2. Втрати в асинхронній машині, коефіцієнт корисної дії.
3. Робочі і механічні характеристики асинхронної машини.

**Модуль 2.** Синхронні машини, машини постійного струму.

(3 кредита / 108 годин)

Змістові модулі (ЗМ):

ЗМ 2.1. Фізичні процеси в синхронній машині та їх математичний опис, характеристики синхронної машини.

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи

1. Конструкція, принцип дії та основна векторна діаграма (діаграма Блонделя) синхронної машини.
2. Реакція якоря синхронної машини, її залежність від характеру навантаження, електромагнітна потужність.
3. Характеристики синхронних машин при автономній роботі та при паралельній роботі з мережею.

ЗМ 2.2. Фізичні процеси в машинах постійного струму та їх математичний опис, характеристики машин постійного струму.

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи

1. Конструкція, принцип дії та характеристики машин постійного струму, рівняння електричної та механічної рівноваги.
2. Реакція якоря та , комутація машин постійного струму.
3. Регулювання швидкості двигунів і напруги генераторів постійного струму.

### 1.3. Освітньо-кваліфікаційні вимоги

| <b>Вміння (за рівнями сформованості) та знання</b>   | <b>Типові задачі діяльності, у яких використовуються вміння та знання</b> | <b>Виробничі та соціальні функції, до яких відносяться типові задачі діяльності</b> |
|--|---|---|
| Знати будову і принцип дії окремих видів електричних машин і трансформаторів; основні елементи конструкцій і матеріали, з яких вони виконуються  | Проектно-конструкторська, технологічна та операторська                    | Виробничі   |
| Знати електромагнітні та електромеханічні процеси в електричних машинах і трансформаторах та їх вплив на режим роботи, характеристики і енергетичні показники; способи пуску та регулювання швидкості обертання електричних машин; особливості експлуатації електричних машин і трансформаторів; математичні моделі електричних машин і трансформаторів різного рівня              | Проектно-конструкторська, технологічна та операторська                    | Виробничі   |
| Вміти: вибирати електричні машини і трансформатори для конкретних умов їх практичного використання; використовувати основні рівняння та паспортні дані електричних машин і трансформаторів для визначення їхніх параметрів для аналізу режимів роботи характеристик та енергетичних показників; вміти адекватно застосувати математичні моделі електричних машин і трансформаторів | Проектно-конструкторська, технологічна та операторська                    | Виробничі   |

### 1.4. Рекомендована основна навчальна література

1. И.П. Копылов. Электрические машины. Москва. Энергоиздат., 2004
2. Яцун М.А. Електричні машини. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2001. – 428 с.
3. А.В. Иванов-Смоленский. Электрические машины. Москва. Энергия, 1988.
4. А.И. Вольдек. Электрические машины. Ленинград. Энергия, 1984.
5. Читечян В.И. Электрические машины: Сборник задач. – М.: Высшая школа, 1988. -231 с.: ил.
6. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины и микромашины. Москва. Высшая школа, 1990. –528 с.: ил.

## **1.5. Анотації дисципліни**

### **Анотація програми навчальної дисципліни**

#### **ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ**

Метою вивчення дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навичок у галузі електричних машин та трансформаторів, їх електричних та механічних властивостей, енергетичних і теплових процесів, що мають місце при їх роботі.

Предметом вивчення у дисципліні є устрій, фізичні процеси, експлуатаційні та регульовальні характеристики електричних машин і трансформаторів, які є основними ланками в сучасних енергетичних і електромеханічних устаткуваннях.

Учбова дисципліна поділяється на два модулі:

**Модуль 1.** Трансформатори, асинхронні машини. 1.1. Фізичні процеси в трансформаторі та їх математичний опис, характеристики трансформатора. 1.2. Фізичні процеси в асинхронній машині та їх математичний опис, характеристики асинхронної машини.

**Модуль 2.** Синхронні машини, машини постійного струму. 2.1. Фізичні процеси в синхронній машині та їх математичний опис, характеристики синхронної машини. 2.2. Фізичні процеси в машинах постійного струму та їх математичний опис, характеристики машин постійного струму.

### **The annotation of the program of educational discipline**

#### **ELECTRICAL MACHINES**

The target of study of discipline is obtaining of theoretical knowledge and practical skills in branch of electrical machines and electric transformers, their electrical and mechanical characteristics, energy and heat processes to occur by their operation.

Subject of study of discipline is the construction, physical processes, operating and adjust characteristics of electrical machines and electrical transformers, which are basic links in the modern energy and electromechanical equipment.

Educational discipline is divided into two modules.

**Module 1.** Transformers, asynchronous machines. 1.1. Physical processes in transformer and their mathematical formulation, characteristics of transformer.



1.2. Physical processes in asynchronous machine and their mathematical formulation, characteristics of asynchronous machine.

**Module 2.** Synchronous machines, direct current electrical machines. 2.1. Physical processes in synchronous machine and their mathematical formulation, characteristics of synchronous machine. 2.2. Physical processes in direct current electrical machines and their mathematical formulation, characteristics of direct current electrical machines.

### **Аннотация программы учебной дисциплины**

#### **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

Целью изучения дисциплины является формирование теоретических знаний и практических навыков в отрасли электрических машин и трансформаторов, их электрических и механических свойств, энергетических и тепловых процессов, что имеют место при их работе.

Предметом изучения в дисциплине является устройство, физические процессы, эксплуатационные и регулировочные характеристики электрических машин и трансформаторов, которые являются основными звеньями в современном энергетическом и электромеханическом оборудовании.

Дисциплина поделена на два модуля:

**Модуль 1.** Трансформаторы, асинхронные машины. 1.1. Физические процессы в трансформаторе и их математическое описание, характеристики трансформатора. 1.2. Физические процессы в асинхронной машине и их математическое описание, характеристики асинхронной машины.

**Модуль 2.** Синхронные машины, машины постоянного тока. 2.1. Физические процессы в синхронной машине и их математическое описание, характеристики синхронной машины. 2.2. Физические процессы в машинах постоянного тока и их математическое описание, характеристики машин постоянного тока.

## 2. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Розподіл обсягу навчальної роботи студента за спеціальностями та видами навчальної роботи

Таблиця 2.1 - Розподіл обсягу навчальної роботи студента

| Спеціальність,<br>спеціалізація | Всього,<br>кредит/годин | Семестр(и) | Годин     |              |                        |                       |                      |              |       |     | Іспити<br>(семестри) | Заліки<br>(семестри) |
|---------------------------------|-------------------------|------------|-----------|--------------|------------------------|-----------------------|----------------------|--------------|-------|-----|----------------------|----------------------|
|                                 |                         |            | Аудиторні | у тому числі |                        |                       | Самостійна<br>робота | у тому числі |       |     |                      |                      |
|                                 |                         |            |           | Лекції       | Практичні,<br>семінари | Лабораторні<br>роботи |                      | Контр.роб.   | КП/КР | РГР |                      |                      |
| 1                               | 2                       | 3          | 4         | 5            | 6                      | 7                     | 8                    | 9            | 10    | 11  | 12                   | 13                   |
| Денне відділення                |                         |            |           |              |                        |                       |                      |              |       |     |                      |                      |
| 6.090600,<br>ECE                | 6/216                   | 5,6        | 86        | 52           | -                      | 34                    | 130                  | -            | -     | 30  | 6                    | 5                    |
| Заочне відділення               |                         |            |           |              |                        |                       |                      |              |       |     |                      |                      |
| Спеціальність,<br>спеціалізація | Всього, годин           | Семестр(и) | Годин     |              |                        |                       |                      |              |       |     | Іспити               | Заліки               |
|                                 |                         |            | Аудиторні | у тому числі |                        |                       | Самостійна<br>робота | у тому числі |       |     |                      |                      |
|                                 |                         |            |           | Лекції       | Практичні,<br>семінари | Лабораторні<br>роботи |                      | Контр.роб.   | КП/КР | РГР |                      |                      |
| 6.090600,<br>ECE                | 216                     | 6,7        | 20        | 8            | -                      | 12                    | 196                  | 10           | -     | 30  | 7                    | 6                    |

### 2.2. Зміст дисципліни

**Модуль 1.** Трансформатори, асинхронні машини.

(3 кредити / 108 годин)

Змістові модулі (ЗМ):

ЗМ 1.1. Фізичні процеси в трансформаторі та їх математичний опис, характеристики трансформатора. (1,5 кредити / 54 години)

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи

1. Конструкція, принцип дії та рівняння трансформатора.

Конструктивні елементи трансформатора. Рівняння ЕРС і НС трансформатора. Принцип дії. Приведений трансформатор. Схема заміщення, векторні діаграми трансформатора. Визначення параметрів по дослідах холостого ходу і короткого замикання. Струм холостого ходу й опір взаємоіндукції. Опір короткого замикання. Зв'язок між розмірами трансформатора і величинами, що характеризують електромагнітні процеси.

2. Втрати в трансформаторі, зовнішня характеристика трансформатора, коефіцієнт корисної дії.

Визначення зміни напруги трансформатора при навантаженні. Регулювання напруги трансформаторів без навантаження і під навантаженням. Втрати і ККД трансформатора. Магнітні системи 3-х фазних трансформаторів.

3. Паралельна робота трифазних трансформаторів. Перехідні процеси в трансформаторах. Спеціальні типи трансформаторів.

Схеми і групи з'єднань обмоток. Особливості процесу намагнічування трансформаторів. Несиметричне навантаження трифазних трансформаторів. Перенапруга в трансформаторі. Трьохобмоточні трансформатори. Паралельна робота трифазних трансформаторів. Елементи перехідних процесів. Надструми при вмиканні і раптовому короткому замиканні. Електродинамічні умови. Автотрансформатори. Спеціальні типи трансформаторів. Трансформатори випрямних установок.

ЗМ 1.2. Фізичні процеси в асинхронній машині та їх математичний опис, характеристики асинхронної машини. (1,5 кредити / 54 години)

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи

1. Конструкція, принцип дії та рівняння асинхронної машини. Втрати в асинхронній машині, коефіцієнт корисної дії.

Загальні питання машин змінного струму. Конструкція машин змінного струму. Трифазні обмотки, ЕРС обмоток. Обмоточний коефіцієнт. Намагнічуюча сила трифазних обмоток. Виникнення магнітного поля. Індуктивність і взаємоіндуктивність обмоток. Асинхронні машини. Конструкція і принцип дії. Асинхронна машина з загальмованим ротором. Асинхронна

машина з рухомим ротором. Ковзання, схеми заміщення і векторні діаграми. Режими роботи. Енергетична діаграма асинхронного двигуна. Коефіцієнт корисної дії.

## 2. Робочі і механічна характеристики асинхронної машини.

Обертальний електромагнітний момент та його залежність від ковзання. Механічна характеристика двигуна. Пусковий момент асинхронного двигуна. Максимальний момент. Формула Клосса. Дослід холостого ходу і короткого замикання. Отримання робочих характеристик. Кругова діаграма асинхронного двигуна.

## 3. Способи пуску асинхронних двигунів. Регулювання частоти обертання. Основні та особливі типи двигунів.

Способи пуску асинхронних двигунів. Двохкліточні і глибокопазні двигуни. Регулювання частоти обертання. Способи гальмування. Робота двигуна при неномінальних умовах. Робота машини в режимі генератора і перетворювача частоти. Основні типи двигунів. Особливі типи. Асинхронні мікромашини. Однофазні асинхронні двигуни. Конденсаторні двигуни.

## **Модуль 2. Синхронні машини, машини постійного струму.**

(3 кредити / 108 годин)

Змістові модулі (ЗМ):

ЗМ 2.1. Фізичні процеси в синхронній машині та їх математичний опис, характеристики синхронної машини. (1,5 кредити / 54 години)

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи

1. Конструкція, принцип дії та основна векторна діаграма (діаграма Блонделя) синхронної машини.

Елементи конструкції синхронних машин. Турбо- і гідрогенератори. Принцип дії синхронної машини. Рівняння і векторні діаграми.

2. Реакція якоря синхронної машини, її залежність від характеру навантаження. Характеристики синхронного генератора.

Основне магнітне поле. Поздовжнє і поперечне поле. Реакція якоря. Параметри обмотки статора. Система відносних одиниць. Характеристики

генератора. Дослід холостого ходу і короткого замикання. Визначення індуктивних опорів обмотки статора трифазної синхронної машини. Відношення короткого замикання.

3. Характеристики синхронних машин при паралельній роботі з мережею. Електромагнітна потужність. Синхронні двигуни. Синхронні компенсатори.

Особливості паралельної роботи. Умови вмикання. Регулювання потужності. Кутова характеристика потужності. Синхронізуюча потужність. Стійкість роботи. Статична перевантаженість. V-образні криві. Синхронні двигуни. Способи пуску. Векторні діаграми. V-образні криві. Порівняльні властивості. Переваги і недоліки. Синхронні компенсатори. Несиметричні режими генератора. Особливості роботи. Раптове коротке замикання. Динамічна стійкість. Колекторні машини змінного струму.

ЗМ 2.2. Фізичні процеси в машинах постійного струму та їх математичний опис, характеристики машин постійного струму.

(1,5 кредити / 54 години)

Обов'язкові укрупнені навчальні елементи

1. Конструкція, принцип дії та характеристики машин постійного струму, рівняння електричної та механічної рівноваги.

Конструкція машин постійного струму, матеріали конструктивні, магнітні, провідникові й ізоляційні. Принцип дії двигунів і генераторів постійного струму. ЕРС і електромагнітний момент. Типи обмоток якоря, проста та петлева і хвильова обмотки. Складні обмотки якоря. Умови симетрії. Урівнюючі з'єднання обмотки. Вибір типу обмотки якоря.

2. Реакція якоря та комутація машин постійного струму.

Магнітне поле машини постійного струму при холостому ході. Магнітна характеристика. Поле якоря. Реакція якоря. Компенсаційна обмотка. Комутація машин постійного струму. Розрахунок додаткових полюсів. Способи поліпшення комутації. Експериментальна наладка комутації, радіоперешкоди, способи їх зниження.

3. Регулювання швидкості двигунів і напруги генераторів постійного струму. Втрати і ККД машин постійного струму.

Генератори постійного струму. Генератори з незалежним, паралельним і змішаним збудженням. Двигуни постійного струму. Пуск, реверсування і гальмування. Способи регулювання частоти обертання двигунів з паралельним, послідовним і змішаним збудженням. Сучасні методи управління двигунами. Управління по системі “генератор-двигун”. Електричні мікромашини постійного струму. Втрати і ККД машин постійного струму. Нагрівання і охолодження. Серії машин постійного струму, що випускаються електропромисловістю.

### 2.2.1. Розподіл часу за модулями і змістовими модулями

**Таблиця 2.2 - Розподіл часу за модулями і змістовими модулями (денна форма)**

| Модулі (семестри) та змістові модулі | Всього, кредит/годин | Форми навчальної роботи |           |           |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------------|-----------|-----------|
|                                      |                      | Лекц.                   | Лаб.      | СРС       |
| Модуль 1                             | <b>3/108</b>         | <b>36</b>               | <b>18</b> | <b>54</b> |
| ЗМ 1.1                               | 1,5/54               | 18                      | 8         | 27        |
| ЗМ 1.2                               | 1,5/54               | 18                      | 10        | 27        |
| Модуль 2                             | <b>3/108</b>         | <b>16</b>               | <b>16</b> | <b>76</b> |
| ЗМ 2.1                               | 1,5/54               | 8                       | 8         | 38        |
| ЗМ 2.2                               | 1,5/54               | 8                       | 8         | 38        |

**Таблиця 2.3 - Розподіл часу за семестрами й темами (заочна форма)**

| Семестри та теми | Всього, годин | Форми навчальної роботи |           |          |           |
|------------------|---------------|-------------------------|-----------|----------|-----------|
|                  |               | Лекц.                   | Сем., пр. | Лаб.     | СРС       |
| <b>Семестр 6</b> | <b>108</b>    | <b>4</b>                | -         | <b>6</b> | <b>98</b> |
| Тема 1           | 54            | 2                       | -         | 4        | 48        |
| Тема 2           | 54            | 2                       | -         | 2        | 50        |
| <b>Семестр 7</b> | <b>108</b>    | <b>4</b>                | -         | <b>6</b> | <b>98</b> |
| Тема 1           | 54            | 2                       | -         | 4        | 48        |
| Тема 2           | 54            | 2                       | -         | 2        | 50        |

## 2.2.2. План лекційного курсу для денної та заочної форм навчання

**Таблиця 2.4 - Розподіл часу лекційного курсу за модулями**

**(семестрами) й змістовими модулями (темами)**

| Зміст  | Кількість годин за спеціальностями, спеціалізаціями (шифр, аббревіатура) |        |
|--|--|--------|
|  | 6.090600, ЕСЕ  |        |
|  | денне  | заочне |
| 1  | 2  | 3      |
| <b>Модуль 1 (семестр 5 денне / семестр 6 заочне). Трансформатори, асинхронні машини (3 кредити / 108 годин). Лекційний курс - 36 годин / 4 години</b>  |  |        |
| <b>ЗМ.1.1 (тема 1). Фізичні процеси в трансформаторі та їх математичний опис, характеристики трансформатора - 18 годин / 2 години</b>  |  |        |
| Зміст курсу електричних машин. Історія розвитку електричних машин. Електромашинобудування на сучасному етапі   | 2  | 0,125  |
| Трансформатори. Конструктивні елементи трансформатора. Рівняння ЕРС і НС трансформатора. Принцип дії. Приведений трансформатор   | 2  | 0,25   |
| Схема заміщення, векторні діаграми трансформатора. Визначення параметрів по дослідах холостого ходу і короткого замикання  | 2  | 0,25   |
| Струм холостого ходу й опір взаємоіндукції. Опір короткого замикання. Зв'язок між розмірами трансформатора і величинами, що характеризують електромагнітні процеси   | 2  | 0,25   |
| Визначення зміни напруги трансформатора при навантаженні. Регулювання напруги трансформаторів без навантаження і під навантаженням. Втрати і ККД трансформатора. Магнітні системи 3-х фазних трансформаторів | 2  | 0,25   |
| Схеми і групи з'єднань обмоток. Особливості процесу намагнічування трансформаторів. Несиметричне навантаження трифазних трансформаторів  | 2  | 0,25   |
| Перенапруга в трансформаторі. Трьохобмоточні трансформатори. Паралельна робота трифазних трансформаторів   | 2  | 0,25   |
| Елементи перехідних процесів. Надструми при вмиканні і раптовому короткому замиканні. Електродинамічні умови   | 2  | 0,25   |
| Автотрансформатори. Спеціальні типи трансформаторів. Трансформатори випрямних установок  | 2  | 0,125  |
| <b>ЗМ.1.2 (тема 2). Фізичні процеси в асинхронній машині та їх математичний опис, характеристики асинхронної машини - 18 годин / 2 години</b>  |  |        |
| Загальні питання машин змінного струму. Конструкція машин змінного струму. Трифазні обмотки, ЕРС обмоток. Обмоточний коефіцієнт  | 2  | 0,25   |
| Намагнічуюча сила трифазних обмоток. Виникнення магнітного поля. Індуктивність і взаємоіндуктивність обмоток. Асинхронні машини. Конструкція і принцип дії   | 2  | 0,25   |

Продовження табл.

| 1  | 2 | 3    |
|--|---|------|
| Асинхронна машина з загальмованим ротором. Асинхронна машина з рухомим ротором. Ковзання, схеми заміщення і векторні діаграми. Режими роботи   | 2 | 0,25 |
| Енергетична діаграма асинхронного двигуна. Обертальний електромагнітний момент та його залежність від ковзання. Механічна характеристика двигуна                                       | 2 | 0,25 |
| Пусковий момент асинхронного двигуна. Максимальний момент. Формула Клосса. Дослід холостого ходу і короткого замикання   | 2 | 0,25 |
| Отримання робочих характеристик. Кругова діаграма асинхронного двигуна   | 2 | 0,25 |
| Способи пуску асинхронних двигунів. Двохкліткові і глибокопазні двигуни. Регулювання частоти обертання. Способи гальмування  | 2 | 0,25 |
| Робота двигуна при неномінальних умовах. Робота машини в режимі генератора і перетворювача частоти. Нормальні типи двигунів. Особливі типи. Асинхронні мікромашини                     | 2 | 0,25 |
| Однофазні асинхронні двигуни. Конденсаторні двигуни  | 2 | -    |
| <b>Модуль 2 (семестр 6 денне / семестр 7 заочне). Синхронні машини, машини постійного струму (3 кредити / 108 годин). Лекційний курс - 16 годин / 4 години</b>                         |   |      |
| <b>ЗМ.2.1 (тема 1). Фізичні процеси в синхронній машині та їх математичний опис, характеристики синхронної машини - 8 годин / 2 години</b>   |   |      |
| Синхронні машини. Елементи конструкції. Турбо- і гідрогенератори. Принцип дії  | 1 | 0,25 |
| Основне магнітне поле. Поздовжнє і поперечне поле. Реакція якоря. Параметри обмотки статора. Рівняння і векторні діаграми. Система відносних одиниць. Характеристики генератора        | 1 | 0,25 |
| Дослід холостого ходу і короткого замикання. Визначення індуктивних опорів обмотки статора трифазної синхронної машини. Відношення короткого замикання                                 | 1 | 0,25 |
| Особливості паралельної роботи. Умови вмикання. Регулювання потужності   | 1 | 0,25 |
| Умовна характеристика потужності. Синхронізуюча потужність. Стійкість роботи. Статична перевантаженість. V-образні криві   | 1 | 0,25 |
| Синхронні двигуни. Способи пуску. Векторні діаграми. V- образні криві. Порівняльні властивості. Переваги і недоліки. Синхронні компенсатори  | 1 | 0,25 |
| Несиметричні режими генератора. Особливості роботи. Раптове коротке замикання. Динамічна стійкість   | 1 | 0,25 |
| Колекторні машини змінного струму  | 1 | 0,25 |
| <b>ЗМ.2.2 (тема 2). Фізичні процеси в машинах постійного струму та їх математичний опис, характеристики машин постійного струму - 8 годин / 2 години</b>                               |   |      |
| Конструкція машин постійного струму, матеріали конструктивні, магнітні, провідникові й ізоляційні. Принцип дії двигунів і генераторів постійного струму. ЕРС і електромагнітний момент | 1 | 0,25 |
| Типи обмоток якоря, проста та петлева і хвильова обмотки. Складні обмотки якоря. Умови симетрії. Урівнювачі з'єднання обмотки. Вибір типу обмотки якоря                                | 1 | 0,25 |



Продовження табл.

| 1   | 2 | 3    |
|---|---|------|
| Магнітне поле машини постійного струму при холостому ході. Магнітна характеристика. Поле якоря. Реакція якоря. Компенсаційна обмотка  | 1 | 0,25 |
| Комутація машин постійного струму. Розрахунок додаткових полюсів. Способи поліпшення комутації. Експериментальна наладка комутації, радіоперешкоди, способи їх зниження       | 1 | 0,25 |
| Генератори постійного струму. Генератори з незалежним, паралельним і змішаним збудженням  | 1 | 0,25 |
| Двигуни постійного струму. Пуск, реверсування і гальмування. Способи регулювання частоти обертання двигунів з паралельним, послідовним і змішаним збудженням                  | 1 | 0,25 |
| Сучасні методи управління двигунами. Управління по системі "генератор-двигун"   | 1 | 0,25 |
| Електричні мікромашини постійного струму. Втрати і ККД машин постійного струму. Нагрівання і охолодження. Серії машин постійного струму, що випускаються електропромисловістю | 1 | 0,25 |

### 2.2.3. План практичних (семінарських) занять для денної та заочної форм навчання

Практичні заняття не заплановані.

### 2.2.4. План лабораторних робіт для денної та заочної форм навчання

Лабораторні роботи виконуються в рамках методичних вказівок до виконання лабораторних робіт:

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Електричні машини». Трансформатори (для студентів 2, 3, 4 курсів спеціальностей 6.090603, 6.090605, 6.092202). Укл: Глебова М.Л., Чернявська М.В., Кузнєцов А.І., Фінкельштейн В.Б., - Харків: ХНАМГ, 2007. - 28с.

2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Електричні машини". Машини постійного струму (для студентів денної та заочної форм навчання напряму підготовки 0906 – «Електротехніка», 0922 – «Електромеханіка»). Укл.: М.Л.Глебова, М.В.Чернявська, В.Б.Фінкельштейн – Харків, ХНАМГ, 2008р. – 26 с.

3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Електричні машини". Машини змінного струму (для студентів денної і заочної форм навчання напрямів підготовки 0906 – «Електротехніка», 0922 – «Електромеханіка»). Укл.: Глебова М.Л., Чернявська М.В., Фінкельштейн В.Б., Махов І.О. – Харків, ХНАМГ, 2008. – 38 с.

**Таблиця 2.6 - Розподіл часу за планом лабораторних робіт за модулями (семестрами)**

| Зміст   | Кількість годин за спеціальностями, спеціалізаціями (шифр, аббревіатура) |        |
|---|--|--------|
|   | 6.090600, ЕСЕ  |        |
|   | денне  | заочне |
| <b>Модуль 1 (семестр 5 денне / семестр 5 заочне). Трансформатори, асинхронні машини - 18 годин / 6 годин лабораторних занять</b>          |  |        |
| Вступне заняття   | 2  | -      |
| ЛР№1 - Холостий хід і коротке замикання трифазного трансформатора   | 2  | 2      |
| ЛР№2 - Дослідження трифазного трансформатора під навантаженням  | 2  | 2      |
| ЛР№3 - Перевірка маркування і груп сполучення обмоток трифазного трансформатора   | 2  | -      |
| ЛР№4 - Дослідження паралельної роботи трифазних трансформаторів   | 2  | -      |
| ЛР№5 - Кругова діаграма трифазної асинхронної машини  | 2  | -      |
| ЛР№6 - Дослідження трифазного асинхронного двигуна під навантаженням  | 2  | 2      |
| ЛР№7 - Визначення втрат і ККД трифазного асинхронного двигуна   | 2  | -      |
| ЛР№15 - Дослідження асинхронного двигуна з фазним ротором   | 2  | -      |
| <b>Модуль 2 (семестр 6 денне / семестр 7 заочне). Синхронні машини, машини постійного струму - 16 годин / 6 годин лабораторних занять</b> |  |        |
| ЛР№11 - Дослідження генератора постійного струму з незалежним і паралельним збудженням  | 2  | 2      |
| Р№12Л - Дослідження двигуна постійного струму з паралельним збудженням  | 2  | 2      |
| ЛР№13 - Експериментальне дослідження комутації машини постійного струму   | 2  | -      |
| ЛР№14 - Дослідження машин постійного струму в системі генератор-двигун  | 2  | -      |
| ЛР№8 - Визначення індуктивних опорів обмотки статора трифазної синхронної машини  | 2  | -      |
| ЛР№9 - Дослідження характеристик синхронного генератора при його роботі на автономне навантаження   | 2  | -      |
| ЛР№10 - Дослідження режимів роботи синхронного генератора при його паралельній роботі з мережею нескінченно великої потужності            | 2  | 2      |
| Підсумкове заняття  | 2  | -      |

### 2.2.5. Індивідуальні завдання (ІНДЗ)

**Тематика розрахунково-графічної роботи (РГР):** “Розрахунок трифазної синхронної машини ” (6 семестр / 30 годин денне, 7 семестр / 30 годин заочне)

**Мета РГР.** Метою розрахунково-графічної роботи є поглиблене вивчення матеріалу за розділом "Синхронні машини", знайомство з елементами сучасної інженерної методики розрахунку синхронних машин, підготовка студентів до самостійного вирішення задач при проектуванні, виготовленні та експлуатації синхронних машин.

У процесі виконання і захисту РГР студенти повинні показати:

- знання конструктивних елементів синхронних машин, електротехнічних матеріалів для їхнього виготовлення, методики теоретичного дослідження синхронних машин, основних електромагнітних і конструктивних параметрів, навантажувальних характеристик, послідовності розрахунку синхронних машин;
- уміння правильно й обґрунтовано робити розрахунки магнітопроводу, обмоток, ізоляції, визначати основні розміри в подовжньому і поперечному перерізі й одержувати уточнені характеристики розрахунковим шляхом;
- навички застосування навчальної літератури, що рекомендується, і конспектів лекцій для обґрунтування окремих розрахунків і самостійно прийнятих рішень.

#### **Зміст РГР**

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. Визначення головних розмірів                              | <b>5 годин</b>  |
| 2. Проектування статора                                      | <b>10 годин</b> |
| 3. Проектування індуктора                                    | <b>10 годин</b> |
| 4. Втрати і ККД у режимі нормального навантаження            | <b>3 години</b> |
| 5. Розрахунок нагрівання обмотки статора й обмотки збудження | <b>2 години</b> |

**Контрольна робота** “Розрахунок силового трифазного двообмоткового масляного трансформатора” (6 семестр / 10 годин заочне)

#### **Зміст контрольної роботи**

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. Розрахунок основних електричних величин | <b>2 години</b> |
| 2. Розрахунок магнітопроводу               | <b>2 години</b> |
| 3. Розрахунок обмоток                      | <b>2 години</b> |

- |   |          |
|---|----------|
| 4. Розміри активних частин трансформатора                     | 2 години |
| 5. Розрахунок параметрів холостого ходу і короткого замикання | 2 години |

### 2.3. Самостійна навчальна робота студента

**Таблиця 2.7 - Форми самостійної роботи студента та обсяг у годинах**

| Форма   | Модуль 1 |        | Модуль 2 |        |
|---|----------|--------|----------|--------|
|   | денна    | заочна | денна    | заочна |
| 1. Самостійне опрацювання тем                 | 18       | 40     | 16       | 20     |
| 2. Опрацювання лекційного матеріалу           | 9        | 30     | 8        | 15     |
| 3. Підготовка до виконання лабораторних робіт | 11       | 10     | 7        | 10     |
| 4. Підготовка до захисту лабораторних робіт   | 16       | 18     | 12       | 18     |
| 5. Виконання РГР                              | -        | -      | 30       | 30     |
| 6. Підготовка до захисту РГР                  | -        | -      | 3        | 5      |
| Всього за модулем:                            | 54       | 98     | 76       | 98     |
| Всього (денне/заочне):                        | 130/198  |        |          |        |

### 2.4. Види та засоби контролю та структура залікового кредиту

**Таблиця 2.8 - Види контролю та структура залікового кредиту для денної форми навчання**

| Види контролю<br>(тестування, контрольні роботи, індивідуальні завдання тощо)                                       | Розподіл балів, % |
|---|-------------------|
| <b>Модуль 1. Поточний контроль зі змістовних модулів</b>  |                   |
| ЗМ 1.1. Захист лабораторних робіт № 1, 2, 3, 4, тестування.   | 50                |
| ЗМ 1.2. Опитування під час захисту лабораторних робіт № 5, 6, 7, 15, тестування.                                    | 50                |
| Всього за модулем 1:  | 100               |
| <b>Модуль 2. Поточний контроль зі змістовних модулів</b>  |                   |
| ЗМ 2.1. Опитування під час захисту лабораторних робіт № 8, 9, 10, тестування.                                       | 25                |
| ЗМ 2.2. Опитування під час захисту лабораторних робіт № 11, 12, 13, 14, тестування. Опитування під час захисту РГР. | 35                |
| Підсумковий контроль з модуля 2 (екзамен)   | 40                |
| Всього за модулем 2:  | 100               |

**Таблиця 2.9 - Види поточного контролю для заочної форми навчання**

| Види контролю та їх стислий зміст | Обсяг у годинах |
|-----------------------------------|-----------------|
| Контрольні роботи                 | 2               |
| Захист лабораторних робіт         | 5               |
| Захист РГР                        | 2               |

**Засоби поточного контролю:** контрольні запитання, наведені в методичних вказівках до лабораторних робіт, до виконання РГР та в методичних вказівках до самостійного вивчення дисципліни „Електричні машини”.

**Форми та засоби підсумкового контролю**

Денна форма: залік (5 семестр); екзамен, що забезпечений екзаменаційними білетами у кількості 30 штук (6 семестр).

Заочна форма: залік (6 семестр); екзамен, що забезпечений екзаменаційними білетами у кількості 30 штук (7 семестр).

## 2.5. Інформаційно-методичне забезпечення

**Таблиця 2.10 - Інформаційно-методичне забезпечення курсу**

| №  | Бібліографічні описи, Інтернет адреси  | ЗМ, де застосовується |
|--|--|-----------------------|
| 1  | 2  | 3                     |
| <b>1. Рекомендована основа навчальної література (підручники, навчальні посібники, інші видання)</b> |  |                       |
| 1  | Яцун М.А. Електричні машини. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2001. – 428 с.     |                       |
| 2  | И.П. Копылов. Электрические машины. Москва. Энергоиздат, 2004  |                       |
| 3  | А.В. Иванов-Смоленский. Электрические машины. Москва. Энергия, 1988  |                       |
| 4  | А.И. Вольдек. Электрические машины. Ленинград. Энергия, 1984.  |                       |
| 5  | Читечян В.И. Электрические машины: Сборник задач. – М.: Высшая школа, 1988. -231 с.: ил.                                 |                       |
| 6  | Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины и микромашины. Москва. Высшая школа, 1990. – 528 с.: ил. |                       |
| <b>2. Додаткові джерела (довідники, нормативні видання, сайти Інтернет тощо)</b>                     |  |                       |
| 1  | Плакат: обмотки і магнітопроводи трансформатора.   |                       |

| 1  | 2   | 3 |
|--|---|---|
| 2  | Плакат: асинхронні трифазні двигуни.  |   |
| 3  | Стенд: електричні машини змінного струму.   |   |
| 4  | Плакат: двигуни з витисненням струму в роторі.  |   |
| 5  | Плакат: статор, якор синхронної машини.   |   |
| 6  | Плакат: турбогенератори, гідрогенератори.   |   |
| 7  | Плакат: магнітний ланцюг синхронної машини.   |   |
| 8  | Навчальні макети машин постійного струму.   |   |
| 9  | Плакат: обмотка якоря.  |   |
| 10   | Плакат: одностороння осьова вентиляція машин постійного струму.   |   |
| <b>3. Методичне забезпечення<br/>(реєстр методичних вказівок, інструкцій до лабораторних робіт, планів семінарських занять, комп'ютерних програм, відео-аудіо-матеріалів, плакатів тощо)</b> |   |   |
| 1  | Методичні вказівки до лабораторної роботи з курсу “Електричні машини”. Трансформатори. (для студентів 2 - 4 курсів спец. 6.090603, 6.090605, 6.092202). Харків, ХНАМГ - 2007  |   |
| 2  | Методичні вказівки до лабораторної роботи з курсу “Електричні машини”. Машини постійного струму. (для студентів денної та заочної форм навчання напряму підготовки 0906 – «Електротехніка», 0922 - «Електромеханіка»). Харків, ХНАМГ - 2008           |   |
| 3  | Методичні вказівки до лабораторної роботи з курсу “Електричні машини”. Машини змінного струму. (для студентів денної та заочної форм навчання напряму підготовки 0906 – «Електротехніка», 0922 - «Електромеханіка»). Харків, ХНАМГ - 2008             |   |
| 4  | Методичні вказівки до контрольної роботи “Розрахунок силового трифазного двообмоткового масляного трансформатора” з курсу “Електричні машини” (для студентів 2, 4 курсів спеціальностей 7.090603, 6.090606, 6.092204, 6.050201). Харків, ХНАМГ - 2004 |   |
| 5  | Методичні вказівки до курсового проекту “Розрахунок трифазної синхронної машини” з дисципліни “Електричні машини” (для студентів 3 - 4 курсів денної і заочної форм навчання спец. 6.090603). Харків, ХНАМГ - 2006                                    |   |
| 6  | Методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни “Електричні машини” (для студентів 3 курсу денної і 3 - 4 курсів заочної форм навчання спеціальності 6.090603 – «Електричні системи електроспоживання»). Харків, ХНАМГ - 2007                  |   |

## Навчальне видання

Програма та робоча програма навчальної дисципліни „Електричні машини” (для студентів 3 курсу денної, 3 і 4 курсів заочної форм навчання та ФПО освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 0906 „Електротехніка” (6.050701 - "Електротехніка та електротехнології") спеціальності „Електротехнічні системи електроживлення”)

Укладачі: доц., к.т.н. Марина Леонідівна Глебова  
проф., д.т.н. Володимир Борисович Фінкельштейн

План 2009, поз. 346 Р

|                             |                      |                    |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| Підп. до друку 26.11.2009р. | Формат 60x84 1/16    | Папір офісний.     |
| Друк на ризографі.          | Умовн.-друк. арк.1,0 | Обл.-вид. арк. 1,3 |
| Замовл. № 5633              | Тираж 10 прим.       |                    |

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ

61002, Харків, вул. Революції, 12