

**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 2 і 3 курсів денної, 3 курсу заочної форм навчання та ФПО освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 6.050702 „Електромеханіка” спеціальностей „Електричні системи і комплекси транспортних засобів”, „Електричний транспорт”, „Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”)

**ХАРКІВ - ХНАМГ – 2009**

Програма та робоча програма навчальної дисципліни „Електричні машини” (для студентів 2 і 3 курсів денної, 3 курсу заочної форм навчання та ФПО освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напрямку підготовки 6.050702 „Електромеханіка” спеціальностей „Електричні системи і комплекси транспортних засобів”, „Електричний транспорт”, „Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”) / Укл. Глебова М.Л., Фінкельштейн В.Б. - Харків: ХНАМГ, 2009. – 27 с.

Укладачі: доц., к.т.н. М.Л. Глебова  
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> .....	4
<b>1. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ</b> .....	5
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> .....	10
2.1. Розподіл обсягу навчальної роботи студента за спеціальностями та видами навчальної роботи.....	10
2.2.Зміст дисципліни.....	11
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 .....	19
2.2.4. План лабораторних робіт для денної та заочної форм навчання .....	20
2.2.5. Індивідуальні завдання (ІНДЗ).....	22
2.3. Самостійна навчальна робота студентів.....	23
2.4. Види та засоби контролю та структура залікового кредиту.....	24
2.5. Інформаційно-методичне забезпечення.....	25

## Вступ

Курс "Електричні машини" викладається студентам 2 і 3 курсів денної, 3 курсу заочної форм навчання та ФПО спеціальностей 6.092200 „Електричні системи і комплекси транспортних засобів”, 6.092200 „Електричний транспорт”, 6.092200 „Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”.

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 0922 електромеханіка спеціальностей 6.092200 „Електричні системи і комплекси транспортних засобів”, 2005 р.; 6.092200 „Електричний транспорт”, 2005 р., 6.092200 „Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”, 2005 р.

СВО ХНАМГ ОПП підготовки бакалавра за напрямом 0922 електромеханіка спеціальностей 6.092200 „Електричні системи і комплекси транспортних засобів”, 2005 р.; 6.092200 „Електричний транспорт”, 2005 р., 6.092200 „Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”, 2005 р.

Навчальний план підготовки бакалавра напряму 0922 електромеханіка спеціальностей 6.092200 „Електричні системи і комплекси транспортних засобів”, 6.092200 „Електричний транспорт”, 6.092200 „Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”, 2005 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	Спеціальні електричні машини, теорія електроприводу, основи електричної тяги, АСУ електропостачання електричного транспорту, електричне обладнання рухомого складу

## 1.2. Інформаційний обсяг (зміст) дисципліни

**Модуль 1.** Машини постійного струму, трансформатори.  
(3 кредита/ 108 годин)

Змістові модулі( ЗМ):

ЗМ 1.1. 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.

ЗМ 1.2. 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.

**Модуль 2.** Машини змінного струму.

(3 кредита/ 108 годин)

Змістові модулі (ЗМ):

ЗМ 2.1. 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 механічна характеристики асинхронної машини.

ЗМ 2.2. 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.

### 1.3. Освітньо-кваліфікаційні вимоги

Вміння (за рівнями сформованості) та знання	Типові задачі діяльності, у яких використовуються вміння та знання	Виробничі та соціальні функції, до яких відносяться типові задачі діяльності
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 регулювальні характеристики електричних машин і трансформаторів, які є основними ланками в сучасних енергетичних і електромеханічних устаткуваннях.

Учбова дисципліна поділяється на два модулі:

**Модуль 1.** Машини постійного струму, трансформатори. 1.1. Фізичні процеси в машинах постійного струму та їх математичний опис, характеристики машин постійного струму. 1.2. Фізичні процеси в трансформаторі та їх математичний опис, характеристики трансформатора.

**Модуль 2.** Машини змінного струму. 2.1. Фізичні процеси в асинхронній машині та їх математичний опис, характеристики асинхронної машини. 2.2. Фізичні процеси в синхронній машині та їх математичний опис, характеристики синхронної машини.

### **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.** Direct current electrical machines, transformers. 1.1. Physical processes in direct current electrical machines and their mathematical formulation, characteristics of direct current electrical machines. 1.2. Physical processes in transformer and their mathematical formulation, characteristics of transformer

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

### **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.** Машины постоянного тока, трансформаторы. 1.1. Физические процессы в машинах постоянного тока и их математическое описание, характеристики машин постоянного тока. 1.2. Физические процессы в трансформаторе и их математическое описание, характеристики трансформатора.

**Модуль 2.** Машины переменного тока. 2.1. Физические процессы в асинхронной машине и их математическое описание, характеристики асинхронной машины. 2.2. Физические процессы в синхронной машине и их математическое описание, характеристики синхронной машины.

## 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, спеціалізація	Всього, кредит/годин	Семестр(и)	Годин								Іспити (семестри)	Заліки (семестри)
			Аудиторні	у тому числі			Самостійна робота	у тому числі				
				Лекції	Практичні, семінари	Лабораторні роботи		Контр.роб.	КП/КР	РГР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Денне відділення</b>												
6.092200, ЕТ	6/216	4,5	102	34	18	50	114	-	20	-	5	4
6.092200, СА	6/216	4,5	102	34	18	50	114	-	20	-	5	4
6.092200, СТ	6/216	4,5	102	34	18	50	114	-	20	-	5	4
<b>Заочне відділення</b>												
Спеціальність, спеціалізація	Всього, годин	Семестр(и)	Годин								Іспити	Заліки
			Аудиторні	у тому числі			Самостійна робота	у тому числі				
				Лекції	Практичні, семінари	Лабораторні роботи		Контр.роб.	КП/КР	РГР		
6.092200, ЕТ	216	5,6	26	10	10	6	190	10	20	-	6	5
6.092200, СА	216	5,6	26	10	10	6	190	10	20	-	6	5
6.092200, СТ	216	5,6	26	10	10	6	190	10	20	-	6	5

## 2.2. Зміст дисципліни

### Модуль 1. Машини постійного струму, трансформатори.

(3 кредити / 108 годин)

Змістові модулі (ЗМ):

ЗМ 1.1. 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. Урівнювачі 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.

ЗМ 1.2. 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. Трьохобмоткові трансформатори. Паралельна робота трифазних трансформаторів. Елементи перехідних процесів. Надструми при вмиканні і раптовому короткому замиканні. Електродинамічні умови. Автотрансформатори. Спеціальні типи трансформаторів. Трансформатори випрямних установок.

## **Модуль 2. Машини змінного струму.**

(3 кредити / 108 годин)

Змістові модулі (ЗМ):

ЗМ 2.1. 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.

ЗМ 2.2. 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.

### 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.	Практ.	Лаб.	СРС
Модуль 1	<b>3/108</b>	<b>16</b>	-	<b>32</b>	<b>60</b>
ЗМ 1.1	1,5/54	8	-	16	30
ЗМ 1.2	1,5/54	8	-	16	30
Модуль 2	<b>3/108</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>54</b>
ЗМ 2.1	1,5/54	9	9	12	24
ЗМ 2.2	1,5/54	9	9	6	30

**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 5</b>	<b>150</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>132</b>
Тема 1	75	3	2	4	66
Тема 2	75	3	4	2	66
<b>Семестр 6</b>	<b>66</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	-	<b>58</b>
Тема 1	33	2	2	-	29
Тема 2	33	2	2	-	29

## 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, абревіатура)					
	6.092200 ET		6.092200 CA		6.092200 ST	
	денне	заочне	денне	заочне	денне	заочне
1	2	3	4	5	6	7
<b>Модуль 1 (семестр 4 денне / семестр 5 заочне). Машини постійного струму, трансформатори (3 кредити / 108 годин). Лекційний курс - 16 годин / 6 годин</b>						
<b>ЗМ.1.1 (тема 1). Фізичні процеси в машинах постійного струму та їх математичний опис, характеристики машин постійного струму - 8 годин / 3 години</b>						
1	2	3	4	5	6	7
Зміст курсу електричних машин. Історія розвитку електричних машин. Електромашинобудування на сучасному етапі	1	-	1	-	1	-
Конструкція машин постійного струму, матеріали конструктивні, магнітні, провідникові й ізоляційні. Принцип дії двигунів і генераторів постійного струму. ЕРС і електромагнітний момент	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Магнітне поле машини постійного струму при холостому ході. Магнітна характеристика. Поле якоря. Реакція якоря. Компенсаційна обмотка	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Комутація машин постійного струму. Розрахунок додаткових полюсів. Способи поліпшення комутації. Експериментальна наладка комутації, радіоперешкоди, способи їх зниження	1	0,5	1	0,5	1	0,5

Продовження табл. 2.4

21	2	3	4	5	6	7
Генератори постійного струму. Генератори з незалежним, паралельним і змішаним збудженням	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Двигуни постійного струму. Пуск, реверсування і гальмування. Способи регулювання частоти обертання двигунів з паралельним, послідовним і змішаним збудженням	2	0,5	2	0,5	2	0,5
Сучасні методи управління двигунами. Управління по системі “генератор-двигун”. Втрати і ККД машин постійного струму	1	0,5	1	0,5	1	0,5
<b>ЗМ.1.2 (тема 2). Фізичні процеси в трансформаторі та їх математичний опис, характеристики трансформатора - 8 годин / 3 години</b>						
Трансформатори. Конструктивні елементи трансформатора. Рівняння ЕРС і НС трансформатора. Принцип дії. Приведений трансформатор	2	0,5	2	0,5	2	0,5
Схема заміщення, векторні діаграми трансформатора. Визначення параметрів по дослідах холостого ходу і короткого замикання	2	0,5	2	0,5	2	0,5
Струм холостого ходу й опір взаємоіндукції. Опір короткого замикання. Зв'язок між розмірами трансформатора і величинами, що характеризують електромагнітні процеси	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Визначення зміни напруги трансформатора при навантаженні. Регулювання напруги трансформаторів без навантаження і під навантаженням. Втрати і ККД трансформатора. Магнітні системи 3-х фазних трансформаторів	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Схеми і групи з'єднань обмоток.	1	0,5	1	0,5	1	0,5



21	2	3	4	5	6	7
Особливості процесу намагнічування трансформаторів. Несиметричне навантаження трифазних трансформаторів						
Перенапруга в трансформаторі. Трьохобмоточні трансформатори. Паралельна робота трифазних трансформаторів	1	0,5	1	0,5	1	0,5
<b>Модуль 2 (семестр 5 денне / семестр 6 заочне). Машини змінного струму (3 кредити / 108 годин). Лекційний курс - 18 годин / 4 години</b>						
<b>ЗМ.2.1 (тема 1). Фізичні процеси в асинхронній машині та їх математичний опис, характеристики асинхронної машини - 9 годин / 2 години</b>						
Загальні питання машин змінного струму. Конструкція машин змінного струму. Трифазні обмотки, ЕРС обмоток. Обмоточний коефіцієнт	1	0,25	1	0,25	1	0,25
Намагнічуюча сила трифазних обмоток. Виникнення магнітного поля. Індуктивність і взаєміндуктивність обмоток. Асинхронні машини. Конструкція і принцип дії	1	0,25	1	0,25	1	0,25
Асинхронна машина з загальмованим ротором. Асинхронна машина з рухомим ротором. Ковзання, схеми заміщення і векторні діаграми. Режими роботи	1	0,25	1	0,25	1	0,25
Енергетична діаграма асинхронного двигуна. Обертальний електромагнітний момент та його залежність від ковзання. Механічна характеристика двигуна	2	0,25	2	0,25	2	0,25
Пусковий момент асинхронного двигуна. Максимальний момент. Формула Клосса. Дослід холостого ходу і короткого замикання	1	0,25	1	0,25	1	0,25
Отримання робочих характеристик. Кругова діаграма	1	0,25	1	0,25	1	0,25

21	2	3	4	5	6	7
асинхронного двигуна.						
Способи пуску асинхронних двигунів. Двохкліточні і глибокопазні двигуни. Регулювання частоти обертання. Способи гальмування	1	0,25	1	0,25	1	0,25
Робота двигуна при неномінальних умовах. Робота машини в режимі генератора і перетворювача частоти. Основні типи двигунів. Особливі типи. Однофазні асинхронні двигуни	1	0,25	1	0,25	1	0,25
<b>ЗМ.2.2 (тема 2). Фізичні процеси в синхронній машині та їх математичний опис, характеристики синхронної машини - 9 годин / 2 години</b>						
Синхронні машини. Елементи конструкції. Турбо- і гідрогенератори. Принцип дії	1	0,25	1	0,25	1	0,25
Основне магнітне поле. Поздовжнє і поперечне поле. Реакція якоря. Параметри обмотки статора. Рівняння і векторні діаграми. Система відносних одиниць. Характеристики генератора	2	0,5	2	0,5	2	0,5
Дослід холостого ходу і короткого замикання. Визначення індуктивних опорів обмотки статора трифазної синхронної машини. Відношення короткого замикання	1	0,25	1	0,25	1	0,25
Особливості паралельної роботи. Умови вмикання. Регулювання потужності	2	0,5	2	0,5	2	0,5
Умовна характеристика потужності. Синхронізуюча потужність. Стійкість роботи. Статична перевантаженість. V-образні криві	2	0,25	2	0,25	2	0,25
Синхронні двигуни. Способи пуску. Векторні діаграми. V-образні криві. Порівняльні властивості. Синхронні компенсатори	1	0,25	1	0,25	1	0,25

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

Таблиця 2.5. - Розподіл часу за планом практичних робіт

Зміст	Кількість годин за спеціальностями, спеціалізаціями (шифр, аббревіатура)					
	6.092200 ET		6.092200 CA		6.092200 CT	
	денне	заочне	денне	заочне	денне	заочне
1. Машини постійного струму. Розв'язання задач	2	2	2	2	2	2
2. Трансформатори. Розрахунок основних електричних величин. Розрахунок магнітопроводу. Розрахунок обмоток. Розв'язання задач	2	1	2	1	2	1
3. Трансформатори. Розрахунок обмоток. Розв'язання задач	2	1	2	1	2	1
4. Трансформатори. Розміри активних частин трансформатора. Визначення ваги активних матеріалів. Розв'язання задач	2	1	2	1	2	1
5. Трансформатори. Розрахунок параметрів холостого ходу і короткого замикання. Розрахунок навантажувальних параметрів. Розв'язання задач	2	1	2	1	2	1
6. Електромагнітні процеси в електричних та магнітних колах асинхронних машин в режимі холостого ходу та навантаження. Розв'язання задач	2	1	2	1	2	1
7. Визначення електромеханічних характеристик асинхронних машин. Розв'язання задач	2	0,5	2	0,5	2	0,5
8. Пуск асинхронних двигунів та регулювання частоти обертання. Розв'язання задач	2	0,5	2	0,5	2	0,5
9. Електромагнітні процеси в електричних та магнітних колах синхронних машин в режимі холостого ходу та навантаження. Розв'язання задач	2	2	2	2	2	2

## 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)**

Тематика	Кількість годин за спеціальностями, спеціалізаціями (шифр, аббревіатура)					
	6.092200 ЕТ		6.092200 СА		6.092200 СТ	
	денне	заочне	денне	заочне	денне	заочне
1	2	3	4	5	6	7
<b>Модуль 1 (семестр 4 денне / семестр 5 заочне). Машини постійного струму, трансформатори - 32 годин / 6 годин лабораторних занять</b>						
ЛР№11- Дослідження генератора постійного струму з незалежним і паралельним збудженням	4	1,5	4	1,5	4	1,5

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7
ЛР№12- Дослідження двигуна постійного струму з паралельним збудженням	4	1,5	4	1,5	4	1,5
ЛР№13 - Експериментальне дослідження комутації машини постійного струму	4	-	4	-	4	-
ЛР№14 - Дослідження машин постійного струму в системі генератор-двигун	4	1	4	1	4	1
ЛР№1 - Холостий хід і коротке замикання трифазного трансформатора	4	1	4	1	4	1
ЛР№2 - Дослідження трифазного трансформатора з навантаженням	4	1	4	1	4	1
ЛР№3 - Перевірка маркування і груп сполучення обмоток трифазного трансформатора	4	-	4	-	4	-
ЛР№4 - Дослідження паралельної роботи трифазних трансформаторів	4	-	4	-	4	-
<b>Модуль 2 (семестр 5 денне). Машини змінного струму - 18 годин лабораторних занять</b>						
ЛР№5 - Кругова діаграма трифазної асинхронної машини	4	-	4	-	4	-
ЛР№6 - Дослідження трифазного асинхронного двигуна під	4	-	4	-	4	-
ЛР№7 - Визначення втрат і ККД трифазного асинхронного двигуна	4	-	4	-	4	-
ЛР№8 - Визначення індуктивних опорів обмотки статора трифазної синхронної машини	2	-	2	-	2	-
ЛР№9 - Дослідження характеристик синхронного генератора при його роботі на автономне навантаження	2	-	2	-	2	-
ЛР№10 - Дослідження режимів роботи синхронного генератора при його паралельній роботі з мережею нескінченно великої потужності	2	-	2	-	2	-

## 2.2.5. Індивідуальні завдання (ІНДЗ)

**Тематика курсової роботи:** “Розрахунок силового трифазного двообмоткового масляного трансформатора” (5 семестр / 20 годин денне, 6 семестр / 20 годин заочне)

**Мета курсової роботи.** Метою курсової роботи є поглиблене вивчення матеріалу за розділом "Трансформатори", знайомство з елементами сучасної інженерної методики розрахунку силового трансформатора, підготовка студентів до самостійного вирішення задач при проектуванні, виготовленні та експлуатації трансформаторів.

У процесі виконання і захисту курсової роботи студенти повинні показати:

–знання конструктивних елементів трансформаторів, електротехнічних матеріалів для їхнього виготовлення, методики теоретичного дослідження трансформаторів, основних електромагнітних і конструктивних параметрів, навантажувальних характеристик, послідовності розрахунку силових трансформаторів;

–уміння правильно й обґрунтовано вибирати навантаження, робити розрахунки магнітопровода, 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 курсової роботи**

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Розрахунок основних електричних величин | 2 години. |
| 2. Розрахунок магнітопроводу               | 2 години. |
| 3. Розрахунок обмоток                      | 3 години. |
| 4. Розміри активних частин трансформатора  | 2 години. |

5. Визначення ваги активних матеріалів 2 години.
6. Розрахунок параметрів холостого ходу і короткого замикання 3 години.
7. Розрахунок навантажувальних параметрів 2 години.
8. Графічна частина роботи: масштабний ескіз поздовжнього перерізу активних частин трансформатора (магнітопровода й обмоток) 4 години.

### **Контрольна робота (5 семестр / 10 годин заочне)**

Зміст контрольної роботи

1. Розрахунок електричної машини постійного струму 3 години.
2. Розрахунок трансформатора (задача) 3 години.
3. Розрахунок асинхронної машини 2 години.
4. захист контрольних робіт 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	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>6</b>	<b>30</b>
2. Опрацювання лекційного матеріалу	<b>12</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>26</b>
3. Підготовка до виконання лабораторних робіт	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	-
4. Підготовка до захисту лабораторних робіт	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	-
5. Виконання курсової роботи	-	-	<b>18</b>	<b>18</b>
6. Підготовка до захисту курсової роботи	-	-	<b>3</b>	<b>6</b>
7. Підготовка до практичних занять	-	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Всього за модулем:	<b>60</b>	<b>100</b>	<b>54</b>	<b>90</b>
Всього (денне/заочне):	<b>114/190</b>			

**Таблиця 2.8 - Курсова робота (денна та заочна форми навчання)**

Тематика	Розподіл балів, %
1. Розрахунок основних електричних величин	<b>5</b>
2. Розрахунок магнітопроводу	<b>5</b>
3. Розрахунок обмоток	<b>10</b>
4. Розміри активних частин трансформатора	<b>5</b>
5. Визначення ваги активних матеріалів	<b>5</b>
6. Розрахунок параметрів холостого ходу і короткого замикання	<b>10</b>
7. Розрахунок навантажувальних параметрів	<b>5</b>
8. Графічна частина роботи: масштабний ескіз поздовжнього перерізу активних частин трансформатора (магнітопровода й обмоток)	<b>15</b>
Захист курсової роботи	<b>40</b>
Всього:	<b>100</b>

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

**Таблиця 2.9 - Види контролю та структура залікового кредиту для денної форми навчання**

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



**Таблиця 2.10 - Види поточного контролю для заочної форми навчання**

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

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

**Форми та засоби підсумкового контролю**

Денна форма: залік (4 семестр); екзамен, що забезпечений екзаменаційними білетами у кількості 30 штук (5 семестр).

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

**2.5. Інформаційно-методичне забезпечення**

**Таблиця 2.11 - 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.	

1	2	3
<b>2. Додаткові джерела (довідники, нормативні видання, сайти Інтернет тощо)</b>		
1	Плакат: обмотки і магнітопроводи трансформатора.	
2	Плакат: асинхронні трифазні двигуни.	
3	Стенд: електричні машини змінного струму.	
4	Плакат: двигуни з витисненням струму в роторі.	
5	Плакат: статор, якір 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 (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 курсової 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 самостійного вивчення дисципліни “Електричні машини” (для студентів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 0922 – «Електромеханіка»). Харків, ХНАМГ - 2008	

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Програма та робоча програма навчальної дисципліни „Електричні машини” (для студентів 2 і 3 курсів денної, 3 курсу заочної форм навчання та ФПО освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 6.050702 „Електромеханіка” спеціальностей „Електричні системи і комплекси транспортних засобів”, „Електричний транспорт”, „Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”)

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

План 2009, поз. 348 Р

---

Підп. до друку 12.11.09 р.	Формат 60x84 1/16	Папір офісний
Друк на ризографі.	Умовн.-друк. арк. 1,2	Обл.-вид. арк. 1,5
Замовл.5481	Тираж 15 прим.	

---

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ

61002, Харків, вул. Революції, 12

---