

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Бурштинський енергетичний коледж Івано-Франківського  
національного технічного університету нафти і газу

Затверджую  
Директор коледжу  
\_\_\_\_\_ О.Д.Джура  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

## **НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА**

**з дисципліни «Електричні машини і  
трансформатори»**

Підготував викладач:

*Кобель Н.В.*

Програма з дисципліни *«Електричні машини і трансформатори»* розроблена згідно з стандартом вищої освіти для навчальних закладів II-го рівня акредитації.

**Укладач:** **Кобель Н.В.**, викладач Бурштинського енергетичного коледжу Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Програма обговорена  
і схвалена на засіданні  
методичної ради коледжу  
Протокол №1  
Від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015р.  
Голова методичної ради:  
\_\_\_\_\_ О.В. Подолякіна

# 1. Мета і зміст навчання

**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.

**Завданням** вивчення дисципліни є вивчення принципів побудови електричних машин та трансформаторів, методів їх розрахунку й областей застосування.

**Кінцевим результатом** вивчення дисципліни є: вироблення вміння оцінювати техніко-економічну ефективність застосування електричних машин, визначати їхні параметри, кваліфіковано формулювати завдання на розробку електричних машин; вироблення уявлення про принципи дії і методи розрахунку електричних машин.

**Предметом** вивчення дисципліни є будова, фізичні процеси, експлуатаційні та регульовальні характеристики електричних машин і трансформаторів, які є основними ланками в сучасних енергетичних і електромеханічних установках.

Окремі теми необхідно подавати із врахуванням знань набутих студентами при вивченні дисциплін “Теоретичні основи електромеханіки”, “Конструктивні і електротехнічні матеріали”.

При подачі програмованого матеріалу необхідно врахувати нові досягнення вітчизняної та зарубіжної науки і техніки в галузі електричних машин і трансформаторів.

У процесі вивчення дисципліни необхідно звертати увагу студентів на дотримання стандартів Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД) та інших діючих державних стандартів.

Для глибшого засвоєння окремих тем і розділів на заняттях необхідно використовувати комп'ютерну техніку, наочні посібники, знайомити студентів з довідковою літературою.

Програмою передбачено проведення теоретичних занять, лабораторних і практичних робіт.

У програмі подається орієнтовно-тематичний план і викладач має право вносити обґрунтовані зміни до змісту програмового матеріалу, в послідовність його вивчення та розподіл навчальних годин за розділами і темами ( в межах загального бюджетного часу, відведеного на вивчення дисципліни), а також заміняти окремі лабораторні роботи, практичні заняття іншими, подібними за змістом. Усі зазначені зміни розглядаються предметною (цикловою) комісією і затверджуються керівництвом навчального закладу.

## 2. Орієнтовний тематичний план.

<i>Назва розділів</i>	<i>Кількість годин</i>				
	<i>Всього</i>	<i>в тому числі:</i>			
		<i>лекції</i>	<i>практичні заняття</i>	<i>лабораторні роботи</i>	<i>самостійна робота</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Вступ.</i>	<i>2</i>	<i>1</i>			<i>1</i>
<i>Розділ 1. Машини постійного струму.</i>					
<i>Тема 1.1.</i> Принцип дії та конструкція машин постійного струму.	<i>2</i>	<i>1</i>			<i>1</i>
<i>Тема 1.2.</i> Будова обмоток якорів.	<i>2</i>	<i>1</i>			<i>1</i>
<i>Тема 1.3.</i> Магнітна система машини постійного струму.	<i>2</i>	<i>1</i>			<i>1</i>
<i>Тема 1.4.</i> Комутація в машинах постійного струму.	<i>3</i>	<i>1</i>			<i>2</i>
<i>Тема 1.5.</i> Генератори постійного струму.	<i>13</i>	<i>3</i>		<i>8</i>	<i>2</i>
<i>Тема 1.6.</i> Двигуни постійного струму.	<i>12</i>	<i>4</i>		<i>4</i>	<i>4</i>
<i>Разом з розділу</i>	<i>36</i>	<i>12</i>		<i>12</i>	<i>12</i>
<i>Розділ 2. Трансформатори.</i>					<i>2</i>
<i>Тема 2.1.</i> Принцип дії та будова трансформаторів.	<i>4</i>	<i>2</i>			<i>2</i>
<i>Тема 2.2.</i> Фізичні основи робочого процесу трансформаторів.	<i>4</i>	<i>2</i>			
<i>Тема 2.3.</i> Робочі властивості трансформаторів.	<i>12</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>2</i>
<i>Тема 2.4.</i> Групи з'єднання обмоток та паралельна робота трансформаторів.	<i>12</i>	<i>4</i>		<i>4</i>	<i>4</i>
<i>Тема 2.5.</i> Трансформатори спеціального призначення.	<i>4</i>	<i>2</i>			<i>2</i>
<i>Разом з розділу</i>	<i>36</i>	<i>16</i>	<i>4</i>	<i>8</i>	<i>12</i>

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<b><i>Розділ 3. Загальні питання машин змінного струму.</i></b>					
<b><i>Тема 3.1.</i></b> Обмотки статорів. Електрорушійна сила(ЕРС) і магніторушійна сила(МРС) обмотки якоря (статора).	<b><i>6</i></b>	<b><i>2</i></b>			<b><i>4</i></b>
<b><i>Разом з розділу</i></b>	<b><i>6</i></b>	<b><i>2</i></b>			<b><i>4</i></b>
<b><i>Розділ 4. Синхронні машини.</i></b>					
<b><i>Тема 4.1.</i></b> Принцип дії та конструкція синхронних генераторів.	<b><i>6</i></b>	<b><i>2</i></b>			<b><i>4</i></b>
<b><i>Тема 4.2.</i></b> Робота синхронного генератора при навантаженні.	<b><i>14</i></b>	<b><i>2</i></b>	<b><i>2</i></b>	<b><i>6</i></b>	<b><i>4</i></b>
<b><i>Тема 4.3.</i></b> Паралельна робота синхронних генераторів.	<b><i>8</i></b>	<b><i>2</i></b>		<b><i>4</i></b>	<b><i>2</i></b>
<b><i>Тема 4.4.</i></b> Синхронні двигуни і синхронні компенсатори.	<b><i>8</i></b>	<b><i>2</i></b>		<b><i>2</i></b>	<b><i>4</i></b>
<b><i>Тема 4.5.</i></b> Спеціальні синхронні машини.	<b><i>6</i></b>	<b><i>2</i></b>			<b><i>4</i></b>
<b><i>Разом з розділу</i></b>	<b><i>42</i></b>	<b><i>10</i></b>	<b><i>2</i></b>	<b><i>12</i></b>	<b><i>18</i></b>
<b><i>Розділ 5. Асинхронні машини.</i></b>					
<b><i>Тема 5.1.</i></b> Принцип дії та конструкція асинхронних двигунів.	<b><i>6</i></b>	<b><i>2</i></b>			<b><i>4</i></b>
<b><i>Тема 5.2.</i></b> Режими роботи та характеристики асинхронних двигунів.	<b><i>10</i></b>	<b><i>4</i></b>	<b><i>2</i></b>		<b><i>4</i></b>
<b><i>Тема 5.3</i></b> Пуск в хід і регулювання частоти обертання асинхронних двигунів.	<b><i>16</i></b>	<b><i>2</i></b>		<b><i>10</i></b>	<b><i>4</i></b>
<b><i>Тема 5.4.</i></b> Однофазні асинхронні двигуни.	<b><i>4</i></b>	<b><i>2</i></b>			<b><i>2</i></b>
<b><i>Разом з розділу</i></b>	<b><i>36</i></b>	<b><i>10</i></b>	<b><i>2</i></b>	<b><i>10</i></b>	<b><i>14</i></b>
<b><i>Розділ 6. Нагрівання і охолодження електричних машин і трансформаторів.</i></b>					
	<b><i>6</i></b>	<b><i>4</i></b>			<b><i>2</i></b>
<b><i>Разом з розділу</i></b>	<b><i>6</i></b>	<b><i>4</i></b>			<b><i>2</i></b>
<b><i>Разом з дисципліни</i></b>	<b><i>162</i></b>	<b><i>50</i></b>	<b><i>8</i></b>	<b><i>42</i></b>	<b><i>62</i></b>

# *Зміст дисципліни*

## *Вступ.*

Значення дисципліни та її зв'язок з іншими дисциплінами. Роль електричних машин і трансформаторів в сучасній електротехніці та енергетиці. Електрична машина як електромеханічний перетворювач енергії. Режими роботи електричних машин. Оберненість електричних машин. Перспективи розвитку енергетики і завдання електромашинобудування на сучасному етапі.

## *Розділ 1. Машини постійного струму*

### *Тема 1.1. Принцип дії та конструкція машин постійного струму*

Принцип дії машин постійного струму та їх будова. Основні частини машини постійного струму: статор, ротор, колектор і щітковий пристрій.

### *Тема 1.2. Будова обмоток якорів*

Основні відомості про обмотки якорів, їх конструктивне виконання та вимоги до них. Електрорушійна сила (ЕРС) обмотки якоря і обертовий момент машини постійного струму.

### *Тема 1.3. Магнітна система машин постійного струму*

Магнітна система і магнітне поле, принцип його утворення і розрахунку. Магнітне поле машини при навантаженні. Реакція якоря, її вплив на властивості машини, способи зменшення негативного впливу реакції якоря. Компенсаційна обмотка.

### *Тема 1.4. Комутація в машинах постійного струму*

Суть процесу комутації. Види комутації. Реактивна електрорушійна сила. Причини іскріння між щітками і колектором. Ступені іскріння. Способи покращення комутації. Особливості комутації при підведенні до двигуна пульсуючої напруги.

### *Тема 1.5 Генератори постійного струму*

Класифікація генераторів за способом збудження. Рівняння генераторного режиму. Енергетична діаграма генератора. Коефіцієнт корисної дії (ККД) генератора. Залежність ККД від навантаження. Характеристики генераторів незалежного збудження. Умови самозбудження генераторів. Характеристики генераторів паралельного, послідовного і змішаного збудження. Паралельна робота генераторів постійного струму. Розподіл навантаження між генераторами.

### ***Тема І.6 Двигуни постійного струму***

Принцип дії та конструкція двигунів постійного струму. Рівняння рівноваги напруг. Енергетична діаграма і ККД двигуна. Класифікація двигунів за способом збудження. Характеристики двигунів паралельного, незалежного, послідовного і змішаного збудження. Галузі застосування двигунів постійного струму. Пуск двигунів. Зміна напрямку обертання. Регулювання частоти обертання. Використання двигунів постійного струму для приводу механізмів власних потреб на електричних станціях.

#### ***Лабораторна робота №1***

*Випробування генератора постійного струму незалежного збудження*

#### ***Лабораторна робота №2***

*Випробування генератора постійного струму паралельного та змішаного збудження*

#### ***Лабораторна робота №3***

*Паралельна робота генераторів постійного струму з паралельним збудженням*

#### ***Лабораторна робота №4***

*Визначення коефіцієнта корисної дії машини постійного струму*

#### ***Лабораторна робота №5***

*Випробування двигуна постійного струму з паралельним збудженням*

#### ***Лабораторна робота №6***

*Випробування двигуна постійного струму з послідовним збудженням*

## ***Розділ 2. Трансформатори***

### ***Тема 2.1. Принцип дії та будова трансформаторів***

Призначення трансформаторів у системі передачі та розподілу електричної енергії. Принцип дії трансформатора. Основні частини силового трансформатора:магнітопровід, обмотки, бак, випускна труба, бак-розширювач, системи охолодження, газове реле, перемикач відгалуження.

Трифазний трансформатор і трифазна трансформаторна група. Серії трансформаторів загального призначення та їх технічні дані.

### ***Тема 2.2. Фізичні основи робочого процесу трансформаторів.***

Рівняння напруг ( ЕРС), магніторушійних сил (МРС) і струмів трансформаторів. Зведення параметрів вторинної обмотки до числа витків первинної обмотки та схеми заміщення приведенного трансформатора. Схеми з'єднання обмоток трифазних трансформаторів та позначення виводів цих обмоток. Вплив схеми з'єднання обмоток на роботу трифазних трансформаторів у режимі неробочого ходу, явища при намагнічуванні магнітопроводів трансформаторів. Перехідні процеси у трансформаторах при вмиканні їх до мережі та при раптовому к.з. на затискачах вторинної обмотки.

### ***Тема 2.3. Робочі властивості трансформаторів***

Дослідження неробочого ходу і короткого замикання трансформатора та дослідне визначення параметрів схеми заміщення. Зміна вторинної напруги трансформатора при навантаженні. Зовнішня характеристика трансформатора. Втрата потужностей та ККД трансформатора. Залежність ККД від навантаження та від коефіцієнта потужності. Регулювання напруги в трансформаторах і захист від них.

### ***Тема 2.4. Групи з'єднання обмоток та паралельна робота трансформаторів.***

Групи з'єднання обмоток трансформаторів. Необхідність та умови вмикання трансформаторів до паралельної роботи. Розподіл навантаження між трансформаторами, які працюють паралельно.



### ***Лабораторна робота №7***

*Випробування трифазного трансформатора*

### ***Лабораторна робота №8***

*Визначення групи з'єднання обмоток трифазного трансформатора*

### ***Лабораторна робота №9***

*Дослідження паралельної роботи трифазних трансформаторів*

## ***Тема 2.5. Трансформатори спеціального призначення***

Триобмоткові трансформатори їх призначення, будова та принцип дії. Застосування триобмоткових трансформаторів. Трансформатори для електродугового зварювання.

Автотрансформатори їх особливості. Переваги і недоліки застосування автотрансформаторів.

### ***Практичне заняття №1***

*Розрахунок параметрів схеми заміщення трансформатора*

### ***Практичне заняття №2***

*Розрахунок експлуатаційних характеристик трансформатора*

## ***Розділ 3. Загальні питання машин змінного струму***

### ***Тема 3.1. Класифікація і будова машин змінного струму***

Основні види машин змінного струму. Асинхронна машина . Синхронна машина. Загальні елементи будови машин змінного струму.

Обмотки статорів. Вимоги до обмоток. Класифікація обмоток. Принцип утворення трифазних обмоток. Одношарові і двошарові обмотки.

ЕРС обмотки статора. Коефіцієнт спотворення синусоїдальності ЕРС. Способи наближення ЕРС синхронних генераторів до синусоїдальної. Коефіцієнти укорочення, розподілу і скосу. Обмотковий коефіцієнт. МРС однофазних і трифазних обмоток.

## ***Розділ 4. Синхронні машини***

### ***Тема 4.1. Принцип дії та конструкція синхронних генераторів***

Принцип дії синхронного генератора. Явнополюсні і неявнополюсні синхронні генератори, їх основні конструктивні елементи. Системи збудження синхронних генераторів.

### ***Тема 4.2 Робота синхронного генератора при навантаженні***

Магнітне поле синхронного генератора при навантаженні. Реакція якоря і її види. Номінальна зміна напруги.

Векторні діаграми синхронних генераторів. Рівняння напруг (ЕРС) синхронних генераторів.

Характеристики синхронних генераторів: неробочого ходу, короткого замикання, зовнішні і регулювальні.

Відношення короткого замикання. Визначення індуктивних опорів синхронного генератора за його характеристиками.

Практична діаграма ЕРС синхронного генератора. Втрати потужності і ККД синхронного генератора.

### ***Практичне заняття № 3***

*Визначення індуктивних опорів синхронного генератора за його характеристиками.*

### ***Лабораторна робота №10***

*Випробування трифазного синхронного генератора*

### ***Тема 4.3. Паралельна робота синхронних генераторів***

Способи та умови вмикання синхронних генераторів до паралельної роботи. Електромагнітна потужність синхронного генератора. Регулювання електромагнітної потужності. Кутові характеристики явно полюсного і неявно полюсного генератора. Перевантажувальна здатність і статична стійкість синхронного генератора при паралельній роботі.

Поняття про динамічну стійкість.  $U$  – подібні характеристики синхронного генератора. Регулювання реактивної потужності. Перехідні процеси в синхронних генераторах.

#### ***Лабораторна робота №11***

*Вмикання синхронного генератора до паралельної роботи із мережею та одержання  $V$  – подібних характеристик*

### **Тема 4.4. Синхронні двигуни і синхронні компенсатори**

Принцип дії синхронного двигуна. Способи пуску синхронних двигунів. Електромагнітна потужність і електромагнітний момент синхронного двигуна.

$U$  – подібні характеристики синхронних двигунів. Синхронний компенсатор і його призначення. Особливості конструкції синхронних компенсаторів.

#### ***Лабораторна робота №12***

*Випробування трифазного синхронного двигуна*

### ***Тема 4.5. Спеціальні синхронні машини***

Синхронні магнітоелектричні двигуни, генератори. Синхронні реактивні двигуни. Синхронний генератор з кігтеподібними полюсами. Індукторні синхронні машини.

## ***Розділ 5. Асинхронні машини***

***Тема 5.1. Принцип дії асинхронного двигуна та конструкція асинхронних двигунів***

Принцип дії асинхронного двигуна. Ковзання. Асинхронні двигуни з короткозамкненим і фазним ротором.

### ***Тема 5.2. Режими роботи та характеристики асинхронних двигунів***

Асинхронний двигун при нерухомому роторі. Індуктивний регулятор і фазорегулятор. Фізичні процеси в обертовому асинхронному двигуні. Приведення параметрів обмотки ротора до параметрів обмотки статора.

Рівняння напруг (ЕРС) , струмів і магніторушійних сил. Схема заміщення і векторна діаграма для приведенного асинхронного двигуна.

Втрати потужності і ККД асинхронного двигуна. Електромагнітний момент і механічні характеристики; робочі характеристики.

#### ***Практичне заняття № 4***

*Розрахунок і побудова механічної характеристики асинхронного двигуна.*

### ***Тема 5.3. Пуск в хід і регулювання частоти обертання асинхронних двигунів***

Схеми і способи пуску асинхронного двигуна з короткозамкненим і фазним ротором. Двигуни з покращеними пусковими властивостями. Регулювання частоти обертання асинхронних двигунів. Реверсування асинхронних двигунів.

#### ***Лабораторна робота №13***

*Випробування асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.*

#### ***Лабораторна робота №14***

*Випробування асинхронного двигуна з фазним ротором.*

### ***Тема 5.4. Однофазні асинхронні двигуни***

Принцип дії та конструкція однофазного асинхронного двигуна. Пуск однофазного асинхронного двигуна. Асинхронні конденсаторні

двигуни. Робота трифазного асинхронного двигуна від однофазної мережі.

## *Розділ 6. Нагрівання і охолодження електричних машин і трансформаторів*

### *Тема 6.1. Процес нагрівання і охолодження електричних машин і трансформаторів*

Процес нагрівання і охолодження електричних машин і трансформаторів. Способи охолодження електричних машин і трансформаторів. Номінальні режими роботи.

## *Літэратура*

- 1. Кацман М.М. Электрычныя машыны. М., „Вышшая школа“, 1990*
- 2. Пятровскі А.М. Электрычныя машыны. Л., „Энергія“, 1980*
- 3. Крючков И.П., Неклепаев Б.Н. Электрычная часта станцый і падстанцый. Справочныя матэрыялы для курсовага і дыпломнага праектавання. М., „Энергаатомиздат“, 1989*
- 4. Шокарев Б.Ф. Электрычныя машыны. М., „Энергаатомиздат“, 1989*
- 5. Николаев С.А. Руководство к лабораторным работам по электрычным машынам. М. «Энергія», 1969*
- 6. Электрычныя машыны, А. И. Вольдек, Л., «Энергія», 1974.*
- 7. И.П. Копылов. Электрычныя машыны. – М.: Энергоиздат, 2004*