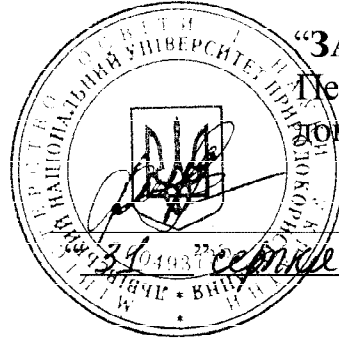


Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет природокористування
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехнічних систем



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор
доцент Ірина Федів

_____ 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Електричні машини та апарати»

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень

Львів 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Електричні машини та апарати» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти ОП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Розробники: к.т.н., доцент Віталій Левонюк
ст.викладач Іван Дробот

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри електротехнічних систем

Протокол № 1 від “ 30 ” серпня 2023 року

Завідувач кафедри електротехнічних систем



(Олег Калахан)

Робочу програму схвалено на засіданні методичної комісії факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від “ 30 ” серпня 2023 року

Голова методичної комісії факультету



(Степан Ковалишин)

1 Опис навчальної дисципліни

Галузь знань, спеціальність, рівень освіти

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Характеристика навчальної дисципліни:

Обов'язкова

Кількість кредитів – 9

Загальна кількість годин – 270.

Вид контролю: залік (IV семестр), іспит (V семестр), іспит (VI семестр).

Тижневих аудиторних годин для денної форми навчання – 2 (IV семестр), 3 (V семестр), 4 (VI семестр).

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 104;

для заочної форми навчання – 21.

2 Програма навчальної дисципліни

Розділ 1 Електричні апарати

Тема 1 Ключові особливості міжнародної термінології щодо електричної апаратури

1.1 Міжнародний електротехнічний словник та інші термінологічні джерела

1.2 Абревіатури та літерні позначення

1.3 Особливості формулювання деяких термінів українською мовою

Тема 2. Функції та основні частини електричних апаратів

2.1 Функції електричних апаратів

2.2 Головне коло, коло керування, допоміжне коло, полюс та порт

2.3 Контакти електричних апаратів

2.4 Дугогасні системи комутаційних апаратів

Тема 3. Електромеханічні комутаційні апарати низької напруги

3.1 Запобіжники

3.2 Роз'єднувачі, вимикачі та комбінації із запобіжниками

3.3 Відмикачі промислового застосування

3.4 Відмикачі для побутових та аналогічних електроустановок

3.5 Відмикачі, керовані різницею струмами

3.6 Контактори та пускачі

3.7 Апарати кіл керування

3.8 Електромагнітні реле

Тема 4. Електромеханічні комутаційні апарати середньої напруги

4.1 Відмикачі

4.2 Роз'єднувачі та перемикачі уземлення

4.3 Вимикачі-роз'єднувачі

4.4 Запобіжники

4.5 Комбінації із запобіжниками

4.6 Контактори

Тема 5 Електромеханічні комутаційні апарати високої напруги

5.1 Відмикачі

5.2 Роз'єднувачі

Тема 6 Комплектні пристрої та суміжне обладнання

6.1. Розподільні пристрої низької напруги

6.2 Розподільні пристрої середньої напруги

6.3 Розподільні пристрої високої напруги

6.4 Допоміжне обладнання комплектних пристроїв

Розділ 2 Машини постійного струму

Тема 7 Загальні відомості про електричні машини.

7.1 Історія розвитку електричних машин.

7.2 Електротехнічні матеріали, що використовуються для виготовлення машин.

Тема 8 Загальні поняття про машини постійного струму.

8.1 Конструкція машини постійного струму. Принцип дії і будова.

8.2 Режими роботи, принцип зворотності.

8.3 Електрорушійна сила та електромагнітний момент.

8.4 Магнітне коло машини. Основні електромагнітні співвідношення.

Тема 9 Генератори постійного струму

9.1 Класифікація за способом збудження.

9.2 Характеристики генераторів з різним збудженням.

Тема 10 Двигуни постійного струму.

10.1 Загальні відомості про двигуни постійного струму.

10.2 Пуск двигунів постійного струму.

10.3 Регулювання швидкості обертання двигунів постійного струму

Тема 11 Реакція якоря.

11.1 Явище реакції якоря

11.2 Поперечна реакція якоря

Розділ 3 Трансформатори

Тема 12 Загальні відомості про трансформатори.

12.1 Принцип дії та види трансформаторів

12.2 Магнітопроводи трансформаторів

12.3 Обмотки трансформаторів

12.4 Схеми і групи з'єднання обмоток трансформаторів

12.5 Елементи конструкції і способи охолодження трансформаторів

Тема 13 Схема заміщення трансформатора та її параметри

13.1 Індуктивності обмоток трансформатора та електромагнітне розсіювання

13.2 Рівняння напруг трансформатора

13.3 Схеми заміщення двообмоткового трансформатора

13.4 Розрахункове визначення параметрів схеми заміщення трансформатора

13.5 Дослідне визначення параметрів схеми заміщення трансформатора

Тема 14 Робота трансформаторів під навантаженням

14.1 Фізичні умови роботи, векторні та енергетичні діаграми

- 14.2 Змінювання напруги трансформатора
- 14.3 Регулювання напруги трансформатора
- 14.4 Коефіцієнт корисної дії трансформатора
- 14.5 Паралельна робота трансформаторів

Тема 15 Різновиди трансформаторів

- 15.1 Триобмоткові трансформатори
- 15.2 Автотрансформатори
- 15.3 Трансформатори з плавним регулюванням напруги
- 15.4 Інші різновиди трансформаторів

Розділ 4 Асинхронні машини

Тема 16 Класифікація і загальна характеристика машин змінного струму.

- 16.1 Види машин змінного струму.
- 16.2 Будова і принцип дії асинхронної машини. Режими роботи.

Тема 17 Робота асинхронної машини.

- 17.1 Зведення обмоток, система рівнянь, заступна схема.
- 17.2 Векторна діаграма.
- 17.3 Неробочий хід та коротке замикання. Енергетична діаграма, к.к.д.

Тема 18 Способи пуску асинхронного двигуна

- 18.1 Прямий пуск
- 18.2 Реакторний пуск
- 18.3 Автотрансформаторний пуск
- 18.4 Пуск перемиканням «зірка-трикутник»
- 18.5 Пуск двигунів з фазним ротором

Тема 19 Регулювання швидкості обертання

- 19.1 Зміною ковзання
- 19.2 Зміною кількості пар полюсів
- 19.3 Зміною частоти живлення
- 19.4 Зменшенням напруги живлення

Розділ 5 Синхронні машини

Тема 20 Принцип дії і будова синхронної машини

- 20.1 Будова синхронної машини
- 20.2 Принцип дії синхронної машини

Тема 21 Характеристики синхронних генераторів.

- 21.1 Характеристика неробочого ходу
- 21.2 Характеристика короткого замикання
- 21.3 Зовнішня характеристика
- 21.4 Регульовальна характеристика
- 21.5 Навантажувальна характеристика

Тема 22 Паралельна робота синхронних машин

- 22.1 Увімкнення синхронних машин на паралельну роботу
- 22.2 Точна синхронізація.
- 22.3 Груба синхронізація.

Тема 23 Синхронні двигуни та компенсатори

- 23.1 Застосування синхронних двигунів
 23.2 Способи пуску синхронних двигунів
 23.3 Синхронні компенсатори

Розділ 6 Колекторні машини

Тема 24 Колекторні машини змінного струму

- 24.1 Однофазні колекторні машини
 24.2 Багатофазні колекторні машини

3 Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1 Електричні апарати												
	Рік підготовки 2 Семестр 4					Рік підготовки 2 Семестр 4						
Тема 1	10	2		4		4	10	1	1			8
Тема 2	8	2		2		4	8	1	1			6
Тема 3	14	4		6		4	14	1	1			12
Тема 4	10	4		4		2	10	1	1			8
Тема 5	8	2				6	8	1	1			6
Тема 6	10	2				8	10	1	1			8
Усього за семестр	60	16		16		28	60	6	6			48
Розділ 2 Машини постійного струму												
	Рік підготовки 3 Семестр 5					Рік підготовки 3 Семестр 5						
Тема 7	7	2		4		1	7	1	2			4
Тема 8	5	2				3	5	1				4
Тема 9	7	2		4		1	7	1	1			5
Тема 10	6	1		4		1	6	1	1			4
Тема 11	4	1				3	4	1				3
Розділ 3 Трансформатори												
Тема 12	15	2		12		1	15	1	3			11
Тема 13	5	2				3	5	1				4
Тема 14	6	1		4		1	6		1			5
Тема 15	5	1				4	5	1				4
Іспит						30						30
Усього за семестр	90	14		28		48	90	8	8			74
Розділ 4 Асинхронні машини												
	Рік підготовки 3 Семестр 6					Рік підготовки 3 Семестр 6						
Тема 16	14	4		8		2	14	1	2			11

Тема 17	10	4		4		2	10	1	2			7
Тема 18	10	4				6	10	2				8
Тема 19	15	2		12		1	15	1	2			12
Розділ 5 Синхронні машини												
Тема 20	8	4				4	8	1				7
Тема 21	6	2				4	6	1				5
Тема 22	10	4		4		2	10	1	2			7
Тема 23	7	4				3	7	1				6
Розділ 6 Колекторні машини												
Тема 24	10	4		4		2	10	1	2			7
Іспит	30					30	30					30
Усього за семестр	120	32		32		56	120	10	10			100
Усього	270	62		76		132	270	24	24			222

4 Теми лабораторних занять

№ теми	Назва теми	Кількість годин
1	Вступне заняття. Правила техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт з електричних апаратів.	2
	Класифікація електричних апаратів.	2
2	Вивчення конструктивних особливостей електричних апаратів та основних технічних характеристик апаратів захисту та керування електроприводами і розподілу електроенергії низької напруги.	2
3	Дослідження електромагнітних реле автоматики та експериментальне визначення основних параметрів.	2
	Дослідження магнітного пускача мінного струму	2
	Дослідження технічних характеристик електромагнітного вимірювального реле струму.	2
4	Дослідження пристрою захисного від'єднання.	2
	Дослідження реле напруги	2
7	Вивчення конструкція та принципу дії електричних машин постійного струму.	4
9	Дослідження генераторів постійного струму незалежного і паралельного збудження засобами середовища Matlab	4
10	Дослідження механічних характеристик двигунів постійного струму послідовного збудження засобами середовища Matlab.	4
12	Вивчення конструкції трансформаторів.	4
	Дослідження робочих характеристик однофазного трансформатора.	4
	Дослідження робочих характеристик однофазного трансформатора засобами програмного середовища Matlab.	4
14	Дослідження робочих характеристик трифазного трансформатора засобами програмного середовища Matlab.	4

16	Вивчення конструкції асинхронних електричних машин.	4
	Дослідження з'єднань обмоток асинхронних двигунів	4
17	Дослідження асинхронного двигуна під час живлення його від однофазної електричної мережі.	4
19	Частотне регулювання швидкості трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.	4
	Дослідження механічних характеристик трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором засобами програмного середовища Matlab.	4
	Дослідження механічних характеристик трифазного асинхронного двигуна з фазним ротором засобами програмного середовища Matlab.	4
22	Дослідження характеристик трифазного синхронного генератора засобами програмного середовища Matlab.	4
23	Дослідження трифазного синхронного компенсатора засобами програмного середовища Matlab.	4
	РАЗОМ	76

5 Теми, винесені на самостійне вивчення

№ з/п	№ теми
1	Історія розвитку електричних апаратів.
2	Електротехнічні матеріали.
3	Магнітні системи електричних апаратів.
4	Комутаційні апарати низької напруги.
5	Апарати захисту від імпульсних завад грозових розрядів.
6	Силова взаємодія провідників зі струмом.
7	Комутаційні апарати високої напруги.
8	Варистори.
9	Геркони і герсикони.
10	Захист силових транзисторів.
11	Польові і IGBT транзистори.
12	Ключовий режим роботи транзистора.
13	Типи тиристорів і симісторів.
14	Шляхові і кінцеві вимикачі.
15	Лічильники електричної енергії.
16	Реле часу.
17	Електричні кнопки управління і кнопочні станції.
18	Давачі Холла.
19	Логічні і імпульсні елементи в електричних апаратах.
20	Магнітні системи з постійними магнітами

21	Історія розвитку електричних машин.
22	Електротехнічні матеріали для виготовлення.
23	Колектор машини постійного струму.
24	Типи комутації машини постійного струму.
25	Способи та особливості збудження генератора постійного струму.
26	Характеристики генераторів постійного струму змішаного збудження з різними способами включення обмоток.
27	Способи та особливості збудження двигуна постійного струму.
28	Характеристики двигунів постійного струму змішаного збудження з різними способами включення обмоток.
29	Особливості будови різних типів трансформаторів.
30	Різновидності заступних схем трансформаторів.
31	Заступні схеми трансформатора при неробочому ході та короткому замиканні.
32	Визначення груп сполучень трансформаторів.
33	Паралельна робота трансформаторів з різними напругами короткого замикання.
34	Багатообмоткові трансформатори. Пік- трансформатори.
35	Тип асинхронних машин.
36	Робота асинхронної машини в режимі генератора.
37	Різновидності заступних схем асинхронних машин.
38	Заступні схеми асинхронної машини при неробочому ході та короткому замиканні.
39	Енергетична діаграма асинхронного генератора.
40	Виведення формули електромагнітного моменту.
41	Механічна характеристика двигуна та вимоги до неї.
42	Двигуни з глибоким пазом та подвійною білячою кліткою.
43	Регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна з фазним ротором.
44	Конденсаторні асинхронні двигуни.
45	Реакція якоря синхронної машини у режимі генератора та двигуна.
46	Порівняння характеристик синхронних генераторів та машин постійного струму.
47	Векторні діаграми Blondеля і Пот'є.
48	Способи синхронізації.
49	Застосування синхронних двигунів.
50	Використання синхронних компенсаторів.

6 Методи навчання

1. Словесні методи (лекція, пояснення).

2. Наочні методи

– ілюстрація (малюнки, таблиці, моделі тощо);

– демонстрування презентації.

3. Практичні методи: лабораторні та практичні роботи, вправи.

7 Методи контролю

1. **Усне опитування** (фронтальне, індивідуальне).
2. **Письмова аудиторна та поза аудиторна перевірка** (розв'язування задач та прикладів, підготовка різних відповідей, рефератів, контрольні роботи (з конкретних питань тощо).
3. **Практична перевірка** (виконання практичної роботи, аналіз виробничої інформації, розв'язок професійних завдань).
4. **Стандартизований контроль** тестовий екзамен (можливе проведення у дистанційній формі).

Види контролю: поточний контроль, проміжна та семестрова атестація.

8 Результати навчання

У результаті засвоєння окремих тем із дисципліни «Електричні машини та апарати» здобувачі набувають знання, уміння та компетентності, що відповідають вимогам ОП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Індекс в матриці ОПН	Програмні компоненти
ІК	Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або в процесі навчання, що передбачає застосування теорій і методів прикладної фізики та інженерних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.
ЗК02	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК05	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
ЗК12	Здатність знаходити оптимальні рішення у випадку виникнення нетипових ситуацій.
ФК05.	Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.
ФК09	Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування
ПР01	Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
ПР03	Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
ПР08	Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

ПР09	Уміти оцінювати енергоєфективність та надійність роботи електросенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.
------	---

9 Розподіл балів, які отримують студенти

Для заліку

Поточне тестування та самостійна робота (разом 100 балів)						Сума
Розділ 1						100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	
20	20	40	20			

Для екзамену 1

Поточне тестування та самостійна робота (разом 100 балів)									екз	Σ
Розділ 2					Розділ 3					
T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15		
7		7	7		21		8		50	100

Для екзамену 2

Поточне тестування та самостійна робота (разом 50 балів)									екз	Σ
Розділ 4				Розділ 5						
T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24		
12	6		18			7	7	10	50	100

T1, T2 ... T24 – теми змістовних модулів.

10 Методичне забезпечення

1. Гречин Д. П., Герман А. Ф., Дробот І. М. Електричні машини та апарати: методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня освіти зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Дубляни: ЛНАУ, 2016. 126 с.

11 Рекомендована література

Базова

1. Яцун М. А. Електричні машини: навчальний посібник. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. 428 с.

2. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Харків: Вид-во «Точка», 2012. 340 с.

3. Белікова Л. Я., Шевченко В. П. Електричні машини: навч. посіб. Одеса: Наука і техніка, 2012. 480 с.

4. Осташевський М. О., Юр'сва О. Ю. Електричні машини і трансформатори. Київ: Каравела, 2018. 452 с.

5. Лесько В. О., Комар В. О., Кравчук С. В., Сікорська О. В. Електричні апарати. Вінниця: ВНТУ, 2018. 102 с.

6. Паранчук Я. С., Шабатура Ю. В., Чумакевич В. О. Електричні машини та трансформатори комплексів озброєння. Львів: АСВ, 2013. 378 с.
7. Загірняк М. В. Електричні машини: підручник. Київ: Знання, 2009. 399 с.
8. Андрієнко В. М. Електричні машини. Київ: НУХТ, 2010. 366 с.
9. Куценко Ю. М., Яковлев В. Ф. Електричні машини і апарати: навчальний посібник. Київ: Аграрна освіта, 2013. 449 с.

12 Інформаційні ресурси

1. Бібліотечно-інформаційні ресурси – книжковий фонд, періодика та фонди на електронних носіях бібліотеки ЛНУП, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково-технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.

2. Електронні інформаційні ресурси мережі Інтернет.

2.1 <https://vue.gov.ua/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F:%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%B9%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8>

2.2 https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v08_2330-04#Text

2.3 <http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/326/490.html>

2.4 <https://danube.pto.org.ua/index.php/component/k2/item/190-tema-7-3-zagalni-vidomosti-pro-elektrichni-mashini>