

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

*Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки*

***ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ***

Програма навчальної дисципліни  
для студентів інженерно-технологічного факультету галузі знань:  
14 - електрична інженерія,  
спеціальності: 141 - електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка

Вінниця 2021 р.

УДК 631.3-52:621.31 (075.3)

Електричні машини// Програма навчальної дисципліни для підготовки бакалаврів інженерно-технологічного факультету галузі знань: 14 - електрична інженерія, спеціальності: 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Вінниця: Вид-во ВНАУ, 2021. – 13 с.

Укладачі:

Ярошенко Л.В. к. т. н., доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Штуць А.А. асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Рецензенти:

д. т. н., проф., зав. каф. агроінженерії та технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету В. Ф. Анісімов

к. т. н., доц. каф. електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Вінницького національного аграрного університету В. Ф. Граняк;

Викладений матеріал базової навчальної програми з дисципліни: “Електричні машини”, куди входять питання теоретичних знань і практичних досліджень процесів електромагнітного та електромеханічного перетворення енергії, конструкцій та характеристик електричних машин і трансформаторів, а також впливу їх параметрів на експлуатаційні якості машин в стаціонарних та перехідних режимах їх роботи.

Розрахована на студентів інженерно-технологічного факультету галузі знань: 14 - електрична інженерія, спеціальності: 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

*Рекомендовано науково-методичною комісією Вінницького національного аграрного університету протокол*

*№ від 2021 року*

## 1. МЕТА І ЗАДАЧІ ДИСЦИПЛІНИ

Метою викладання дисципліни “Електричні машини” є отримання студентами теоретичних і практичних знань процесів електромагнітного та електромеханічного перетворення енергії, конструкцій та характеристик електричних машин і трансформаторів, а також впливу їх параметрів на експлуатаційні якості машин в стаціонарних та перехідних режимах їх роботи.

В результаті вивчення курсу студенти повинні вміти вибрати електромашину або трансформатор для конкретних умов їх використання, аналізувати та описувати усталені та перехідні процеси в них, виконувати випробування основних типів машин і трансформаторів та їх технічне обслуговування в експлуатації.

Теоретичною базою курсу “Електричні машини” є такі дисципліни: „Вища математика”, „Фізика”, „Теоретичні основи електротехніки”, „Теоретична механіка”, „Основи метрології та електричних вимірювань”, „Обчислювальна техніка та програмування”.

Матеріал, що вивчається в дисципліні „Електричні машини” забезпечує основу для вивчення дисциплін „Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів”, „Основи електроприводу”, «Електричні системи та мережі», «Силова електроніка та перетворювальні пристрої»

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен володіти інтегральними, загальними та фаховими компетентностями, зокрема:

*інтегральні компетентності (ІК):*

- Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики та інженерних наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.

*загальні компетентності (ЗК):*

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.
- Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- Здатність працювати в команді.

*спеціальні (фахові) компетентності (ФК):*

- Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

- Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

- Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

*програмні результати:*

- Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

- Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок.

- Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

- Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

- Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.

- Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

Вивчення даної дисципліни формує у здобувачів освіти соціальні навички (softskills): комунікативність (реалізується через: метод роботи в парах та групах, метод самопрезентації), робота в команді (реалізується через: метод проектів), лідерські навички (реалізується через: робота в групах, метод проектів, метод самопрезентації).

## 2. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни			
		денна форма навчання		заочна форма навчання	
Кількість кредитів 8,0	14 Електрична інженерія  141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  Перший (бакалаврський)	Обов'язкова			
Атестацій – 4		Рік підготовки:			
Загальна кількість годин 240		3-й		4-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних 4 самостійної роботи студента 6		Семестр			
		5-й	6-й	6-й	7-й
		Лекції			
		30 год.	30 год.	6 год.	4 год.
		Практичні, семінарські			
		42 год.	28 год.	6 год.	4 год.
		Лабораторні			
	год.		год.		
Самостійна робота					
48 год.	62 год.	108 год.	112 год.		
Індивідуальні завдання:					
Вид контролю: залік/екзамен					

Програма навчальної дисципліни передбачає пере-зарахування кредитів освітніх компонентів, отриманих студентами, які навчались за програмою академічної мобільності, неформальної та інформальної освіти за наявності відповідних підтверджуючих документів.

Передбачено розробка аудіо-курсу, дистанційних online курсів для здобувачів з особливими освітніми проблемами (інклюзивної освіти).

## 3. Програма навчальної дисципліни

### Частина 1 (1 семестр)

#### Атестація 1. Трансформатори

- Тема 1.** Загальні відомості про електричні машини.
- Тема 2.** Будова та робочий процес трансформаторів.
- Тема 3.** Векторна діаграма приведеного трансформатора, рівняння та схема його заміщення.
- Тема 4.** Зовнішні характеристики, втрати та ККД трансформатора.
- Тема 5.** Регулювання напруги трансформатора, схеми з'єднання його обмоток.
- Тема 6.** Паралельна робота трансформаторів, багатообмоткові трансформатори.
- Тема 7.** Автотрансформатори, спеціальні трансформатори.

#### Атестація 2. Загальні питання машин змінного струму. Асинхронні машини

- Тема 8.** Магніторушійна сила обмоток статора.  
**Тема 9.** Робочий режим асинхронного двигуна.  
**Тема 10.** Механічна характеристика та стійкість роботи АД.  
**Тема 11.** Кругова діаграма АД.  
**Тема 12.** Пуск трифазних АД.  
**Тема 13.** Регулювання частоти обертання АД.  
**Тема 14.** Гальмівні режими асинхронного двигуна.  
**Тема 15.** Однофазний асинхронний двигун.

### *Частина 2 (2 семестр)*

#### *Атестація 3. Синхронні машини*

- Тема 16.** Синхронні машини.  
**Тема 17.** Реакція якоря синхронного генератора.  
**Тема 18.** Векторні діаграми та робочі характеристики синхронного генератора.  
**Тема 19.** Робота синхронного генератора на автономне навантаження.  
**Тема 20.** Енергетична діаграма та кутова характеристика синхронного генератора.  
**Тема 21.** Синхронний двигун.  
**Тема 22.** Характеристики синхронного двигуна, синхронні компенсатори.

#### *Атестація 4. Машини постійного струму*

- Тема 23.** Будова і принцип дії машин постійного струму.  
**Тема 24.** Магнітне поле машини постійного струму.  
**Тема 25.** Генератори постійного струму.  
**Тема 26.** Втрати і коефіцієнт корисної дії генераторів постійного струму.  
**Тема 27.** Двигуни постійного струму.  
**Тема 28.** Регулювання кутової швидкості та гальмування ДПС.  
**Тема 29.** Паралельна робота двигунів постійного струму на спільний вал.  
**Тема 30.** Вентильні та універсальні колекторні двигуни.

### **4. Теми лекційних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Загальні відомості про електричні машини.	2	1
2	Будова та робочий процес трансформаторів.	2	1
3	Векторна діаграма приведеного трансформатора, рівняння та схема його заміщення.	2	1
4	Зовнішні характеристики, втрати та ККД трансформатора.	2	
5	Регулювання напруги трансформатора, схеми з'єднання його обмоток.	2	
6	Паралельна робота трансформаторів, багато-обмоткові трансформатори.	2	
7	Автотрансформатори, спеціальні трансформатори.	2	
8	Магніторушійна сила обмоток статора.	2	
9	Робочий режим асинхронного двигуна.	2	1
10	Механічна характеристика та стійкість роботи АД.	2	1
11	Кругова діаграма АД.	2	
12	Пуск трифазних АД	2	
13	Регулювання частоти обертання АД.	2	

14	Гальмівні режими асинхронного двигуна.	2	
15	Однофазний асинхронний двигун.	2	1
16	Синхронні машини.	2	1
17	Реакція якоря синхронного генератора.	2	
18	Векторні діаграми та робочі характеристики синхронного генератора.	2	
19	Робота синхронного генератора на автономне навантаження.	2	
20	Енергетична діаграма та кутова характеристика синхронного генератора.	2	
21	Синхронний двигун.	2	1
22	Характеристики синхронного двигуна, синхронні компенсатори.	2	1
23	Будова і принцип дії машин постійного струму.	2	1
24	Магнітне поле машини постійного струму.	2	
25	Генератори постійного струму	2	1
26	Втрати і коефіцієнт корисної дії генераторів постійного струму.	2	
27	Двигуни постійного струму.	2	1
28	Регулювання кутової швидкості та гальмування ДПС.	2	
29	Паралельна робота двигунів постійного струму на спільний вал.	2	
30	Вентильні та універсальні колекторні двигуни.	2	
14	<b>Разом</b>	<b>60</b>	<b>12</b>

### 5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість год.	
		Денна	Заочна
1 семестр			
1	Інструктаж із правил техніки безпеки	2	
2	Дослідження трифазного двообмоткового трансформатора.	4	1
3	Дослідне визначення групи з'єднання обмоток трифазного трансформатора.	2	1
4	Дослідження паралельної роботи трифазних двообмоткових трансформаторів.	2	1
5	Дослідження трансформатора струму.	4	1
6	Дослідження трансформатора напруги.	4	
7	Захист звітів	2	3
<b>Разом</b>		<b>20</b>	
8	Визначення втрат і ККД трифазного асинхронного двигуна.	2	
9	Дослідження способів пуску в хід трифазних асинхронних двигунів.	2	1
10	Дослідження асинхронного коротко-замкнутого двигуна	4	
11	Дослідження роботи трифазного асинхронного двигуна в однофазному режимі	4	1
12	Дослідження нагрівання електродвигуна	4	1

13	Підвищення коефіцієнта потужності споживачів електричної енергії	2	
14	Дослідження схем гальмування асинхронних електродвигунів	2	
15	Захист звітів	2	
Разом		22	3
Усього за 5 семестр		42	6
2 семестр			
16	Інструктаж із правил техніки безпеки	2	
17	Випробовування трифазного синхронного генератора.	2	1
18	Паралельна робота генератора з мережею.	2	
19	Випробовування трифазного синхронного двигуна.	2	
20	Визначення струму ротора генератора	2	1
21	Дослідження трифазного синхронного генератора сільськогосподарського призначення	2	
22	Захист звітів	2	1
Разом		14	6
23	Дослідження генераторів постійного струму з незалежним, паралельним та послідовним збудженням.	4	
24			
25	Дослідження двигунів постійного струму паралельного збудження.	4	
26			
27	Дослідження двигунів постійного струму послідовного збудження.	2	
28			
29	4П. Дослідження двигуна постійного струму змішаного збудження	2	
30	Захист звітів	2	
Разом		14	6
Усього за 6 семестр		28	6
Усього за курс		70	12

## 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна	Заочна
<i>1 семестр</i>			
<i>Атестація 1. Трансформатори</i>			
1.	Елементарні перетворення електричної та механічної енергій.	4	6
2.	Будова та різновиди трансформаторів.	4	6
3.	Робочий процес трансформаторів.	4	6
4.	Комплексні рівняння і векторна діаграма приведенного трансформатора.	4	6
5.	Рівняння та схема заміщення трансформатора.	2	6
6.	Зовнішні характеристики, втрати та ККД трансформатора.	2	6
7.	Регулювання напруги трансформатора. Групи з'єднання обмоток трансформаторів.	2	6
8.	Паралельна робота трансформаторів, автотрансформатори.	2	6



№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна	Заочна
9.	Спеціальні трансформатори.	2	6
<b>Разом годин</b>		<b>26</b>	<b>54</b>
<i>Атестація 2. Асинхронні машини</i>			
10.	Принцип дії машин змінного струму та обмотки їх статора.	2	6
11.	Магніторушійна сила обмоток статора.	2	4
12.	Асинхронні машини змінного струму.	4	6
13.	Робочий режим асинхронного двигуна.	2	4
14.	Механічна характеристика та стійкість роботи АД.	2	4
15.	Кругова діаграма АД.	2	6
16.	Тема 18. Пуск трифазних АД.	2	6
17.	Регулювання частоти обертання АД.	2	6
18.	. Гальмівні режими асинхронного двигуна.	2	6
19.	Однофазний асинхронний двигун.	2	6
<b>Разом годин</b>		<b>22</b>	<b>54</b>
<b>Разом годин за 5 семестр</b>		<b>48</b>	<b>108</b>
<i>2 семестр</i>			
<i>Атестація 3. Синхронні машини</i>			
20.	Синхронні машини.	4	6
21.	Реакція якоря синхронного генератора.	4	6
22.	Векторні діаграми та робочі характеристики синхронного генератора.	4	6
23.	Робота синхронного генератора на автономне навантаження.	4	8
24.	Енергетична діаграма та кутова характеристика синхронного генератора.	4	6
25.	Тема 27. Синхронний двигун.	4	8
26.	Тема 28. Характеристики синхронного двигуна, синхронні компенсатори.	4	6
27.	Тема 29. Синхронні машини спеціального призначення.	4	8
<b>Разом годин</b>		<b>32</b>	<b>54</b>
<i>Атестація 4. Машини постійного струму</i>			
28.	Тема 30. Будова і принцип дії машин постійного струму.	4	6
29.	Тема 31. Магнітне поле машини постійного струму.	4	6
30.	Тема 32. Генератори постійного струму.	4	6
31.	Тема 33. Втрати і коефіцієнт корисної дії генераторів постійного струму	4	8
32.	Тема 34. Двигуни постійного струму.	4	6
33.	Тема 35. Регулювання кутової швидкості та гальмування ДПС.	4	8
34.	Тема 36. Паралельна робота двигунів постійного струму на спільний вал.	4	6
35.	Тема 37. Вентильні та універсальні колекторні двигуни.	2	8
<b>Разом годин</b>		<b>30</b>	<b>54</b>
<b>Разом годин за 6 семестр</b>		<b>62</b>	<b>108</b>
<b>Усього годин</b>		<b>110</b>	<b>216</b>

Самостійна робота студента організовується шляхом видачі індивідуального переліку питань і практичних завдань з кожної теми, які не виносяться на аудиторне опрацювання та виконання індивідуального творчого завдання (відео-презентації).

Самостійна робота здобувача є одним із способів активного, цілеспрямованого набуття нових для нього знань та умінь. Вона є основою його підготовки як фахівця, забезпечує набуття ним прийомів пізнавальної діяльності, інтерес до творчої роботи, здатність вирішувати наукові та практичні завдання.

Виконання здобувачем самостійної роботи передбачає, за необхідності, отримання консультацій або допомоги відповідного фахівця. Навчальний матеріал навчальної дисципліни, передбачений робочою програмою навчальної дисципліни для засвоєння здобувачем у процесі самостійної роботи, виноситься на поточний і підсумковий контроль поряд з навчальним матеріалом, який опрацьовувався під час аудиторних занять. Організація самостійної роботи здобувачів передбачає: планування обсягу, змісту, завдань, форм і методів контролю самостійної роботи, розробку навчально-методичного забезпечення; виконання здобувачем запланованої самостійної роботи; контроль та оцінювання результатів, їх систематизацію, оцінювання ефективності виконання здобувачем самостійної роботи.

Індивідуальні завдання здобувач виконує самостійно під керівництвом викладача згідно з індивідуальним навчальним планом.

У випадку реалізації індивідуальної освітньої траєкторії здобувача заняття можуть проводитись за індивідуальним графіком.

Під час роботи над індивідуальними завданнями, розв'язуванням задач не допустимо порушення академічної доброчесності. Презентації та виступи мають бути авторськими та оригінальними.

## **7. Орієнтовний перелік тем індивідуальних творчих завдань**

За рішенням кафедри студенти готують реферати та доповіді на щорічну науково-технічну конференцію співробітників кафедри.

### Теми рефератів:

1. Описати механічні характеристики робочих машин.
2. Розрахувати механічну характеристику електродвигуна постійного струму.
3. Розрахувати механічну характеристику асинхронного електродвигуна.
4. Розрахувати механічну характеристику синхронного електродвигуна.
5. Описати перспективні шляхи подальшого удосконалення електричних машин.
6. Описати шляхи енергозбереження в електричних машинах.
7. Розрахунок силового трансформатора:
  - Розрахунок основних електричних величин;
  - Попередній розрахунок трансформатора з використанням ЕОМ;
  - Розшифрування результатів розрахунку ЕОМ;
  - Перевірочний розрахунок;
  - Вибір типу обмоток
  - Розрахунок обмотки НН
  - Розрахунок обмотки ВН
  - Розрахунок характеристик короткого замикання (втрати кз та напруга кз)
  - Розрахунок механічних сил і напруженостей в обмотках

- Розрахунок магнітної системи (маса магнітної системи, втрати хх, струм хх)
- Тепловий розрахунок трансформатора (розрахунок перепаду температури між обмоткою і маслом, вибір і розрахунок системи охолодження, розрахунок поверхні охолодження, визначення фактичних перегрівів)

Виконання розрахункової роботи відповідно до індивідуального завдання  
 Зміст завдання: Розрахувати елементи та режими роботи електричних машин. Розрахункова робота вводиться для закріплення теоретичних знань та набуття практичних навичок розрахунку електричних машин. Завдання сформульоване таким чином, що охоплює весь матеріал розділу, що вивчається в дисципліні. Об'єктом розрахунку є різноманітні електричні машини. В роботі виконується розрахунок режимів роботи електричних машин.

За рішенням кафедри студенти готують доповіді на щорічну науково-технічну конференцію професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету, беруть співучасть у написанні наукових статей.

## **8. Методичне забезпечення**

**Навчально-методичний комплекс дисципліни, до складу якого входять:**

1. Навчальна програма дисципліни «Електричні машини».
2. Робоча програма дисципліни «Електричні машини».
3. Робочий план дисципліни на поточний триместр.
4. Видмиш А.А., Штуць А. А. Навчально-методичний посібник для проведення практичних робіт з навчальної дисципліни «Електричні машини» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» – Вінниця.: РВВ ВНАУ, 2019. – 134.с
5. Комплект екзаменаційних білетів.
6. Комплект комплексних контрольних робіт.

## **9. Рекомендовані джерела інформації**

### **Основні**

1. Белікова Л.Я., Шевченко В.П. Електричні машини. Навчальний посібник. Одеса: Наука і Техніка, 2014. 480 с.
2. Лябук М.Н. Електричні машини : Навч. посіб. М. Н. Лябук; Луц. держ. техн. ун-т. Луцьк : РВВ Луц. держ. техн. ун-ту, 2005. 444 с.
3. Шевченко В. П. Електричні машини. Ч. 1. Машини постійного струму / В. П. Шевченко, Л. Я. Белікова. О. : ОДПУ, 2000. 120 с.
4. Шевченко В. П. Машини змінного струму: навч. посіб. В. П. Шевченко, Л. Я. Белікова. О. : Наука і техніка, 2005. 270 с.
5. Електричні машини і трансформатори : навч. посібник М. О. Осташевський, О. Ю. Юр'єва; за ред. В. І. Мілих. Харків : ФОП Панов А. М., 2017. 452 с.

6. Яцун М.А. Електричні машини. Львів: Ви-во Львівської політехніки, 2011. 464 с.

### Додаткові

7. Електричні машини. А. О. Бояркін, Е. А. Галіцин, М. В. Гаранжа, О. М. Косиченко. Навч. посібник з лабораторного практикуму. Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2009. 243 с.
8. Синхронні генератори зі збудженням від постійних магнітів. А. О. Бояркін, Е. А. Галіцин, М.В. Гаранжа, О. М. Косиченко. Навч. посібник з розрахунково-графічної роботи, курсовому й дипломному проектуванню. Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2009. 92 с.
9. Грабко В. В. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина I. Машини постійного струму. В. В. Грабко, М. П. Розводюк, І. В. Грабенко. Вінниця: ВНТУ, 2005. 86 с.
10. Грабко В. В. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина IV. Трансформатори. В. В. Грабко, М. П. Розводюк, С. М. Левицький. Вінниця: ВНТУ, 2008. 219 с.
11. Грабко В. В. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина III. Асинхронні машини. В. В. Грабко, М. П. Розводюк, С. М. Левицький, М. О. Казак. Вінниця: ВНТУ, 2007. 197 с.

Навчальне видання

Ярошенко Леонід Вікторович

*ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ*

Програма навчальної дисципліни для підготовки бакалаврів інженерно-технологічного факультету галузі знань: 14 - електрична інженерія, спеціальності:  
141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Коректор

Підписано до друку

Умовн. друк. арк. 1,2    Формат А5 (148,5 x 210 мм).

Наклад 200 прим.

Зам. №

Редакційно-видавничий відділ

Вінницького національного аграрного університету

вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна