

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра електротехніки, електромеханіки та електротехнологій

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО:

на засіданні вченої ради ННІ
енергетики, автоматики і енергозбереження
протокол № 3 від « 22 » 03 2024 р.

Директор ННІ В.В. Каплун

на засіданні кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

протокол № 10 від « 22 » 02 2024 р.

Завідувач кафедри О.В. Окушко

Гарант ОП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

проф. М.М. Заблудський

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Теорія електромеханічного перетворення енергії»

(назва навчальної дисципліни)

галузь знань - 14 «Електрична інженерія»

(шифр і назва напрямку підготовки)

спеціальність - 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

рівень вищої освіти – третій (освітньо-науковий рівень)

Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: Заблудський М.М., професор кафедри електротехніки, електро-
механіки та електротехнологій, д.т.н., професор

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2024 р.

1. Опис навчальної дисципліни
«Теорія електромеханічного перетворення енергії»
(назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітній рівень		
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»	
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий) рівень	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Форма контролю	Іспит	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	1	1
Семестр	2	2
Лекційні заняття	15 год.	8 год.
Практичні, семінарські заняття	30 год.	8 год.
Лабораторні заняття		
Самостійна робота	75 год.	104 год.
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	4 год.	-

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення даної дисципліни є формування у аспірантів системних знань з теоретичних основ функціонування електромагнітних пристроїв та електромеханічних перетворювачів енергії, сучасних методів їх математичного моделювання та використання математичних моделей у практичній діяльності.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування у аспірантів таких компетентностей та їх складових:

загальних:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

фахових:

ФК03. Здатність демонструвати розуміння вимог до надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем, зумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку.

ФК09. Системний науковий світогляд та загальнокультурний кругозір.

У результаті вивчення дисципліни аспірант повинен досягнути наступних програмних результатів навчання:

РН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

РН04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у електричній інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямках.

3. Програма та структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	ти-жні	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	14	
Модуль 1. Закони й тенденції розвитку генерації та перетворення енергії, управління енергетичними процесами														
Тема 1. Основні закони й тенденції розвитку генерації та перетворення енергії	1-2		2				10		2	2			24	
Тема 2. Закономірності електромеханічних перетворень	3-4		2	5			10							
Тема 3. Управління енергетичними процесами	5-6		2	5			15							
Разом за змістовим модулем 1		51	6	10			35		2	2				
Модуль 2. Ефективність використання електричної енергії при реалізації технологічних процесів														
Тема 4. Особливості побудови та функціонування технологічних установок: електромеханічних, електротермічних,	7-8		2	5			10		2	2			20	

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма							Заочна форма					
	ти-жні	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	14
електроімпульсних і магнітодинамічних.													
Тема 5. Електромагнітні, електромеханічні та теплові процеси в статичних перетворювачах і машинах постійного струму	9-11		3	5			10						20
Тема 6. Електромагнітні, електромеханічні та теплові процеси в обертових і лінійних асинхронних машинах.	12-13		2	5			10		2	2			20
Тема 7. Електромагнітні, електромеханічні та теплові процеси в обертових і лінійних синхронних машинах.	14-15		2	5			10		2	2			20
Разом за змістовим модулем 2		69	9	20			40						
Усього годин		120	15	30			75	120	8	8			104

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Застосування електромеханічних перетворювачів в енергоощадних технологіях конверсії біомаси	5
2	Режими роботи електротехнологічних установок	5
3	Польові розрахунки електромагнітних процесів в програмному пакеті Comsol Multiphysics	5
4	Ємнісні параметричні генератори та п'єзоелектричні приводи	5
5	Внутрішня ємнісна компенсація реактивної потужності електромеханічних перетворювачів	5
6	Екологічний і енергетичний аспекти використання двигунів підвищених класів енергоефективності	5

5. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань аспірантів.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте способи виробництва електроенергії.
2. Запропонуйте способи створення магнітного поля.
3. Розкрийте сутність основних законів електрики.
4. Елементарний двигун і елементарний генератор.
5. Принцип дії, конструкція, переваги і недоліки колекторних машин постійного струму.
6. Охарактеризуйте побудову електричних схем обмоток машин електромеханічних пристроїв.
7. Умови і закономірності формування електрорушійної сили і електромагнітного моменту електромеханічного пристрою.
8. Магнітне поле машини постійного струму в режимі холостого ходу і при навантаженні.
9. Охарактеризуйте явище реакції якоря електричних машин при насиченій і ненасиченій магнітних системах.
10. Запропонуйте методи і засоби поліпшення комутації машин постійного струму.
11. Запропонуйте методи і засоби поліпшення форми кривої розподілу магнітного поля.
12. Побудова і використання рівнянь напруг, моментів і потужностей для генератора постійного і змінного струмів.
13. Побудова, порівняння і використання основних характеристики генераторів постійного струму і змінного струмів.
14. Охарактеризуйте сутність і умови зміни коефіцієнта корисної дії електромеханічного пристрою.
15. Формування механічних характеристик електромеханічного пристрою.
16. Запропонуйте способи регулювання частоти обертання електродвигунів.
17. Безконтактні двигун постійного струму.
18. Виконавчі двигуни постійного струму.
19. Формування параметрів трансформаторів.
20. Експериментальне визначення параметрів схеми заміщення електромеханічних пристроїв.
21. Імпульсні трансформатори.
22. Пік-трансформатор з активним опір.
23. Екологічний і енергетичний аспекти використання двигунів підвищених класів енергоефективності.
24. Магнітоелектричні синхронні двигуни.
25. Синхронні реактивні двигуни.
26. Гістерезисні двигуни.
27. Крокові двигуни. Принцип дії реактивного крокового двигуна.

Фрагменти тестових завдань

1. Скласти відповідність між лівим і правим стовбцями (2 бал.)

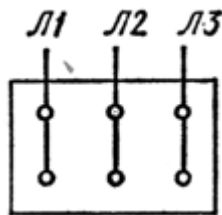
Ротор асинхронного двигуна за конструкцією _____	- Короткозамкнений - Неявнополюсний - Фазний
Ротор синхронного двигуна за конструкцією _____	- Явнополюсний

2. Для якого режиму роботи асинхронної машини ковзання дорівнює $S = -0,2$? (2бал.)

- 1- генераторний режим
- 2- руховий режим
- 3- режим гальмування противовключением

3. Яка сполука обмотки статора на щитку двигуна зазначена на малюнку?

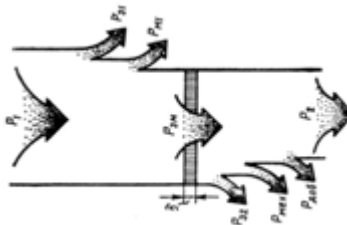
Промаркируйте клеми.(2бал.)



4. Визначите висоту осі обертання h , мм, число полюсів $2p$ для асинхронного двигуна серії 4А71Б8ВЗ.(2бал.)

5. Яку назву носить діаграма асинхронного двигуна, представленого на малюнку?(2бал.)

- 1- векторна діаграма
- 2- енергетична діаграма
- 3- навантажувальна діаграма



6. Додайте слова в речення.(2 бал.)

У синхронних машинах частота обертання ротора дорівнює частоті обертання

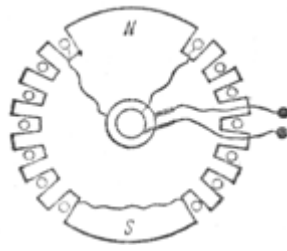
7. Додайте слова в речення.(2 бал.)

У синхронних машинах частота обертання ротора визначається струму мережі й числом полюсів

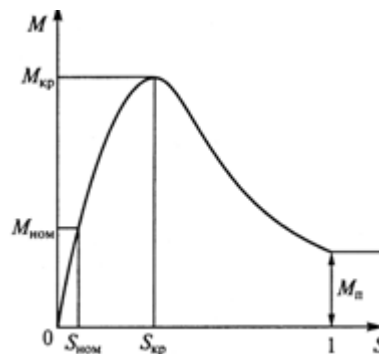
8. Як називається синхронний двигун, що працює без навантаження й призначений для підвищення $\cos \varphi$ підприємства? (2бал.)

9. Ротор якої електричної машини представлений на малюнку?(2бал.)

- 1- Ротор синхронної машини з неявновираженими полюсами
- 2- Короткозамкнений ротор асинхронної машини
- 3- Ротор колекторної машини постійного струму

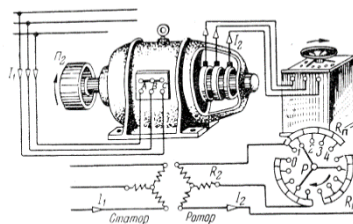


10. Чотирьохполюсний ротор ($2p=4$) синхронного генератора обертається із частотою 3000 об/хв. Визначити частоту струму f_1 (3 бал.)
11. Частота мережі $f=50$ Гц. Яка частота обертання двухполюсного й чотирьохполюсного обертових магнітних полів? (3 бал.)
1. Двохполюсного - 6000, чотирьохполюсного - 3000 об/хв.
 2. Двохполюсного - 3000, чотирьохполюсного - 1500 об/хв.
 3. Двохполюсного - 3000, чотирьохполюсного - 6000 об/хв.
12. Яка частина механічної характеристики асинхронного двигуна є робочою? (3 бал.)
1. При s від 0 до $s_{ном}$.
 2. При s від $s_{кр}$ до 1.
 3. При s від 0 до $s_{кр}$.



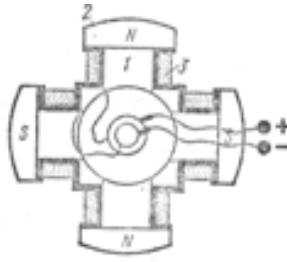
13. Визначити номінальну потужність асинхронного двигуна, якщо споживана двигуном у номінальному режимі $P_{1ном}=6$ кВт, а втрати потужності становлять $\sum P=1,5$ кВт. (3 бал.)

14. Який електродвигун представлений на малюнку? (2 бал.)



15. На малюнку представлений ротор синхронної машини з явновираженими полюсами. Розпишіть його пристрій. (2 бал.)

- 1-
- 2-полюсний наконечник
- 3-



16. Які машини змінного струму називаються синхронними? (2бал.)

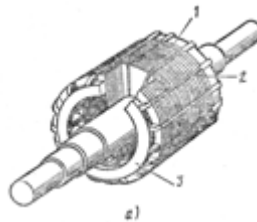
1. Машини, у яких швидкість обертання ротора дорівнює швидкості обертання магнітного поля.
2. Машини, у яких швидкість обертання ротора менше швидкості обертання магнітного поля.
3. Машини, у яких швидкість обертання ротора більше швидкості обертання магнітного поля.

17. Визначити корисну потужність на виході синхронного генератора, якщо повна номінальна потужність на виході $S_{\text{ном}}=330\text{кВА}$, коефіцієнт потужності навантаження, підключеного до генератора $\cos \varphi_1=0,9$. (3бал.)

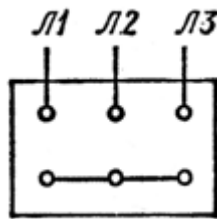
1. $P_{\text{ном}}=366,6\text{кВт}$
2. $P_{\text{ном}}=330\text{кВт}$
3. $P_{\text{ном}}=297\text{кВт}$

18. Доповніть текст. Так само як й у генераторах, у синхронних двигунах зміна реактивної потужності, тобто зміна $\cos \varphi$, досягається регулюванням.....(2бал.)

19. Який за формою ротор асинхронної машини представлений на малюнку. (2бал.)



20. Яка сполука обмотки статора зазначена на щитку двигуна, промаркируйте клеми. (3бал.)



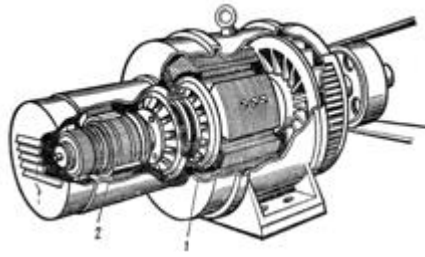
21. Розрахуйте струм асинхронного двигуна потужністю $P_{\text{ном}}=11\text{кВт}$, $U=660\text{В}$, $\eta_{\text{ном}}=86,5$, $\cos \varphi=0,86$. (3бал.)

1. $I_{\text{ном}}=13\text{А}$
2. $I_{\text{ном}}=22,4\text{А}$
3. $I_{\text{ном}}=9,7\text{А}$

22. Визначати позиції конструкції синхронного генератора, представленого на малюнку (2бал.)

1- _____

2- _____



23. Доповніть текст.(2бал.)

Робота синхронної машини зі споживанням з мережі випереджального струму дає можливість використати її в якості

24. Який спосіб пуску використовується для асинхронних двигунів малої потужності? (2бал.)

- 1- прямий пуск
- 2- пуск перемиканням обмотки статора із зірки на трикутник
- 3- автотрансформаторний пуск
- 4- реакторний пуск

6. Методи навчання.

Лекційні заняття з теорії електромеханічного перетворення енергії.

Практичні заняття з набуття вмінь та навичок аналізу фізичних процесів, що відбуваються в електромеханічних пристроях, розробки і використання математичних моделей електромагнітних пристроїв та електромагнітних перетворювачів енергії.

7. Форми контролю.

Поточне опитування під час лекцій.

Розв'язання задач на практичних заняттях.

Підготовка доповідей за результатами самостійної роботи.

Іспит.

8. Розподіл балів, які отримують аспіранти. Оцінювання аспіранта відбувається згідно положенням «Про екзамени та заліки у НУБіП України» від 20.02.2015 р. протокол № 6 з табл. 1.

Оцінка національна	Оцінка ЄКТС	Визначення оцінки ЄКТС	Рейтинг аспіранта, бали
Відмінно	A	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90 – 100
Добре	B	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	82 – 89
	C	ДОБРЕ – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	74 – 81

Задовільно	D	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	64 – 73
	E	ДОСТАТНЬО – виконання задовольняє мінімальні критерії	60 – 63
Незадовільно	FX	НЕЗАДОВІЛЬНО – потрібно працювати перед тим, як отримати залік (позитивну оцінку)	35 – 59
	F	НЕЗАДОВІЛЬНО – необхідна серйозна подальша робота	01 – 34

Для визначення рейтингу аспіранта (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу аспіранта (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{ат}}$.

9. Рекомендована література

1. Заблодський М.М. Управління енергоефективністю електромеханічних перетворювачів енергії: навчальний посібник / М.М. Заблодський, Р.М. Чуєнко, О.В. Санченко. – К.: Видавництво «Компрінт», 2022. – 575 с
2. Заблодський М.М. Математичне моделювання електротермомеханічного обладнання обробки в'язких і сипких речовин. Монографія у двох книгах. Книга 1 / М.М. Заблодський, Г.О. Мірських, В.Ю. Грицюк – К.: Компрінт, 2019. – 487 с.
3. Заблодський, М.М. Поліфункціональні електромеханічні перетворювачі енергії технологічного призначення: навчальний посібник / М.М. Заблодський, Р.М. Чуєнко – К.: Видавництво «Компрінт», 2024. – 272 с.
4. . Gritsyuk, V., Nevliudov, I., Zablodskiy, M., & Subramanian, P. (2022). Estimation of eddy currents and power losses in the rotor of a screw electrothermomechanical converter for additive manufacturing. *Machinery & Energetics*, 13(2), 41-49. [https://doi.org/10.31548/machenergy.13\(2\).2022.41-49](https://doi.org/10.31548/machenergy.13(2).2022.41-49)
5. Zablodskiy, M., Gritsyuk, V., Rudnev, Y., Brozhko, R. and Tymofieieva, O., 2020, April. Analysis of 3D eddy current distribution in a hollow rotor of an electromechanical converter. In 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO) (pp. 561-564). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9088777>
6. Kovalchuk, S., Zablodskiy, N., Zhylytsov, A., Chuenko, R., & Gritsyuk, V. (2021). The numerical analysis of thermal processes in a twin-screw electromechanical hydrolyser for poultry by-products processing. *Electrotechnic and Computer Systems*, (34 (110)), 96-103. DOI: <https://doi.org/10.15276/eltecs.34.110.2021.10>
7. Determination of Massive Rotary Electric Machines Parameters in ANSYS RMxpert and ANSYS Maxwell. Pliuhin, V., Zablodskiy, M., Sukhonos, M., Tsegelnyk, Y., Piddubna, L. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, 536 LNNS, pp. 189–201
8. Заблодський М. М. Асинхронні двигуни з перфорованим ротором для систем автономного теплопостачання [Текст] : монографія / М. М. Заблодський, В. Ю. Грицюк / Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. - Київ : Компрінт, 2015. - 223 с.

9. Заблодський М. М. Електричні машини: [навч. посіб.] / Заблодський М. М., Чуєнко Р. М., Васюк В. В. - Київ : Ямчинський О. В. - 2019. - 345 с.