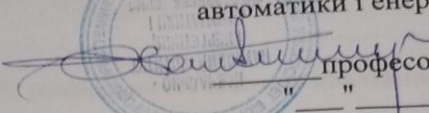


Форма № Н - 3.04

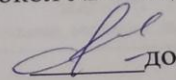
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Кафедра електротехніки, електромеханіки та електротехнологій

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження


професор Каплун В.В.
" " 2023 р.

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО
на засіданні кафедри електротехніки,
електромеханіки та електротехнологій
Протокол № 12 від 29 травня 2023 р.


В.О. Зав. кафедри
доцент Окушко О.В.

РОЗГЛЯНУТО

Гарант ОП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
професор Кривоносов В.Є.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Математичне моделювання електромагнітних пристроїв і електромеханічних перетворювачів енергії

Рівень вищої освіти Другий (магістерський)
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Програма підготовки освітньо-наукова
ННІ енергетики, автоматики та енергозбереження
Розробник: д.т.н., професор Заблодський М.М.

Київ – 2023

1. Опис навчальної дисципліни

Математичне моделювання електромагнітних пристроїв і електромеханічних перетворювачів енергії

(назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Галузь знань	14- Електрична інженерія	
Програма підготовки магістрів	Освітньо-наукова	
Спеціальність	141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» _____ шифр і назва)	
Ступінь вищої освіти	магістр (бакалавр, спеціаліст, магістр)	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Програма підготовки освітньо-наукова	
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	другий	
Семестр	четвертий	
Лекційні заняття	20 год.	
Практичні, семінарські заняття	10	
Лабораторні заняття	20 год	
Самостійна робота	70 год.	
Індивідуальні завдання	_____ год.	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних самостійної роботи студента –	4 год. 6,5год.	

2. Мета і задачі дисципліни

Метою вивчення дисципліни «Математичне моделювання електромагнітних пристроїв і електромеханічних перетворювачів енергії» є засвоєння студентами сучасних методів дослідження електромагнітних полів в електромеханічних пристроях та розрахунків на цій базі їх характеристик та властивостей, а також проведення їх оптимізації на основі високоточних

польових математичних моделей. Увесь комплекс знань та навичків, які студенти отримують при вивченні дисципліни, має забезпечити розв'язання ними на високому професійному рівні наукових та інженерних задач з автоматизованого дослідження та проектування сучасних пристроїв електротехніки і електромеханіки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- методи проведення досліджень складних технічних систем, оптимізації цих систем та їх елементів;
- високоефективні методи та програмні засоби моделювання електромагнітних полів;
- методологію моделювання електромагнітних полів в сучасних пристроях електромеханіки;
- методи синтезу та оптимізації пристроїв електромеханіки на основі польових математичних моделей.

вміти:

- вміти аналізувати складність електромагнітних систем, розуміти складність задач оптимізації цих систем та їх елементів, та вдосконалювати методики їх проведення;
- будувати коло-польові математичні моделі різноманітних електромеханічних пристроїв;
- використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем, управління енергопостачанням та енерговикористанням.

Набуття компетентностей:

- **Інтегральна компетентність (ІК):** Здатність розв'язувати складні проблеми і задачі під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.
- **Фахові (спеціальні) компетентності (ФК):** СК2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. СК6. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. СК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або

конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

Програмні результати навчання (ПРН): ПРН2. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні. ПРН7. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Математичне моделювання електромеханічних пристроїв.

Тема лекційного заняття 1. Основні положення теорії моделювання. Процес моделювання. Види моделювання. Види моделей. Вимоги до моделей. Моделювання електричних машин як об'єкта електромеханічної системи.

Тема лекційного заняття 2. Математична модель узагальненого електромеханічного перетворювача енергії.

Спрощена модель електромеханічного перетворювача. Рівняння узагальненого електромеханічного перетворювача. Основні припущення при дослідженні електричних машин. Узагальнена електрична машина.

Тема лекційного заняття 3. Математичне моделювання несиметричних електричних машин.

Електрична і магнітна несиметрія. Просторова несиметрія. Підхід до досліджень несиметричних електричних машин. Представлення змінних величин узагальненими просторовими векторами.

Тема лекційного заняття 4. Метод перетворення координат.

Математична модель синхронної машини

Метод перетворення координат. Диференційні рівняння синхронної машини у фазовій системі координат. Математична модель синхронної машини в системі координат d-q. Електромагнітний момент синхронної машини. Математичне моделювання машин постійного струму

Тема лекційного заняття 5. Математичні моделі асинхронних машин і трансформаторів

Диференційні рівняння асинхронної машини. Математична модель усталеного режиму асинхронної машини. Математична модель конденсаторного асинхронного двигуна. Математична модель однофазного асинхронного двигуна. Математична модель трифазного трансформатора.

Змістовий модуль 2. Методологія моделювання мультиполів в сучасних пристроях електромеханіки

Тема лекційного заняття 6. Методи моделювання електромагнітних полів

Кінцево-елементні програмні продукти для моделювання електромагнітних полів в електромеханічних пристроях. Методологія моделювання електромагнітних полів в сучасних пристроях електромеханіки. Синтез та оптимізація пристроїв електромеханіки на основі польових математичних моделей.

Тема лекційного заняття 7. Комбіновані методи моделювання режимів ЕМП

Просторово- часовий розподіл векторів напруженості магнітного поля. Комбіновані методи моделювання режимів ЕМП. Векторні рівняння електромагнітного поля у вузлах дискретної сітки. Моделювання асинхронних машин з урахуванням вихрових струмів та насичення магнітної системи.

Тема лекційного заняття 8. Дослідження характеристик компенсованих асинхронних двигунів.

Математичне моделювання компенсованих асинхронних двигунів. Методика експериментальних досліджень.

Тема лекційного заняття 9. Асинхронні двигуни з перфорованим ротором для систем автономного теплопостачання.

Дослідження електромагнітних і теплових процесів в асинхронному двигуну з порожнистим перфорованим ротором. Особливості проектних розрахунків і прикладні аспекти асинхронних двигунів з порожнистим перфорованим ротором.

Тема лекційного заняття 10. Принципи створення та основи теорії поліфункціональних електромеханічних перетворювачів енергії.

Принципи структурної і функціональної інтеграції. Принципи інтеграції теплових процесів. Принципи саморегуляції при розділенні на складові корисної потужності. Математична модель взаємопов'язаних електромагнітних, теплових і гідродинамічних процесів у поліфункціональному електромеханічному перетворювачі. Авторські результати моделювання на ряді важливих прикладів електричних машин з постійними магнітами різного типу та призначення. Методика розробки та чисельної реалізації за допомогою методу скінченних елементів математичних моделей електричних машин з постійними магнітами.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і 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

Змістовий модуль 1. Математичне моделювання електромеханічних пристроїв.											
Тема 1 Основні положення теорій моделювання.		2	1	2		7					
Тема 2. Основні положення теорій моделювання.		2	1	2		7					
Тема 3. Математичне моделювання несиметричних електричних машин.		2	1	2		7					
Тема 4. Метод перетворення координат.		2	1	2		7					
Тема 5. Математичні моделі асинхронних машин і трансформаторів		2	1	2		7					
Разом за змістовим модулем 1	60	10	5	10		35					
Змістовий модуль 2. Методологія моделювання мультиполів в сучасних пристроях електромеханіки											
Тема 6 Методи моделювання електромагнітних полів.		2	1	2		7					
Тема 7 Комбіновані методи моделювання режимів ЕМП		2	1	2		7					
Тема 8. Дослідження характеристик компенсованих асинхронних двигунів.		2	1	2		7					
Тема 9. Асинхронні двигуни з перфорованим ротором для систем автономного теплопостачання.		2	1	2		7					

Тема 10. Принципи створення та основи теорії поліфункціональних електромеханічних перетворювачів енергії.		2	1	2		7						
Разом за змістовим модулем 2	60	10	5	10		35						
Усього годин	120	20	10	20		70						

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок магнітного кола асинхронної машини.	2
2	Розрахунок струму неробочого ходу.	2
3	Розрахунок параметрів обмоток асинхронного двигуна.	2
4	Польові розрахунки в ANSOFT MAXWELL та проектування електродвигуна в RМхрт	2
5	Розрахунок пускових характеристик асинхронного двигуна. Тепловий та вентиляційний розрахунки.	2
	Всього	10

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Створення і дослідження математичної моделі однофазного двохобмоткового трансформатора.	4
2	Створення і дослідження математичної моделі асинхронного двигуна	4
3	Створення і дослідження математичної моделі синхронного генератора	4
4	Створення і дослідження математичної моделі синхронного двигуна	4
5	Створення і дослідження математичної моделі двигуна постійного струму	4
	Всього	20

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Моделювання електричних машин як об'єкта електромеханічної системи	7
2	Рівняння узагальненого електромеханічного перетворювача.	7
3	Підхід до досліджень несиметричних електричних машин.	7
4	Електромагнітний момент синхронної машини	7
5	Математична модель конденсаторного асинхронного двигуна.	7

6	Синтез та оптимізація пристроїв електромеханіки на основі польових математичних моделей.	7
7	Моделювання асинхронних машин з урахуванням вихрових струмів та насичення магнітної системи.	7
8	Методика експериментальних досліджень.	7
9	Особливості проектних розрахунків і прикладні аспекти асинхронних двигунів з порожнистим перфорованим ротором.	7
10	Методика розробки та чисельної реалізації за допомогою методу скінченних елементів математичних моделей електричних машин з постійними магнітами	7
	Всього	70

8. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

Контрольні питання

1. Вимоги до моделей. Моделювання електричних машин як об'єкта електромеханічної системи.
2. Кінцево-елементні програмні продукти для моделювання електромагнітних полів в електромеханічних пристроях.
3. Рівняння узагальненого електромеханічного перетворювача. Основні припущення при дослідженні електричних машин.
4. Методологія моделювання електромагнітних полів в сучасних пристроях електромеханіки
5. Електрична і магнітна несиметрія. Просторова несиметрія. Підхід до досліджень несиметричних електричних машин.
6. Синтез та оптимізація пристроїв електромеханіки на основі польових математичних моделей.
7. Представлення змінних величин узагальненими просторовими векторами.
8. Просторово- часовий розподіл векторів напруженості магнітного поля
9. Математична модель синхронної машини
10. Комбіновані методи моделювання режимів ЕМП.
11. Метод перетворення координат. Диференційні рівняння синхронної машини у фазовій системі координат
12. Векторні рівняння електромагнітного поля у вузлах дискретної сітки.
13. Метод перетворення координат. Математична модель синхронної машини в системі координат d-q
14. Моделювання асинхронних машин з урахуванням вихрових струмів та насичення магнітної системи.
15. Електромагнітний момент синхронної машини.
16. Дослідження електромагнітних і теплових процесів в асинхронному двигуну
17. Математичне моделювання машин постійного струму

18. Методика розробки та чисельної реалізації за допомогою методу скінченних елементів математичних моделей електричних машин з постійними магнітами.
19. Диференційні рівняння асинхронної машини. Математична модель усталеного режиму асинхронної машини.
20. Польові розрахунки в ANSOFT MAXWELL.
21. Критерії оптимальності.
22. Математична модель трифазного трансформатора.
23. Сформулюйте теореми про подібність електромагнітних пристроїв.
24. Яку практичну цінність становлять критерії подібності?
25. Який зміст вкладається у поняття фізичної моделі?
26. Коли виявляється доцільним фізичне моделювання?
27. Які завдання електромеханіки вирішуються за допомогою аналогових моделей?
28. Дайте характеристику методів розв'язків рівнянь електромеханічного перетворення.
29. Що стосується яких задач електромеханіки може бути використаний метод планування експерименту?
30. Наведіть загальну схему розв'язання задачі із застосуванням методу планування експерименту.
31. Що таке адекватність моделі?
32. Які дії дослідника, якщо отримана ним модель виявилася неадекватною?
33. У яких випадках виникає необхідність застосування моделі машини з нескінченним спектром гармонійних складових магнітного поля у повітряному зазорі?
34. Яким є порядок моделювання кривої МДС обмотки машини змінного струму?
35. У чому суть класичного методу розв'язання рівнянь електромеханічного перетворення?
36. Які переваги має операторний метод?
37. Зобразіть розрахункову модель синхронної машини з демпферною обмоткою.
38. Наведіть математичну модель асинхронного двоклітинного двигуна стосовно встановленого режиму роботи.
39. Перерахуйте методи розрахунку несиметричних машин змінного струму.
40. У чому полягають особливості роботи та характеристики несиметричних в електричному, магнітному та просторовому відношенні машини?
41. Як у моделі електричної машини враховується відхилення від номінальних умов експлуатації?
42. Надайте характеристику математичної моделі, яка враховує негармонійний характер напруги на її затискачах.

Зразки тестових завдань

Тест №1. Основи теорії подібності та фізичного моделювання

1. У електромеханіки спосіб неповного моделювання реалізується на основі подібності:
 - а) електричних ланцюгів;
 - б) електричних ланцюгів і електромагнітних полів;
 - в) лінійних розмірів.
2. Критерії подібності встановлюються для визначення:
 - а) виду подібності;
 - б) структури рівнянь;
 - в) масштабів подібності.
3. Модель електричної машини, подібна оригіналу з точки зору полів, є:
 - а) повною;
 - б) неповною;
 - в) наближеною.
4. Застосування малих електричних машин в якості фізичних моделей великих машин:
 - а) можливо завжди;
 - б) неможливо ні за яких умов
 - в) можливо при дотриманні критеріїв подібності
5. Чим визначається тривалість перехідного електромагнітного процесу в трансформаторі?
 - а) коефіцієнтом трансформації;
 - б) напругою короткого замикання;
 - в) електромагнітної постійної часу.

Тест №2. Основи математичного моделювання в електромеханіці

1. Для електромеханічного об'єкта параметри процесів – це значення:
 - а) провідностей, опору, коефіцієнтів трансформації;
 - б) струмів, напруг, потужностей, моментів;
 - в) лінійних розмірів, маси, питомих витрат активних матеріалів.
2. Програма проектного розрахунку електромеханічного перетворювача, складена для комп'ютера, – це модель:
 - а) математична матеріальна;
 - б) фізична;
 - в) математична уявна.
3. При створенні математичної моделі електромеханічного перетворювача зазвичай приймають припущення про рівність нулю опорів обмоток:
 - а) активних;
 - б) індуктивних;
 - в) повних.
4. Використовуючи систему диференціальних рівнянь електромеханічного

перетворення, можна змодельовати режими роботи:

- a) тільки встановлені;
- b) лише перехідні;
- c) перехідні та встановлені.

5. Чим визначається тривалість перехідного електромагнітного процесу у трансформаторі?

- a) коефіцієнтом трансформації;
- b) напругою короткого замикання;
- c) електромагнітного постійного часу.

Тест №3. Математичне моделювання електричних машин

1. Схема заміщення електричної машини – це:

- a) математична модель;
- b) наочна модель;
- c) символічна модель.

2. Вивчення усталених процесів електричних машин доцільно вести на моделях:

- a) математичних уявних;
- b) фізичні;
- c) математичні матеріальні.

3. Чим насамперед небезпечний для електромеханічного перетворювача режим раптового короткого замикання?

- a) термічною дією струмів;
- b) електродинамічні сили;
- c) втрат енергії.

4. Математична модель електромеханічного перетворювача є:

- a) рівняння напруги для обмоток;
- b) рівняння руху ротора;
- c) рівняння напруги та руху.

5. Диференціальні рівняння електромеханічного перетворювача:

- a) враховують втрати на гістерезис;
- b) враховують втрати на вихрові струми;
- c) не враховують магнітних втрат.

Зразок екзаменаційного білета

Національний університет біоресурсів і природокористування України			
Ступінь вищої освіти - магістр Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Кафедра електротехніки, електромеханіки та електротехнологій	Екзаменаційний білет № 5 з дисципліни Математичне моделювання електромагнітних пристроїв і електромеханічних перетворювачів енергії	Затверджую Завідувач кафедри -----

Екзаменаційні питання

(максимальна оцінка 10 балів за відповідь на кожне запитання)

1. **Методологія моделювання електромагнітних полів в сучасних пристроях електромеханіки**
2. **Електрична і магнітна несиметрія. Просторова несиметрія. Підхід до досліджень несиметричних електричних машин.**

Тестові завдання різних типів

(максимальна оцінка 2 бали за відповідь на кожне тестове завдання)

1. В електромеханіці спосіб неповного моделювання реалізується на основі подібності:

- a) електричних ланцюгів;
- b) електричних ланцюгів і електромагнітних полів;
- c) лінійних розмірів.

2. Критерії подібності встановлюються для визначення:

- a) виду подібності;
- b) структури рівнянь;
- c) масштабів подібності.

3. Модель електричної машини, подібна оригіналу з точки зору полів, є:

- a) повною;
- b) неповною;
- c) наближеною.

4. Застосування малих електричних машин в якості фізичних моделей великих машин:

- a) можливо завжди;
- b) неможливо ні за яких умов
- c) можливо при дотриманні критеріїв подібності

5. Чим визначається тривалість перехідного електромагнітного процесу в трансформаторі?

- a) коефіцієнтом трансформації;
- b) напругою короткого замикання;
- c) електромагнітної постійної часу.

9. Методи навчання

Під час вивчення дисципліни мають застосовуватися методи пізнання: аналітичний, синтетичний, індуктивний, дедуктивний, а також методи самостійної розумової діяльності: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

10. Форми контролю

Поточний контроль знань після вивчення змістових модулів дисципліни передбачено здійснювати шляхом написання студентами тестів, а формами підсумкового контролю є іспит (3-й семестр).

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль				Рейтинг з навчальної роботи $R_{НР}$	Рейтинг з додаткової роботи $R_{ДР}$	Рейтинг штрафний $R_{ШТР}$	Підсумкова атестація (екзамени чи залік)	Загальна кількість балів
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3	Змістовий модуль 4					
0-100	0-100	0-100	0-100	0-70	0-20	0-5	0-30	0-100

Примітки. 1. Відповідно до «Положення про кредитно-модульну систему навчання в НУБіП України», затвердженого ректором університету 03.04.2009 р., рейтинг студента з навчальної роботи $R_{НР}$ стосовно вивчення певної дисципліни визначається за формулою

$$R_{НР} = \frac{0,7 \cdot (R^{(1)}_{ЗМ} + \dots + R^{(n)}_{ЗМ})}{n} + R_{ДР} - R_{ШТР}.$$

n

де $R^{(1)}_{ЗМ}, \dots, R^{(n)}_{ЗМ}$ – рейтингові оцінки змістових модулів за 100-бальною шкалою;

n – кількість змістових модулів;

$K^{(1)}_{ЗМ}, \dots, K^{(n)}_{ЗМ}$ – кількість кредитів ECTS, передбачених робочим навчальним планом для відповідного змістового модуля;

$K_{ДИС} = K^{(1)}_{ЗМ} + \dots + K^{(n)}_{ЗМ}$ – кількість кредитів ECTS, передбачених робочим навчальним планом для дисципліни у поточному семестрі;

$R_{ДР}$ – рейтинг з додаткової роботи;

$R_{ШТР}$ – рейтинг штрафний.

Наведену формулу можна спростити, якщо прийняти $K^{(1)}_{ЗМ} = \dots = K^{(n)}_{ЗМ}$. Тоді вона буде мати вигляд

$$R_{НР} = \frac{0,7 \cdot (R^{(1)}_{ЗМ} + \dots + R^{(n)}_{ЗМ})}{n} + R_{ДР} - R_{ШТР}.$$

n

Рейтинг з додаткової роботи $R_{ДР}$ додається до $R_{НР}$ і не може перевищувати 20 балів. Він визначається лектором і надається студентам рішенням кафедри виконання робіт, які не передбачені навчальним планом, але сприяють підвищенню рівня знань студентів з дисципліни.

Рейтинг штрафний $R_{ШТР}$ не перевищує 5 балів і віднімається від $R_{НР}$. Він визначається лектором і вводиться рішенням кафедри для студентів, які матеріал змістового модуля засвоїли невчасно, не дотримувалися графіка роботи, пропускали заняття тощо.

2. Згідно із зазначеним Положенням **підготовка і захист курсового проекту (роботи)** оцінюється за 100 бальною шкалою і далі переводиться в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	

82-89	B	добре	зараховано
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

12. Методичне забезпечення

1.Заблодський М.М. Моделювання електромеханічних систем:Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт . К.: НУБ і П , 2021.- 70с.

13. Рекомендована література

Базова література

1. Васьковський Ю.М., Гайденок Ю.Ф., Коваленко М.А. Математичне моделювання електричних машин з постійними магнітами – К.: “Наукова думка”, 2017. - 190 с.
2. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Д.Й.Родькін, Сисюк Г.Ю., Садовой О.В.– Кременчук, 2001.
3. Черный И.В. Моделирование электротехнических устройств в MathLAB, SimPowerSystem b Simulink. – М.: ДМК Пресс. – 2007.

Допоміжна

- 1.Заблодський М.М. Асинхронні двигуни з перфорованим ротором для систем автономного теплопостачання: Монографія/ М.М. Заблодський, В.Ю. Грицюк.- К.: ЦП «Компринт» , 2015.-224с.
2. Заблодський М.М.Системи автоматизованого проектування електромеханічних пристроїв.Частина 2.: Навч. Посіб./ М.М.Заблодський, В.Є.Плюгін, Бур К.-Алчевськ: ДонДТУ,2014.-279с.
- 3.Мішин В.І. Компенсовані асинхронні двигуни: Монографія/В.І.Мішин,Р.М. Чуєнко.-Ніжин: Видавець Лисенко М.М.,2013.-228с.
4. Заблодский Н.Н. Полифункциональные электромеханические преобразователи технологического назначения: Монография.-Алчевск: ДонГТУ,2008.- 295с.

15.Інформаційні ресурси

- 1.Студенти мають можливість отримати консультацію викладача в режимі

Online.

2. У розпорядженні студента є лекційний курс у електронному вигляді, вільний доступ до мережі Internet.

3. Сторінка курсу в eLearn

<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=3768>