

Запорізький національний технічний університет

Кафедра Електричні та електронні апарати

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з навчальної роботи

_____ проф. В.Г. Прушківський
“ _____ ” _____ 2018 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Електромеханічні та електронні системи енергоємних виробництв

галузь знань **14 Електрична інженерія**

спеціальність **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

спеціалізація (освітня програма) **Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв**

Фізико-технічний інститут, Електротехнічний факультет

Робоча програма навчальної дисципліни «Електромеханічні та електронні системи енергоємних виробництв» для студентів зі спеціальності **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка** (освітня програма – **Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв. „21”** серпня 2018 року – 18 с.

Розробник: доцент кафедри ЕЕА Жорняк Людмила Борисівна

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри «Електричні та електронні апарати»

Протокол № 1 від 21 серпня 2018 року

Завідувач кафедри «Електричні та електронні апарати» _____ **П.Д. Андрієнко**
(підпис) (прізвище та ініціали)

“ _____ ” _____ 2018__ року

Схвалено методичною комісією вищого навчального закладу за спеціальністю
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Протокол від. “ _____ ” _____ серпня _____ 2018__ року № _1__

“ _____ ” _____ 2018 року Голова НМК ЕТФ _____ **М. Л. Антонов**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Галузь знань 14 – Електрична інженерія Напрямок підготовки	За вибором ЗНТУ	
Модулів – 1	Спеціальність : 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		5-й	5-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин – 180		9-й	9-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 60 самостійної роботи студента – 120	Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр	36 год.	8
		Практичні, семінарські	
		-	-
		Лабораторні	
		24 год.	6
		Самостійна робота	
		120 год.	166
		Індивідуальні завдання: 0 год.	
Вид контролю: екзамен			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 60/120 год.

для заочної форми навчання – 14/166 год.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета.

Викласти студентам основні положення теорії та практичного застосування електромеханічних та електронних систем енергоємних виробництв, основними з яких є силові та спеціальні трансформатори з системами регулювання параметрів “короткої мережі” на базі мікропроцесорних регулювачів потужності, підйомно-транспортне обладнання, системи водопостачання, комплекси нагріву повітря та металу деяких добувних комплексів та інших; навчити студентів основним підходом до методів та способів визначення характеристик таких систем при проектуванні систем керування.

Завдання.

Освоїти основні вимоги до автоматизованих електромеханічних комплексів ЕЄВ при їх застосуванні у умовах експлуатації, принцип дії та основні характеристики силового та керуючого електрообладнання; основні характеристики силової перетворювальної техніки, електронної та мікроелектронної техніки систем регулювання координат робочого механізму, практично їх виставляти та перевіряти, вибирати види регуляторів та регулюючих систем, обчислювати їх параметри та характеристики.

У результаті вивчення навчальної дисципліни

Студент повинен ЗНАТИ:

- основні вимоги до автоматизованих електромеханічних комплексів ЕЄВ при їх застосуванні у умовах експлуатації,
- принцип дії та основні характеристики силового та керуючого електрообладнання;
- основні характеристики силової перетворювальної техніки, електронної та мікроелектронної техніки систем регулювання координат робочого механізму, практично їх виставляти та перевіряти, вибирати види регуляторів та регулюючих систем, обчислювати їх параметри та характеристики.

- Студент повинен ВМІТИ:

- практично виставляти та перевіряти основні характеристики силової перетворювальної техніки, електронної та мікроелектронної техніки систем регулювання координат робочого механізму,
- вибирати види регуляторів та регулюючих систем, обчислювати їх параметри та характеристики.

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Математичне моделювання та дослідження динаміки електромеханічних апаратів управління при нормальному режимі та режимі короткого замикання

Тема 1. Вступ. Загальні відомості про безперервне перетворення Лапласа та його застосування в дослідженні динаміки систем та комплексів. Загальні відомості

мости про дискретне перетворення Лапласа та його використання в дослідженні динаміки систем та комплексів.

- лекції – 3 години;
- лабораторні заняття – 4 години;
- самостійна робота – 6 годин;
- література [1-5, 14].

Тема 2. Деякі доповнення операційного обчислення з аналізу систем та комплексів. Застосування операційного обчислення до інтегрування лінійних диференціальних рівнянь з постійними коефіцієнтами, в часних похідних. Застосування операційного обчислення до інтегрування різних рівнянь та гребінчастих функцій.

- лекцій – 5 години;
- лабораторні заняття – 2 години;
- самостійна робота – 8 годин;
- література [10-14, 15].

Тема 3. Математичне моделювання електричних, гідравлічних, механічних ланцюгів та систем. Математичне моделювання та дослідження динаміки трансформаторів та ліній передачі. Математичне моделювання та дослідження динаміки електромеханічних апаратів управління при нормальному режимі та режимі короткого замикання, в т.ч. в ланцюгових системах.

- лекцій – 5 години;
- лабораторні заняття – 2 години;
- самостійна робота – 16 годин;
- література [14, 17].

Тема 4. Математичне моделювання процесів в електро- та гідромеханічних ланцюгах розподіленими параметрами. Диференціальні рівняння однорідних електро-гідро-механічних ланцюгів без кінцевої лінії; включення без кінцевої лінії; повторне виникнення дуги між контактами виключення. Відключення короткого замикання; підключення незарядженої ділянки лінії до раніше включеної ділянки; модель встановленого ежиму неоднорідної лінії передачі.

- лекцій – 4 години;
- лабораторні заняття – 4 години;
- самостійна робота – 24 годин;
- література [18-20].

Тема 5. Математичне моделювання та дослідження динаміки в трьохфазних електричних ланцюгах і мережах. Математичні моделі 3-х фазного трансформатора та довгої лінії з зосередженими параметрами; моделі захисту від внутрішньої перенапруги; перенапруга, яка виникла в наслідок відключення короткого замикання. Математичні моделі та динаміка 3-х фазних електричних ланцюгів та систем з розподіленими параметрами; перенапруга при раптовому вмиканні ліній та несиметричного короткого замикання.

- лекцій – 3 години;
- лабораторні заняття – 4 години;
- самостійна робота – 20 годин;
- література [17-21].

Змістовий модуль 2 Математичне моделювання динаміки в електромеханічних системах.

Тема 6. Математичне моделювання динаміки в обмотках трансформаторів та електричних машин. Моделі та динаміка в однофазних трансформаторах та електричних машинах; ввімкнення на заземлену або розімкнуту на кінці обмотку; нерезонансні обмотки. Моделі та динаміка систем, ввімкненої на одну фазу 3-х фазної обмотки; нерезонансні обмотки. Моделі та динаміка систем, ввімкненої на одну фазу 3-х фазної обмотки, з'єднаної в зірку, в зірку або трикутник.

- лекцій – 4 години;
- лабораторні заняття – 2 години;
- самостійна робота – 10 годин;
- література [21,22,23].

Тема 7. Моделювання динаміки 3-х фазних систем, що вміщують синхронні машини. Моделі, управління та динаміка 3-х фазних синхронних машин, в т.ч. ліній передачі. Моделі та динаміка 3-х полюсного короткого замикання синхронної машини; вмикання синхронної машини на зосереджену ємність

- лекцій – 4 години;
- лабораторні заняття – 2 години;
- самостійна робота – 11 годин;
- література [22,24].

Тема 8. Математичні моделі, методи цифрового моделювання та ідентифікування стаціонарних випадкових процесів в електричних системах. Математичні моделі вірогідних процесів та випадкових функцій, застосування операторних методів для обчислення кореляційних функцій стаціонарних випадкових процесів. Математичні моделі математичного очікування та кореляційної функції на виході електромеханічної системи та комплексу

- лекцій – 5 години;
- лабораторні заняття – 2 години;
- самостійна робота – 10 годин;
- література [10,9,13,19,24].

Тема 9. Математичні моделі та динаміка оптимальних електромеханічних систем. Математичні моделі точності роботи електромеханічних систем та визначення оптимальної передаточної функції при незаданій її структурі; оптимізація системи з декількома входами

- лекції – 4 години;
- лабораторні заняття – 4 години;

- самостійна робота – 10 годин;
- література [10, 16, 17, 18, 25].

Тема 10. Математичне моделювання та дослідження випадкових процесів в системах електрозабезпечення. Математичне моделювання та дослідження динаміки автоматичного регулювання міжсистемних перетоків активної потужності; використання регульованого компенсатора реактивної потужності в мережі з різко зміною випадковою навантаженістю. Визначення оптимальної математичної моделі регуляторів системи регулювання реактивної потужності для стабілізації напруги в мережі з різко змінною випадковою навантаженістю.

Підсумок

- лекцій – 5 години;
- лабораторні заняття – 2 години;
- самостійна робота – 10 годин;
- література [18,22,24,25].

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
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Математичне моделювання та дослідження динаміки електромеханічних апаратів управління при нормальному режимі та режимі короткого замикання												
1.Вступ	10	2		2		6	20	-	-	-	-	20
1.1 Загальні відомості про безперервне перетворення Лапласа та його застосування в дослідженні динаміки систем та комплексів	5	1	-	1	-	3	10	-	-	-	-	10
1.2 Загальні відомості про дискретне перетворення Лапласа та його використання в дослідженні динаміки систем та комплексів	5	1	-	1	-	3	10	-	-	-	-	10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2. Деякі доповнення операційного обчислення з аналізу систем та комплексів	14	4	-	2		8	20	2	-	2	-	16
2.1 Застосування операційного обчислення до інтегрування лінійних диференціальних рівнянь з постійними коефіцієнтами в часних похідних	8	2	-	2	-	4	14	2	-	2	-	10
2.2 Застосування операційного обчислення до інтегрування різних рівнянь та гребінчастих функцій	6	2	-	-	-	4	6	-	-	-	-	6
3. Математичне моделювання електричних, гідравлічних, механічних, ланцюгів та систем	20	4		2		14	24	2	-	2	-	20
3.1 Математичне моделювання та дослідження динаміки трансформаторів та ліній передач	12	2	-	2	-	8	14	2	-	2	-	10
3.2 Математичне моделювання процесів в електро- та гідромеханічних ланцюгах розподіленими параметрами	8	2	-	-	-	6	10	-	-	-	-	10
4. Математичне моделювання процесів в електро- та гідромеханічних ланцюгах розподіленими параметрами	18	4	-	2	-	12	20	2	-	2	-	16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4.1 Диференційні рівняння однорідних електро-гідромеханічних ланцюгів без кінцевої лінії; повторне виникнення дуги між контактами виключення	8	2	-	-	-	6	12	2	-	2	-	8
4.2 Відключення короткого замикання; підключення незарядженої ділянки лінії до раніше включеної ділянки; модель встановленого режиму неоднорідної лінії передачі	10	2	-	2	-	6	8	-	-	-	-	8
5. Математичне моделювання та дослідження динаміки в трьохфазних електричних ланцюгах і мережах	26	2	-	4	-	20	12	-	-	-	-	12
5.1 Математичні моделі 3-х фазного трансформатора та довгої лінії зосередженими параметрами; моделі захисту від внутрішньої перенапруги; перенапруга, яка виникла в наслідок відключення короткого замикання	13	1	-	2	-	10	6	-	-	-	-	6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5.2 Математичні моделі та динаміка 3-х фазних електричних ланцюгів та систем з розподіленими параметрами; перенапруга при раптовому вмиканні ліній та несиметричного короткого замикання	13	1	-	2	-	10	6	-	-	-	-	6
Разом за змістовим модулем 1	98	16	-	12	-	60	96	6	-	6	-	84
Модуль 1												
Змістовий модуль 2. Математичне моделювання динаміки в електромеханічних системах.												
6. Математичне моделювання динаміки в обмотках трансформаторів та електричних машин		4	-	2		12	10	-	-	-	-	10
6.1 Моделі та динаміка в однофазних трансформаторах та електричних машинах; ввімкнення на заземлену або розімкнену на кінці обмотку; нерезонансні обмотки	10	2	-	2		6	5	-	-	-	-	5
6.2 Моделі та динаміка систем, ввімкнених на одну фазу 3-х фазної обмотки, з'єднаної в зірку, в зірку або трикутник	8	2	-	-	-	6	5	-	-	-	-	5
7. Моделювання динаміки 3-х фазних систем, що вміщують синхронні машини	18	4	-	2	-	12	16	-	-	-	-	16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7.1 Моделі, управління та динаміка 3-х фазних синхронних машин, в т.ч. ліній передачі	8	2	-	-	-	6	8	-	-	-	-	8
7.2 Моделі та динаміка 3-х полюсного короткого замикання синхронної машини; вмикання синхронної машини на зосереджену ємність	10	2	-	2	-	6	8	-	-	-	-	8
8. Математичні моделі, методи цифрового моделювання та ідентифікування стаціонарних випадкових процесів в електричних системах	18	4	-	2	-	12	20	2	-	-	-	18
8.1 Математичні моделі вірогідних процесів та випадкових функцій, застосування операторних методів для обчислення кореляційних функцій стаціонарних випадкових процесів	8	2	-	-	-	6	12	2	-	-	-	10
8.2 Математичні моделі математичного очікування та кореляційної функції на виході електромеханічної системи та комплексу	10	2	-	-	2	6	8	-	-	-	-	8
9. Математичні моделі та динаміка оптимальних електромеханічних систем	20	4	-	4	-	12	18	-	-	-	-	18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9.1 Математичні моделі точності роботи електромеханічних систем та визначення оптимальної передаточної функції при заданій її структурі	10	2	-	2	-	6	10	-	-	-	-	10
9.2 Математичні моделі та визначення оптимальної передаточної функції при незаданій її структурі; оптимізація системи з декількома входами	10	2	-	2	-	6	8	-	-	-	-	8
10. Математичне моделювання та дослідження випадкових процесів в системах електрозабезпечення	18	4	-	2	-	12	20	-	-	-	-	20
10.1 Математичне моделювання та дослідження динаміки автоматичного регулювання міжсистемних порядків активної потужності; використання регульованого компенсатора реактивної потужності для стабілізації напруги в мережі з різко змінною випадковою навантаженістю	10	2	-	2	-	6	10	-	-	-	-	10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10.2 Визначення оптимальної математичної моделі регуляторів системи регулювання реактивної потужності для стабілізації напруги в мережі з різко змінною випадковою навантаженістю.	10	2	-	-	-	6	10	-	-	-	-	10
Разом за змістовим модулем 2	92	20		12		60	84	2	-	-	-	82
Усього годин	180	36		24		120	180	8	-	6	-	166

5 Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	-

6 Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	-

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення методики перетворення Лапласа Дифференціальних рівнянь на основі принципу неперервного диференціювання	1
2	Вивчення методики перетворення Лапласа диференціальних рівнянь на основі принципу дискретного диференціювання	1
3	Вивчення методики побудови динамічних моделей елементів і систем регулювання в частковому вигляді на основі перетворення Фур'є диференціальних рівнянь та їх елементів	2
4	Розробка математичних моделей двигунів постійного струму	2

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
5	Розробка математичних моделей тиристорних перетворювачів та їх систем регулювання	2
6	Розробка математичних моделей тиристорних перетворювачів та їх систем регулювання	2
7	Моделювання та дослідження динаміки комілейного електроенергетичного комплексу на основі комплекту ЕПУ2-2..УХЛ4 виконання М та Є	4
8	Моделювання та дослідження динаміки комплектного електротехнічного комплексу на основі комплекту ЕКТ –2..УХЛЗ з трансвекторною системою регулювання координат	2
9	Моделювання та дослідження динаміки електромеханічного комплексу мікропроцесорного регулятора потужності РММ-9522 потужної дугової сталеплавильної печі	4
10	Моделювання та дослідження динаміки електротехнічного комплексу для електролізу та плазмотронів	4

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Загальні відомості про безперервне перетворення Лапласа та його застосування в дослідженні динаміки систем та комплексів	3
2	Загальні відомості про дискретне перетворення Лапласа та його використання в дослідженні динаміки систем та комплексів	3
3	Деякі доповнення операційного обчислення з аналізу систем та комплексів	2
4	Застосування операційного обчислення до інтегрування лінійних диференціальних рівнянь з постійними коефіцієнтами в часних похідних	2
5	Застосування операційного обчислення до інтегрування різних рівнянь та грібінчастих функцій	4
6	Математичне моделювання електричних, гідравлічних, механічних, ланцюгів та систем	4
7	Математичне моделювання та дослідження динаміки трансформаторів та ліній передач	6
8	Математичне моделювання процесів в електро- та гідромеханічних ланцюгах розподіленими параметрами	6

1	2	3
9	Математичне моделювання та дослідження динаміки в трьохфазних електричних ланцюгах та мережах	6
10	Диференційні рівняння однорідних електро-гідромеханічних ланцюгів без кінцевої лінії; повторне виникнення дуги між контактами виключення	6
11	Відключення короткого замикання; підключення незарядженої ділянки лінії до раніше включеної ділянки; модель встановленого режиму неоднорідної лінії передачі	6
12	Математичне моделювання та дослідження динаміки в трьохфазних електричних ланцюгах і мережах	6
13	Математичні моделі 3-х фазного трансформатора та довгої лінії зосередженими параметрами; моделі захисту від внутрішньої перенапруги; перенапруга, яка виникла в наслідок відключення короткого замикання	10
14	Математичні моделі та динаміка 3-х фазних електричних ланцюгів та систем з розподіленими параметрами; перенапруга при раптовому вмиканні ліній та несиметричного короткого замикання	10
15	Математичне моделювання динаміки в обмотках трансформаторів та електричних машин	6
16	Моделювання динаміки 3-х фазних систем, що вміщують синхронні машини	10
17	Математичні моделі, методи цифрового моделювання та ідентифікування стаціонарних випадкових процесів в електричних системах	10
18	Математичні моделі та динаміка оптимальних електромеханічних систем	10
19	Математичне моделювання та дослідження випадкових процесів в системах електрозабезпечення	10

10 Методи навчання

Під час викладання курсу використовуються такі методи навчання:

10.1 Лекційні заняття (розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу; пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу; бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять; ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (рисунок, схеми, графіки);

10.2 Лабораторні заняття – для використання набутих знань у розв'язанні та написанні програм для процесора.

10.3 Самостійна робота студентів.

10.4 Консультації.

11 Методи контролю

11.1 Для студентів денної форми навчання: проведення рубіжних контролів успішності; захист лабораторних робіт (усне опитування та проведення аудиторних контрольних робіт). Захист рефератів за пропущені заняття.

12 Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота										Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2					100	
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10		

T1, T2 ... T12 – теми змістових модулів.

13 Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

1 4 Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Електромеханічні та електронні системи енергоємних виробництв» для студентів денної форми навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (освітня програма –Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв.) / Укл.: О.О. Каплієнко, С.І.Шило., В.В. Василевський – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016.- 66с.

15 Рекомендована література Базова

1. Карташов Э.М. Аналитические методы в теплопроводности твёрдых тел. – М.: Высшая школа, 1985. – 480с
2. Кириллин В.А., Сычов В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 416с.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1987. – 840с.
4. Норенко И.П. Основы автоматизированного проектирований. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000 – 360с.
5. Седов Л.И. Механика сплошной среды: в 2т.- т.1. – М.: Наука 1970 г.- 492с.
6. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем .- Минск: дизайн ПРО, 1997г. – 640с.
7. Теория тепломассо обмена / С.И. Исаев, И.А. Кожанов, В.И.Кофанов и др.; под ред. А.И. Леонтьева – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1997. – 684с.
8. Трудоношин В.А., Пивоварова Н.В. Математические модели технических объектов / под ред. И.П. Норенкова. Км. 4. – М.: Высшая школа 1986. – 160с.
9. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебания – М.: Наука, 1981. – 586с.
10. Галланин М.П., Попов Ю.П. Квазистационарные магнитные поля в неоднородных средах: Математическое моделирование. - М.: Наука 1995. – 320с.
11. Зарубин В.С. Прикладные задачи термостойкости элементов конструкции – М.: Машиностроение 1985.- 296с.
12. Зарубин В.С. Расчёт и автоматизация термоизоляции – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 192с.
13. Зарубин В.С. Селиванов В.В. Вариационные и численные методы механики сплошной среды –М.: Изд-во МГТУ им. М.Э.Баумана 1993. –360с.
14. Коздоба Л.С. Электрическое моделирование явлений тепло- и масспереноса – М.: Энергия 1972. – 296с.

Допоміжна

15. Краснощеков П.С. Петров А.А. Принципы построения моделей – М.: Изд-во Московского университета 1983. – 263с.
16. Кузьмин М.П. Электрическое моделирование нестационарных процессов теплообмена –М.: Энергия 1974. – 416с.
17. Мышкин А.Д. Элементы теории математических моделей – М.: Наука 1994. – 192с.
18. Самарский А.А. Михайлов А.П. Математическое моделирование.- М.: Наука 1997. – 310с.
19. Тихонов А.Н., Кальнер В.Д., Глазко В.Б. Математическое моделирование технологических процессов и метод обратных задач в машиностроении – М.: 1990. – 264с.
20. Шаповалов Л.А. Моделирование в задачах механики элементов конструкции – М.: Машиностроение 1990. – 288с.

21. Фёрстер Г. Еденицы, величины, уравнения и их практическое использование / Пер.с 3-го нем. Изд.; под ред. П.Н. Сливанова, Н.А. Ерюхиной. – Киев: Вища школа, 1984. – 199с.
22. Моисеев Н.П. Математические задачи системного анализа –М.: Наука 1981. – 488с.
23. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления – М.: Наука 1986. – 616с.
24. Кузин Л.Т. Основы кибернетики.- Т.2. – М.: Энергия 1979. – 584с.
25. Боровиков В.П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов.. – СПб: Питер, 2001 – 656с.

12. Інформаційні ресурси

1. . <http://www.zntu.edu.ua/naukova-biblioteka>
2. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82
3. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D1%83%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82
4. <http://www.electrika.net.ua/?tag=%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%96-%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8>
5. http://www.electrika.net.ua/?page_id=915
6. <http://bukvar.su/fizika/62382-Elektricheskie-apparaty.html>
7. http://studopedia.com.ua/1_220696_elektrichnI-aparati.html