

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет “Запорізька політехніка”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

До самостійної роботи
«Оптимізація проектних рішень електричних апаратів і
електротехнічних пристроїв»
для магістрів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»

Методичні вказівки до самостійної роботи «Оптимізація проектних рішень електричних апаратів і електротехнічних пристроїв» для магістрів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укл.: В. М. Снігірьов, В.В. Василевський. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 18 с.

Укладач: В. М. Снігірьов, доц., к. т. н.
В.В. Василевський, асистент, к.т.н.

Рецензент: О. В. Близняков, доц., к. т. н.

Відповідальний
за випуск: П. Д. Андрієнко, проф., д. т. н.

Розглянуто та ухвалено
На засіданні кафедри
«Електричні та
Електронні апарати»
Протокол № 9 від
02.04.2019

Рекомендовано до видання
НМК ЕТФ
Протокол №9
від 18.04.2019 р.

ЗМІСТ

1. Мета і завдання дисципліни «Оптимізація проектних рішень електричних апаратів і електротехнічних пристроїв» і рекомендації до вивчення дисципліни.....	4
2. Зміст дисципліни.....	5
2.1 Елементи теорії оптимізації. Математичні методи і задачі оптимізації.....	5
2.2 Елементи теорії оптимізації.....	5
2.3 Оптимізація і проектування.....	6
2.4 Інженерна оцінка експлуатаційних характеристик.....	6
2.5 Послідовність оптимального проектування і активність обмежень.....	6
2.6 Закони збереження і глобальна оптимізація.....	6
2.7 Стандартні розміри, неділимі компоненти і логічні обмеження при оптимальному проектуванні.....	7
2.8 Теплові системи, як фазовий перехід в електротехнічних пристроях.....	7
2.9 Оптимальне проектування низьковольтних електричних апаратів.....	7
2.10 Оптимальне проектування високовольтних електричних апаратів.....	7
2.11 Оптимальне проектування силових електричних перетворювачів.....	7
3. Контрольні питання.....	9
4. Контрольна робота.....	13
5. Порядок оцінювання знань студентів.....	17
6. Перелік методичної літератури.....	17

1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ І ЕЛЕКТРО-ТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ» І РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Оптимізація проектних рішень електричних апаратів і електротехнічних пристроїв» є формування в студентів знань, навичок та вмінь, які дозволять при проектуванні електричних апаратів та електротехнічних пристроїв математичними методами розв'язувати задачі оптимізації при проектуванні сучасних електричних апаратів.

Дисципліна «Оптимізація проектних рішень електричних апаратів і електротехнічних пристроїв» є одна із заключних інженерних дисциплін, що закріплюють базову теоретичну і практичну підготовку електромеханіків-магістрів.

Вивчаючи «Оптимізацію проектних рішень електричних апаратів і електротехнічних пристроїв» студенти оволодівають математичним апаратом і новими методами теорії оптимізації в використанні до задач технічного проектування з використанням електричного обчислювача техніки.

Завданням дисципліни «Оптимізація проектних рішень електричних апаратів і електротехнічних пристроїв» є вивчення оптимальних методів гарантуючих здобуття глобального оптимума при проектуванні електричних апаратів та електротехнічних пристроїв.

Вивчення дисципліни «Оптимізація проектних рішень електричних апаратів і електротехнічних пристроїв» базується на матеріалах попередніх дисциплін: філософії, вищої математики, фізики, основ теорії електричних апаратів, електротехніки, електротехнічних апаратів автоматики, високовольтних електричних апаратів, силової електроніки і основ проектування ПЕОМ.

При проведенні лабораторних робіт, студентам потрібно забезпечити глибоке засвоєння математичних методів рішення задач оптимізації при проектування електричних апаратів та електротехнічних пристроїв з метою здобуття глобального оптимума.

2 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальний процес у ЗНТУ в умовах кредитно-модульної системи організації навчання здійснюється в таких організаційних формах: навчальні заняття, виконання індивідуальних завдань, самостійні роботи студентів, практична підготовка, контрольні заходи.

Основні види занять, які входять до складу модулів: лекції, лабораторні роботи, виконання курсового проекту і консультації.

Індивідуальні завдання (розрахунково-графічні роботи – КП, реферати) виконуються студентами самостійно і з консультаціями викладача.

Дисципліна «Оптимізація проектних рішень електричних апаратів і електротехнічних пристроїв» вивчається на денному відділенні на 5 курсі в 10 семестрі і завершується іспитом.

Навчальним планом передбачено:

2.1 Елементи теорії оптимізації. Математичні методи і задачі оптимізації.

Вступ

Визначення понять: оптимальний, оптимізація, синтез, варіанти проектних рішень (базовий, допустимий, відкладає мий), межі (верхня, точна, нижня), напівлогаритмічні добутки, поліноми, геометричне програмування, методи умовної оптимізації.

Методичні вказівки д навчального курсу.

Література [3] с.9-12; [6] с. 10-31.

2.2 Елементи теорії оптимізації

Математичні методи і задачі оптимізації. Методи рішення завдань оптимізації. Методи одновимірної, умовної і безумовної оптимізації. Методи Фібоначчі. Метод квадратичної атроксимації. Методи оптимізації функцій, що диференціюються і не диференціюються.

Порівняння методів умовної оптимізації.

Література [2] с.10-21; [3] с. 13-32.

2.3 Оптимізація і проектування

Оцінка якостей проектних рішень. Основні визначення процесу проектування. Технічне проектування. Позитивний песимізм. Послідовна оптимізація. Дотримання стандартів, технічних умов і обмежень, математичні аспекти аналізу монотонності.

Література [6] с. 10-66.

2.4 Інженерна оцінка експлуатаційних характеристик

Межі з міні того або іншого показника конструкції електричного апарату або іншого електротехнічного пристрою. Напівлогарифмічні похідні. Позіноми. Середні геометричні функції і постійна нижньої межі. Геометричне програмування у відсутності обмежень. Нульова ступінь трудності. Подвійне геометричне проектування.

Література [5] с.7-37; [6] с. 69-104.

2.5 Послідовність оптимального проектування і активність обмежень

Завдання з позі номінальними обмеженнями. Геометричне програмування. Активність обмежень. Послідовно обумовлювана процедура проектування. Аналіз монотонності. Аналіз ортогональності. Визначення нижньої межі. Визначення базового варіанту проекту. Допустимий варіант проекту. Остаточний проект.

Література [2] с. 83-95; [6] с. 108-137.

2.6 Закони збереження і глобальна оптимізація

Стационарні точки і глобальні мінімуми при оцінці оптимальності проектних варіантів. Якщо одна зі змінних температура, то рішення задачі ускладнюється. Функції нижньої межі для глобальної оптимізації. Консервативні обмеження. Моделювання оптимальних рішень.

Література [2] с. 83-95; [6] с. 108-137.

2.7 Стандартні розміри, неділимі компоненти і логічні обмеження при оптимальному проектуванні

Стандартні розміри. Повторювані елементи: пошук за допомогою чисел

Фібоначчі. Дискретні альтернативи. Надлишок обмежень. Арифметична логіка. Дискретні локальні оптимізи. Межі цільової функції. Логічні завдання. Пріоритети при проектуванні. Рішення за допомогою арифметичної логіки.

Література [1] с. 10-22; [6] с. 220-256.

2.8 Теплові системи, як фазовий перехід в електротехнічних пристроях.

Оптимальна температура. Трансцендентні функції: логарифмічні, тригонометричні і зворотні тригонометричні функції. Трансцендентні проектування. Нульова ступінь трудности.

2.9 Оптимальне проектування низьковольтних електричних апаратів

Вимоги до апаратів управління, захисту і автоматики по конструкції, до електричних параметрів, стійкості до умов експлуатації (температурі, вологості, тиску, агресивним компонентам середовища), надійності, стандартизації, уніфікації, маркуванні, техніко-економічних показників. Приклад проектування електро-механічного реле.

Література [4] с. 266-295; [8] с. 25-50; [11] с. 16-29.

2.10 Оптимальне проектування високовольтних електричних апаратів

Вимоги по конструкції, до електричних параметрів, стійкості до умов експлуатації, надійності, стандартизації, уніфікації, маркуванні, упаковці, техніко-економічним показникам. Приклад проектування вимірювально трансформатора.

Література [4] с. 266-295; [9] с. 127-156; [13] с. 30-60.

2.11 Оптимальне проектування силових електронних перетворювачів

Вимоги по конструкції, до електричних параметрів, стійкості до умов експлуатації, надійності, стандартизації, уніфікації,

маркуванні, упаковці, техніко-економічним показникам. Приклад проектування перетворювача для гальваніки

Лабораторні заняття, їх найменування та облік в годинах

Лабораторна робота №1

Розробка реле

Мета роботи: визначити вимог до конструкцій, до електричних параметрів, до стійкості, до зовнішніх дій, надійності, стандартизації, уніфікації, маркуванні, упаковці, техніко-економічним показникам, вимогам до порядку проведення ДКР (дослідно-конструктивної роботи). Визначити додаткові вимоги к слаботочним апаратам.

Експериментально скласти програму для ПЕОМ і розрахувати конкретний приклад.

Обсяг 5 – годин.

Лабораторна робота №2

Розробка вимірювального трансформатору струму.

Мета роботи: визначити вимоги до конструкції, до електричних параметрів, до стійкості, до зовнішніх дій, надійності, стандартизації, уніфікації, маркуванні, упаковці, техніко-економічним показникам вимоги до порядку проведення ДКР (дослідно-конструктивної роботи). Визначити додаткові вимоги к слаботочним апаратам.

Експериментально скласти програму для ПЕОМ і розрахувати конкретний приклад.

Обсяг 6 – годин.

Лабораторна робота №3

Розробка перетворювача для гальванічних ванн.

Мета роботи: визначити вимоги до конструкції, до електричних параметрів, до стійкості, до зовнішніх дій, надійності, стандартизації, уніфікації, маркуванні, упаковці, техніко-економічним показникам вимоги до порядку проведення ДКР (дослідно-конструктивної роботи). Визначити додаткові вимоги до слаботочних апаратів.

Експериментально скласти програму для ПЕОМ і розрахувати конкретний приклад.

Обсяг 6 – годин.

3 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що означають терміни оптимальний і синтез?
2. Що таке оптимальне проектне рішення?
3. Чому вибір основних характеристик електричного апарату є попередником оптимального проектування?
4. Чому помилково застосовувати слово «оптимальний», якщо можливому рішенню віддає перевагу проектувальник або споживач за вартістю?
5. Чому позитивно впливає «інтуїція» при оптимальному проектуванні досвідченими інженерами?
6. Що означає при технічному проектуванні – властивість монотонності використовуваних залежностей (на прикладі діаметру дроту і струму)?
7. Поясніть суть методу послідовної приватної оптимізації.
8. Який вплив роблять на оптимальне проектування стандарти, технічні умови і галузеве обмеження?
9. Що називається різноіменною монотонністю і одноіменною монотонністю відносно X_1 ?
10. Що таке активне обмеження?
11. Що таке приватна оптимізація?
12. Що називається позі номінальними функціями при геометричному програмуванні?
13. Поясніть суть полулогарифмічних похідних і їх вживання при оптимізації?
14. Що означає середнє геометричне для будь-якої пари позитивних чисел?
15. Як визначається зважене середнє арифметичне для поределення мінімальної вартості при проектуванні апарату?
16. Пояснити вираз – середня геометрична постійна нижнього кордону?
17. У чому полягає принцип інваріативності?
18. Як визначається поліном довільної розмірності?
19. Які лінійні рівняння називаються подвійними умовами ортогональності?

20. Чому при оптимальному проектуванні число мір свободи називають числом мір складності?

21. Як визначається постійна, яка називається характерним допуском?

22. Чому характерний допуск пропорційний оптимальному значенню змінної складової вартості деталі (вузла)?

23. Чому діапазон вартості і допуски для конструйованого вузла слід усереднювати геометрично, а не арифметично?

24. Поясніть які цільові функції мають лише одну стаціонарну крапку, яка має бути глобальним мінімумом?

25. Як застосувати метод об'єднання, щоб міра складності завдання зменшилася?

26. Що називається основним завданням геометричного програмування або основним позі номінальним завданням при оптимізації?

27. Чому при $\lambda=0$ (λ – показник міри функції нижнього кордону) обмеження є неактивним, оскільки воно не робить вплив на оптимум?

28. Чому обмеження, при якому $\pi > 0$ називається активним при визначенні оптимума?

29. Як використовуються матриці показників міри при аналізі монотонності?

30. Які подвійні змінні є домінуючими?

31. Які передумови необхідні для визначення базового варіанту проекту?

32. Що таке допустимий варіант проекту?

33. Що означає остаточний проект?

34. Поясніть метод Ньютона – Рафсона при вирішенні завдань мінімізації вартості проекту.

35. Коли несприятливий варіант рішення задачі називається песимістичним?

36. Що означає термін сигноми?

37. Коли не бажано застосовувати метод Ньютона – Рафсона?

38. Чи можна застосовувати метод Ньютона – Рафсона для оптимізації поліномів?

39. Метод Фібоначчі.

40. Як правильно обрати основні характеристики електричного апарату або електротехнічного пристрою для оптимального проектування?

41. Коли використовується властивість монотонності при оптимальному проектуванні?

42. Поясніть, які функції називаються позі номінальними при геометричному проектуванні?

43. Як визначається зважене середнє арифметичне для визначення мінімальної вартості проектних рішень?

44. Які лінійні рішення називаються подвійними умовами ортогональності?

45. Чому діапазон вартості і допуски для контролюваного вузла слід усереднювати не арифметично, а геометрично?

46. Як застосувати метод об'єднання, щоб міра складності завдання звести до мінімуму?

47. Коли застосовується метод Ньютона – Рафсона рішення задачі мінімізації вартості проекту?

48. Що означає базовий, допустимий і остаточний проект оптимальному проектуванню?

49. Що означає вираз глобальна оптимізація?

50. Поясніть значення законів збереження маси, енергії, кількості руху або імпульсу.

51. Чому закони збереження називаються консервативними виключеннями?

52. Що означає глобальна мінімізація за наявності консервативного обмеження?

53. Коли виводяться умови стаціонарності і S – нормалізації для сигномов за наявності обмежень?

54. Як обчислити перші логарифмічні похідні від сигномов за наявності обмежень?

55. Коли використовуються перші і другі логарифмічні похідні для сигномов з обмеженнями в методі Ньютона – Рафсона?

56. Якщо виключити зміну пов'язану із законами збереження або прирівняти її до нуля, чи правильно це буде при визначенні оптимального рішення?

57. Як приймаються стаціонарні крапки і локальні мінімуми при оцінці оптимальності проектних варіантів?

58. Чому завдання оптимізації ускладнюється, якщо одна із змінних температура?

59. Як визначають функції нижнього кордону для глобальної оптимізації?

60. Що означає консервативне обмеження?

61. Поясніть вплив стандартних розмірів і неділимих компонентів на вирішення завдань при оптимізації?

62. Коли використовується числення фібоначчі?

63. Що означає арифметична логіка?

64. Як вирішуються завдання оптимізації із застосуванням арифметичної логіки?

65. Що означає термін оптимальна температура?

66. Що таке трансцендентне проектування?

67. Що означає нульова міра складності?

68. Які вимоги застосовуються до низьковольтних електричних апаратів і електротехнічних пристроїв при оптимальному проектуванні до конструкції?

69. Те ж до електричних параметрів?

70. Те ж по стійкості в умовах експлуатації?

71. Те ж по надійності?

72. Те ж по стандартизації, уніфікації, маркуванні, упаковці, техніко-економічним показникам?

73. Які вимоги застосовуються до високовольтних електричних апаратів при оптимальному проектуванні до конструкції?

74. Те ж до електричних параметрів?

75. Те ж по стійкості в умовах експлуатації?

76. Те ж по надійності?

77. Те ж по стандартизації, уніфікації, маркуванні, упаковці, техніко-економічним показникам?

78. Які вимоги застосовуються до силових електричних перетворювачів при оптимальному проектуванні до конструкції?

79. Те ж до електричних параметрів?

80. Те ж по стійкості в умовах експлуатації?

81. Те ж по надійності?

82. Те ж по стандартизації, уніфікації, маркуванні, упаковці, техніко-економічним показникам?

83. Що розуміється під виразом глобальна оптимізація?

84. Дати пояснення законів збереження маси, енергії, кількості руху або імпульсу?

85. Як приймаються стаціонарні крапки і локальні мінімуми при оцінці оптимальних проектних варіантів

86. Чому завдання оптимізації ускладнюється, коли одна із змінних температура?

87. Пояснити вплив стандартних розмірів, неділимих компонентів на вирішення завдань при оптимізації.

88. Які вимоги застосовуються для низьковольтних апаратів при оптимальному проектуванні до конструкції, до електричних параметрів, по стійкості в умовах експлуатації?

89. Те ж до високовольтних електричних апаратів?

90. Те ж до силових електричних перетворювачів?

4 КОНТРОЛЬНА РОБОТА

За таблицею 4.1 обирається теоретичне питання:

Таблиця 4.1 – Варіант теоретичного питання

Остання цифра коду	Передостання цифра коду									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
6	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
7	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
8	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70

Продовження таблиці 4.1

Остання цифра коду	Передостання цифра коду									
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
9	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
0	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90

За таблицею 4.2 обирається варіант задачі:

Таблиця 4.2 – Варіант задачі

Остання цифра коду	Функція $f(x)$
1	$x^3 - 14x^2 - 6x + 250$
2	$x^3 + 14x^2 - 7x + 200$
3	$x^3 - 12x^2 - 7x + 250$
4	$x^3 + 12x^2 - 6x + 200$
5	$x^3 - 16x^2 + 8x + 210$
6	$x^3 + 16x^2 - 8x + 220$
7	$x^3 - 18x^2 + 7x + 250$
8	$x^3 + 20x^2 - 8x + 200$
9	$x^3 - 19x^2 - 10x + 250$
0	$x^3 + 19x^2 + 10x + 200$

Задача:

Методом Фібоначчі знайти мінімальне значення f і точку мінімуму x , функції $f(x)$ на відрізку $[7,7.5]$. Точку x знайти з похибкою $\varepsilon=0,05$.

Метод Фібоначчі

Послідовність чисел Фібоначчі $\{F_n\}$, $n=1, 2, 3, \dots$, підкорюється співвідношенню:

$$F_{n+2} = F_n + F_{n+1}, \text{ де } F_1 = F_2 = 1$$

та має вигляд

$$1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, \\ 377, 610, 987, 1597, \dots$$

За допомогою методу математичної індукції можна показати, що n -е число Фібоначчі розраховується по формулі Біне:

$$F_n = \frac{1}{\sqrt{5}} \left[\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2} \right)^n - \left(\frac{1-\sqrt{5}}{2} \right)^n \right],$$

де $n=1, 2, 3, \dots$

Нехай функція $f(x)$ унімодальна на відрізку $[a,b]$ і необхідно знайти точку мінімуму x функції $f(x)$ на відрізку $[a,b]$ з абсолютной похибкою $\varepsilon > 0$.

Алгоритм методу

Крок 1. Покладемо $a_1=a$, $b_1=b$. Знайдемо дві точки $x_1^{(1)}$ та $x_2^{(2)}$ використовуючи формули:

$$x_1^{(1)} = a_1 + \frac{F_n}{F_{n+2}} (b_1 - a_1),$$

$$x_2^{(1)} = a_1 + \frac{F_{n+1}}{F_{n+2}} (b_1 - a_1) = a_1 + b_1 - x_1^{(1)}.$$

Знайдемо значення функції: $f(x_1^{(1)})$ та $f(x_2^{(1)})$.

Крок 2. Визначимо новий відрізок пошуку $[a_2, b_2]$ і точки $x_1^{(2)}$ та $x_2^{(2)}$ таким чином. Порівняємо значення функції $f(x_1^{(1)})$ та $f(x_2^{(1)})$:

– якщо $f(x_1^{(1)}) \leq f(x_2^{(1)})$, то

$$a_2 = a_1, b_2 = x_2^{(1)}, x_2^{(2)} = x_1^{(1)}, x_1^{(2)} = a_2 + b_2 - x_1^{(1)}, \bar{x}_2 = x_1^{(1)}$$

– якщо $f(x_1^{(1)}) > f(x_2^{(1)})$, то

$$a_2 = x_1^{(1)}, b_2 = b_1, x_1^{(2)} = x_2^{(1)}, x_2^{(2)} = a_2 + b_2 - x_2^{(1)}, \bar{x}_2 = x_2^{(1)}.$$

На новому відрізку пошуку $[a_2, b_2]$ знайдемо тільки значення функції в точці $x_1^{(2)}$ у випадку $f(x_1^{(2)})$ або в точці $x_2^{(2)}$ у випадку $f(x_2^{(2)})$.

Крок 3. ($i \geq 3$). Визначимо новий відрізок пошуку $[a_i, b_i]$ і точки $x_1^{(i)}$ та $x_2^{(i)}$ таким чином. Порівняємо значення функції $f(x_1^{(i-1)})$ і $f(x_2^{(i-1)})$:

- якщо $f(x_1^{(i-1)}) \leq f(x_2^{(i-1)})$, то

$$a_i = a_{i-1}, b_i = x_2^{(i-1)}, x_1^{(i)} = x_1^{(i-1)}, x_2^{(i)} = a_1 + b_1 - x_1^{(i-1)},$$

$$\bar{x}_1 = x_1^{(i-1)} = a_1 + \frac{F_{n-i-1}}{F_{n-i+3}}(b_i - a_i) = a_i + \frac{F_{n-i+1}}{F_{n+2}}(b_1 - a_1);$$

- якщо $f(x_1^{(i-1)}) > f(x_2^{(i-1)})$ то

$$a_i = x_1^{(i-1)}, b_i = b_{i-1}, x_1^{(i)} = x_2^{(i-1)}, x_2^{(i)} = a_i + b_i - x_2^{(i-1)},$$

$$\bar{x}_i = x_2^{(i-1)} = a_i + \frac{F_{n-i+2}}{F_{n-i+3}}(b_i - a_i) = a_i + \frac{F_{n-i+2}}{F_{n+2}}(b_1 - a_1).$$

У якості приближення точки мінімуму x , обирається точка $x_m = \bar{x}_i$, а в якості приближення мінімального значення функції f – величина $f(x_m)$.

Не важко помітити, що при $i = n$ точках $x_2^{(i-1)} = a_n + \frac{F_1}{F_{n+2}}(b_1 - a_1)$, отримана при умові $f(x_1^{(i-1)}) \leq f(x_2^{(i-1)})$, або $x_1^{(n)} = a_n + \frac{F_2}{F_{n+2}}(b_1 - a_1)$, отримана при умові $f(x_1^{(i-1)}) > f(x_2^{(i-1)})$,

співпадаються та ділять відрізок $[a_n, b_n]$ навпіл.

Відповідно, максимальна похибка ε_n визначення точки мінімуму x , має вигляд:

$$\varepsilon_n = \frac{b_n - a_n}{2} = \frac{b - a}{F_{n+2}} \leq \varepsilon,$$

звідки слідує, що число кроків n методу Фібоначчі, забезпечуючи задану точність ε знаходження точки x , можливо обрати із умови

$$F_{n+2} \geq \frac{b - a}{\varepsilon}.$$

Ступінь близькості отриманого приближеного значення функції і мінімуму цієї функції на $[a, b]$ знаходиться нерівністю:

$$|f - f(x_m)| \leq L|x - x_m| \leq L \frac{b_n - a_n}{2} \leq L\varepsilon,$$

де $\rho(x)$ – кутовий коефіцієнт прилеглої до графіку функції $f(x)$ в точці x : $\rho(x) = \operatorname{tg} \alpha$.

5 ПОРЯДОК ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Оцінювання студентів має бути за результатами 4-х модульних контролів.

Перший і другий модульні контролі оцінюються таким чином: 40 балів – лабораторні роботи; 60 балів – теоретична частина по тестам складених з питань наведених в розділах 4.1 та 4.2.

Третій та четвертий модульні контролі оцінюються таким чином: 40 балів – лабораторні роботи; 40 балів – теоретична частина по тестам з питань наведених в розділах 4.3 та 4.4; 20 балів – за виконання курсової роботи.

За кожне пропущене без поважних причин заняття знімається 3 бали.

Підсумкова оцінка курсової роботи складається за результатами її захисту на четвертому модульному контролі.

Курсовий проект виконується за спеціальними методичними вказівками.

6 ПЕРЕЛІК МЕТОДИЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Гребенникова Н. В. Методы оптимизации: Учебное пособие. - Уфа, Екатеринбург, 2017. – 147 с.
2. Гончаров В.А. Методы оптимизации: учебное пособие для студентов вузов / В.А Гончаров – М.: Юрайт : Высшее образование. – 206 с.
3. Бейко И. В. Бублік Б.Н., Зінько П.Н. Методи і алгоритми рішення задач оптимізації. Київ: «Вища школа», 1983 – 512с.

4. Реклейтис Г., Реклейтис Г., Рейвиндар А. Оптимизация в технике. Т. 2. - М.: Мир, 1986 – 320с.
5. Быков В.П. Методика проектирования объектов новой техники. - М.: Высшая школа, 1990 – 168 с.
6. Уайлд Д. Оптимальное проектирование: Пер. с англ. - М. : Мир, 1981. – 272 с.
7. Моисеева Н. К, Выбор технических решений при создании новых приборов. М.: Машиностроение, 1980. – 181 с., ил.

Додаткова література

8. Гольдберг О.Д. Гурин Я.С. Свериденко Н.С. Проектирование электрических машин М.: Вища школа, 2001 – 430с.
9. Чунихин А.А. Электрические аппараты. Общий курс Учебник для ВУЗов. - М.: «Энергоатомиздат», 1988 – 462 с.
10. Електричні та електронні апарати. / Під ред. Ю. К.Розонова М.: Інформелектро, 2001- 42-с.
11. Никитенко А. Г. Автоматизированное проектирование электрических аппаратов. М.: Высшая школа, 1983 – 192 с.
12. Сахаров П.В. Проектирование электрических аппаратов. – М.: Энергия, 1971 – 556 с.
13. Буткевич Г.В. Дегтярь В.Г. Сливинская А. Т. Задачник по электрическим аппаратам. – М: Высшая школа, 1987 – 232 с.
14. Электрические аппараты высокого напряжения.. / Под ред. Г.Н. Александрова. - М.: Вища школа, 2000 – 206 с.
15. Системы автоматического проектирования. Математические модели технических объектов. Учебное пособие. Т. 4. / Под ред. И.П. Норенкова. – М.: Высшая школа, 1986. – 210 с.