

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної
роботи та організації освітнього про-
цесу

Олександр ПЕТРОВ
" 06 " 2023 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

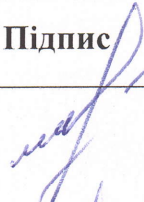
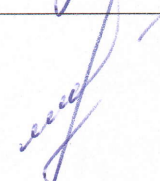

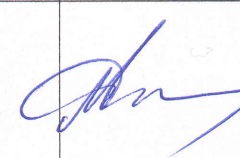

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

рівень вищої освіти	другий (магістерський)
галузь знань	14 Електрична інженерія
спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
освітня програма	Електричні системи та мережі

СУЯ ВНТУ-08-21-РП.024.01:23

2023 рік

Робоча програма навчальної дисципліни
 «Оптимізація режимів електроенергетичних систем»
рівень вищої освіти – другий (магістерський)
галузь знань – 14 Електрична інженерія
спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
освітня програма Електричні системи і мережі
 2023. – 15 с.

	Посада Протокол засідання	ПІБ	Підпис
Розроблено	Доцент кафедри ЕСС	к.т.н., доцент Юлія МАЛОГУЛКО	
Схвалено	Гарант освітньої програми	к.т.н., доцент Юлія МАЛОГУЛКО	
	Зав. кафедри ЕСС засідання кафедри ЕСС (протокол № 15 від 23.05.2023 р.)	д.т.н., професор Вячеслав КОМАР	
	Голова Методичної комісії ФЕЕЕМ Методична комісія ФЕЕЕМ (протокол № 10 від 12.06.2023 р.)	к.т.н., доцент Михайло РОЗВОДЮК	
Затверджено	Голова методичної ради Методична рада ВНТУ (протокол № 11 від 22.06.2023 р.)	к.т.н., доцент Олександр ПЕТРОВ	

© Ю. В. Малогулко, 2023
 © ВНТУ, 2023

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітні програми, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Галузь знань 14 Електрична інженерія	Вибіркова професійна	
Модулів – 2	Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітня програма: Електричні системи і мережі	Рік підготовки (курс):	
Змістових модулів – 2		1	1
Індивідуальне науково-дослідне завдання (реферати, розрахункові, графічні, розрахунково-графічні роботи, контрольні роботи, що виконуються під час СРС (домашні контрольні роботи), курсові, дипломні проекти (роботи) та ін. рішенням кафедри)		Семестр	
Загальна кількість годин - 180		2-й	3-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5 самостійної роботи студента – 6,5	Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	36 год.	10 год.
		Практичні, семінарські	
		27	10
		Лабораторні	
		-	-
		Курсовий проект	
		-	-
Самостійна робота			
117 год.	160 год.		
Вид контролю: диф.залік			

Примітка.

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

для денної форми навчання – 35% - 65%,
для заочної форми навчання – 11% — 89%.

Мова навчання – українська.

2. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна «Оптимізація режимів електроенергетичних систем» базується на використанні набутих результатів навчання під час вивчення компонент: теоретичні основи електротехніки, електричні машини, математичні задачі енергетики, електричні системи і мережі, енергетичні установки, електричні станції та підстанції, основи релейного захисту та автоматики.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета підготовка студентів, здатних вирішувати теоретичні й практичні завдання в області оптимізації нормальних режимів складних електроенергетичних систем, що містять електростанції різних типів та оснащених автоматичними пристроями регулювання і керування.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Оптимізація режимів електроенергетичних систем» є:

- аналіз технологічного процесу під час виробництва, передачі, розподілу та постачання електричної енергії в електричній мережі, електроенергетичній системі (ЕЕС);
- з'ясування причин неоптимальності технологічного процесу під час виробництва, передачі, розподілу та постачання електричної енергії в електричній мережі, електроенергетичній системі;
- аналіз проблем оптимального керування нормальними режимами та способів їх рішення на основі методів варіаційного обчислення;
- освоєння сучасних математичних методів оптимізації нелінійних систем та їх застосування до електроенергетичних систем з урахуванням особливостей аналізу їх нормальних режимів;
- розроблення і впровадження заходів з удосконалення технологічного процесу виробництва, передачі, розподілу та постачання електричної енергії в електричній мережі, електроенергетичній системі;
- удосконалення технологічного процесу виробництва, передачі, розподілу та постачання електроенергії в електричних мережах та електроенергетичних системах відповідно до чинних стандартів, правил та норм..

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисципліни

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів компетентностей:

Інтегральної: 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.

Загальних:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

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

ЗК03. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК04. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК06. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК07. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК10. Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням.

Спеціальних (фахових):

СК1. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

СК2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

СК3. Здатність планувати, організовувати та проводити наукові дослідження в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

СК6. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

СК8. Здатність досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

СК10. Здатність керувати проектами і оцінювати їх результати.

СК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем.

СК12. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів.

СК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

СК15. Здатність публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях.

Програмні результати навчання

РН1. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем.

РН2. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх моделюванні на персональному комп'ютері.

РН7. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

РН8. Оцінювати загальні витрати на наукові дослідження і розробки.

РН11. Знаходити інвестиції у наукові дослідження та інновації.

PH12. Брати участь у міжнародних наукових конференціях та семінарах, присвячених сучасним проблемам в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Контрольні заходи

Поточний та підсумковий контроль знань студентів проводиться шляхом фронтального, індивідуального чи комбінованого опитування студентів під час лекційного заняття, контрольних робіт, колоквіумів, тестування, заліку.

На поза аудиторну/самостійну роботу виносяться вивчення окремих проблем курсу, написання рефератів та контрольних робіт, підготовка до лекційних, практичних занять, колоквіумів, тестування, заліку, виконання індивідуальних науково-дослідних завдань (підготовка доповідей на щорічну науково-теоретичну конференцію підрозділів ВНТУ).

4. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Проблеми та задачі вдосконалення технології виробництва, транспортування та розподілу електроенергії.

Тема 2. Характеристика сучасного стану електроенергетичних систем (ЕЕС): генерувальних установок, ЛЕП, обладнання. Задачі Національної енергетичної програми з реконструкції генерувальних потужностей та електричних мереж.

Тема 3. Основні причини підвищених втрат електроенергії в ЕЕС та напрямки їх зменшення. Постановка задачі оптимізації режимів ЕЕС та застосування методів нелінійного програмування для її розв'язку. Задачі оптимізації нормальних режимів ЕЕС. Критерії оптимальності. Обмеження, що накладаються на параметри і умови роботи основного енергетичного обладнання. Залежні і незалежні параметри.

Тема 4. Методи розв'язку задач оптимізації. Методи можливих напрямів. Вибір оптимального кроку. Методи безумовної оптимізації. Методи випадкового пошуку. Метод по координатного спуску. Градієнтний метод. Метод Ньютонна. Методи врахування обмежень в задачах оптимізації. Метод прямої оптимізації. Метод приведенного градієнту. Метод множників Лагранжа. Метод штрафних функцій. Теорема Куна-Такера

Тема 5. Втрати потужності як критерій оптимальності режимів ЕЕС. Фізичні основи втрат потужності в елементах ЕЕС. Елемент з зосередженим опором. Трансформатори і автотрансформатори.

Тема 6. Однорідні і неоднорідні ЛЕП. Системний показник неоднорідності. Втрати активної потужності, які зв'язані з передачею реактивної потужності. Втрати потужності на корону. Врахування статичних характеристик навантаження при визначенні втрат потужності.

Тема 7. Питання по темі, які виносяться на СРС: врахування ємнісних струмів при визначенні втрат в ЛЕП, вплив температури проводів на втрати потужності.

Тема 8. Критеріальні режимні параметри, технічно допустимі та економічно доцільні значення параметрів. Принципи керування втратами потужності і електроенергії в електричних мережах. Економічно доцільний рівень втрат енергії в електричних мережах. Задачі керування втратами потужності та енергії в ЕЕС.

Тема 9. Організація аналітичних розрахунків втрат потужності. Принципи аналізу і зменшення втрат потужності і енергії в електричних мережах. Структура і

динаміка втрат енергії в ЕЕС. Основні можливі шляхи зменшення втрат. Інформаційне забезпечення задачі аналізу і оптимізації режимів ЕЕС.

Змістовий модуль 2.

Тема 10. Оптимізація режимів роботи електричних мереж і основного обладнання.

Тема 11. Економічний розподіл навантаження між електростанціями і агрегатами електростанцій. Метод питомих приростів. Умови економічного розподілу активних потужностей в енергетичній системі з тепловими електростанціями та змішаній ЕЕС. Розподіл комплексних потужностей в ЕЕС. Економічно обґрунтований склад обладнання ввімкненого в роботу.

Тема 12. Оптимізація рівнів напруги в електричних мережах. Умови оптимальності рівнів напруги в ЕЕС.

Тема 13. Принципи і засоби регулювання напруги. Забезпечення оптимальної напруги в центрах живлення. Закон зустрічного регулювання напруги.

Тема 14. Регулювання напруги за допомогою трансформаторів. Регулювання напруги за допомогою компенсувальних установок. Визначення законів оптимального керування напруги трансформаторами і компенсувальними установками. Програмне регулювання напруги.

Тема 15. Економічний розподіл потоків потужності в неоднорідних електричних мережах. Розмикання контурів замкнених електричних мереж однієї та різних напруг.

Тема 16. Компенсація неоднорідності трансформаторами з поздовжньопоперечним регулюванням. Ранжування трансформаторів у відповідності з їх надійністю, залишковим ресурсом та чутливістю втрат до зміни коефіцієнтів трансформації. Тема 17. Створення і вдосконалення системи оптимізації потокорозподілу в ЕЕС. Тема 18. Структурна схема системи автоматичного керування нормальними режимами ЕЕС. Оперативний інформаційно-керувальний комплекс в АСК. Система автоматичного керування напруги в ЕЕС і підвищення ефективності її роботи. Питання по темі, які виносяться на СРС: вирівнювання завантаження фаз в електричних мережах, виконання робіт під напругою, вирівнювання графіків навантаження.

5. 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.													
Тема 1.	10	2	2	-		7	11	1	1	-		9	
Тема 2.	10	2	2	-		6	9			-		9	
Тема 3.	10	2	2	-		6	11	1	1	-		9	
Тема 4.	10	2	2	-		6	9			-		9	
Тема 5.	10	2	2	-		6	11	1	1	-		9	
Тема 6.	10	2	1	-		7	9			-		9	
Тема 7.	10	2	1	-		7	11	1	1	-		9	

Тема 8.	10	2	1	-		7	9			-		9
Тема 9.	10	2	1	-		7	10	1	1	-		8
Всього за модуль 1	90	18	14	-		58	90	5	5	-		80
Модуль 2												
Змістовий модуль 2.												
Тема 10.	10	2	2	-		6	9	1	1	-		7
Тема 11.	10	2	2	-		6	7			-		7
Тема 12.	10	2	2	-		6	9	1	1	-		7
Тема 13.	10	2	2	-		6	7			-		7
Тема 14.	10	2	1	-		7	10	1	1	-		8
Тема 15.	10	2	1	-		7	7			-		7
Тема 16.	10	2	1	-		7	9	1	1	-		7
Тема 17.	10	2	1	-		7	7			-		7
Тема 18.	10	2	1	-		7	10	1	1	-		8
Реферат для студентів з.ф.н.							15			-	15	15
Всього за модуль 2	90	18	13	-		59	90	5	5	-	15	80
Усього годин	180	36	27	-			180	10	10	-	15	160

6. Теми семінарських– навчальним планом не передбачені

7. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна форма)	Кількість годин (заочна форма)
1	Визначення і аналіз неоднорідності ЕЕС. Визначення системного показника неоднорідності і дослідження його значення від параметрів ЕЕС	3	1
2	Дослідження ефективності засобів компенсації неоднорідності. Побудова залежності неоднорідності ЕЕС від індуктивності ЛЕП, визначення оптимальної індуктивності ЛЕП з точки зору впливу на неоднорідність системи. Вивчення доцільності встановлення УПК в ЛЕП.	3	2
3	Дослідження доцільності розмикання контурів електричної мережі однієї напруги. Розрахунок усталеного режиму замкненої мережі. Визначення оптимальних точок розмикання контурів. Аналіз результатів і їх оцінка.	3	1
4	Дослідження доцільності розмикання контурів складних електричних мереж різної напруги. Розрахунок усталеного режиму замкненої мережі. Визначення оптимальних точок розмикання контурів. Аналіз результатів і їх оцінка.	3	1
5	Дослідження ефективності використання трансформаторів для зменшення втрат потужності. Побудова залежностей втрат потужності від коефіцієнтів трансформації.	3	1
6	Аналіз чутливості цих залежностей і ранжирування трансформаторів.	3	1
7	Оптимізація режимів ЕЕС за реактивною потужністю і напругою. Розрахунок усталеного режиму. Розрахунок оптимального режиму при зафіксованих коефіцієнтах трансформації і розв'язаних реактивних потужностях ДРП.	3	1
8	Розрахунок оптимального режиму при розв'язаних коефіцієнтах трансформації і потужностях ДРП.	3	1

9	Дослідження ефективності і доцільності компенсації реактивної потужності. Розрахунок режимів при установці ДРП в різних вузлах ЕЕС.	3	1
<i>Усього годин</i>		27	10

8. Теми лабораторних занять - навчальним планом не передбачені

9. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна форма)	Кількість годин (заочна форма)
1	Проблеми та задачі вдосконалення технології виробництва, транспортування, розподілу та перетворення електроенергії.	6	9
2	Основні задачі оптимізації. Задачі оптимального проектування. Задачі оптимального планування.	6	9
3	Безумовний екстремум гладких функцій. Умовний екстремум гладких функцій.	6	9
4	Метод золотого поділу. Метод Фібоначчі. Метод дихотомії. Метод бісекції. Метод квадратичної інтерполяції.	6	9
5	Критерій оптимальності. Теорема Куна-Таккера. Класи задач оптимізації. Методи одновимірної мінімізації.	6	9
6	Пасивний та послідовний пошук. Методи послідовного пошуку. Методи поліноміальної апроксимації.	7	9
7	Мінімізація випуклих функцій. Випуклі множини. Випуклі функції. Диференційовані випуклі функції. Сильно випуклі функції.	7	9
8	Приклади мінімізації квадратичних функцій. Чисельні методи безумовної мінімізації. Релаксаційна послідовність.	7	9
9	Методи спуску. Метод градієнтного спуску. Мінімізація квадратичної функції. Спряжені напрямки спуску. Алгоритми методу градієнтного спуску. Метод спряжених напрямків.	7	8
10	Метод Ньютона. Модифікації методу Ньютона. Квазіньютоніві методи. Особливості прямого пошуку мінімуму.	6	7
11	Використання регулярного симплекса. Пошук за допомогою нерегулярного симплекса. Циклічний покоординатний спуск. Аналітичні методи нелінійного програмування	6	7
12	Мінімізація цільової функції на заданій множині. Мінімізація при обмеженнях типу рівності. Загальна задача нелінійного програмування. Сідлова точка функції Лагранжа. Задача Лагранжа. Чисельні методи нелінійного програмування	6	7
13	Метод умовного градієнта. Метод проєкції антиградієнта. Метод проєкції точки на множину.	6	7
14	Методи послідовної безумовної мінімізації. Багатомірна безумовна оптимізація. Оптимізація без обмежень.	7	8
15	Градієнтні алгоритми. Метод спряжених градієнтів.	7	7
16	Метод невизначених множників Лагранжа. Задачі з обмеженнями нерівностей.	7	7
17	Організаційні і технічні засоби підвищення енергоефективності.	7	7
18	Поняття й основні положення концепції Smart Grid. Створення і вдосконалення системи автоматичного керування в ЕЕЕ.	7	8
	Реферат для студентів заочної форми навчання		15
<i>Усього годин</i>		117	160

10. Індивідуальні завдання

Робочим навчальним планом передбачено реферат (для студентів заочної форми навчання). За рішенням кафедри студенти готують реферати з окремих тем курсу та доповіді на щорічну науково-теоретичну конференцію підрозділів ВНТУ.

11. Методи навчання

Основними методами навчання є: лекція-візуалізація; розповідь-пояснення; інструктаж; ілюстрування; демонстрація, зокрема, з використанням мультимедійних засобів навчання; усне опитування; тестування; навчальна дискусія; бесіда-діалог; виконання лабораторних робіт; групова робота; доповідь за темами, які відведені на самостійне вивчення; рішення практичних завдань; консультації; самостійна робота вдома; індивідуальні завдання (реферати, есе тощо), підготовка доповідей науково-дослідного характеру, зокрема, на щорічну науково-технічну конференцію підрозділів ВНТУ.

12. Методи контролю

Поточний контроль, який здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів під час лекційного та практичного заняття, тестування, колоквіумів, захисту реферату (для студентів заочної форми навчання), диф. залік.

Підсумковий контроль проводиться з метою оцінювання результатів навчання на певному освітньо-кваліфікаційному рівні або на окремих його завершальних етапах. Підсумковий контроль включає семестровий контроль. Під час семестрового контролю враховуються результати здавання усіх видів навчальної роботи згідно із структурою залікових кредитів.

Оцінювання рівня виконання індивідуальної роботи робиться на основі перевірки змісту роботи та її захисту у формі доповіді.

Семестровий контроль знань здійснюється в кінці семестру шляхом підрахування загальної кількості балів, отриманих під час навчання і складання диф.заліку.

13. Розподіл балів, які отримують студенти

Розподіл балів за засвоєння змістових модулів протягом 1 семестру для здобувачів денної форми навчання.

Таблиця 1 – Розподіл балів за засвоєння змістових модулів

Поточне тестування та самостійна робота		Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	-	100
50 балів	50 балів		

Шкала оцінювання в балах та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90 – 100	A
82-89	B
75-81	C
64-74	D
60-63	E
35-59	FX незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	F незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Таблиця 2 – Кількість і зміст модулів

Модуль	Кредити	Лекції (год.)	Лаб. роботи. Кількість (роб./год)	Практичні заняття (теми/години)	Контрольна робота	Колоквіуми
I	3	18/5	-	15/5	-	1
II	3	18/5	-	12/5	-	1

Таблиця 3 – Оцінювання знань, умінь та навичок студентів з окремих видів роботи та в цілому по модулях (в балах)

Вид роботи	Модуль	Модуль
	1	2
1. Практичні заняття	28	26
2. Виконання завдань з СРС	12	14
4. Колоквіуми	10	10
Всього	50	50

14. Методичне забезпечення

Навчально-методичний комплекс дисципліни, до складу якого входять:

1. Робоча програма дисципліни «Оптимізація режимів електроенергетичних систем».
2. Робочий план дисципліни на поточний триместр.
3. Комплект екзаменаційних білетів.
4. Комплект комплексних контрольних робіт.
5. Тести поточного контролю знань.
6. Питання на колоквіуми.

15. Критерії оцінювання знань, умінь та навичок студентів

Рівень компетентності	За нац. шкалою	За шкалою ЕКТС	Критерії оцінювання
IV Високий (творчий) «5»	відмінно	A	Програмні результати досягнуті повністю. Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин; виявлено глибокі знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності, сформовано необхідні практичні навички вирішувати завдання з організації професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, і розв'язувати проблеми у кризових ситуаціях з урахуванням зовнішніх та внутрішніх впливів; усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до максимального.
III Достатній (конструктивний) «4»	добре «4+»	B	Програмні результати досягнуті повністю. Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин; сформовано вміння викладати основні ідеї щодо організації професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального.
	добре «4»	C	Програмні результати досягнуті повністю. Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин. Вміння викладати базові ідеї щодо організації професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані недостатньо; усі передбачені програмою навчання завдання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками.
II Середній (репродуктивний) «3»	задовільно «3+»	D	Програмні результати досягнуті. Теоретичний зміст курсу освоєний частково, але прогалини не носять істотного характеру, виявлено знання та розуміння основних положень реструктуризації та санації; необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань містять помилки.
	задовільно «3»	E	Програмні результати досягнуті. Теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, частина передбачених програмою навчання завдань не виконано або якість виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального.
I Низький «2»	«незадовільно з можливістю повторного складання» 2	FX	Програмні результати не досягнуті. Теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання)
	«незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни» 2	F	Програмні результати не досягнуті. Теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, усі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до якого-небудь значущого підвищення якості виконання навчальних завдань (з обов'язковим повторним курсом)

16. Рекомендована література

1. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії: монографія / П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, І. О. Гунько – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 164 с.
2. Дивак М.П. Ідентифікація дискретних моделей динамічних систем з інтервальними даними: монографія/ М.П. Дивак, Н.П. Порплиця, Т.М. Дивак. – Тернопіль: ВПЦ «Економічна думка ТНЕУ», 2018. – 220 с.
3. Оптимізаційні методи та моделі : підручник / В.С. Григорків, М.В. Григорків. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. – 400 с.
4. Синєглазов В. М. Математичні методи оптимізації: навч. посібн./ В.М. Синєглазов, О. А. Зеленков, Ш. І. Аскеров. – Нац. Авіаційний ун-т. – К.: Освіта України, 2018. – Ч. 1. – 329 с.
5. Латанська Л. О. Методичні вказівки до виконання самостійних робіт з дисципліни "Математичні методи дослідження операцій"/ Л. О. Латанська, Т. А. Фаріонова ; Нац. ун-т кораблебудування ім. адмірала Макарова. – Миколаїв: НУК, 2018. – с. 29.
6. Snyman, J. A.; Wilke, D. N. (2018). Practical Mathematical Optimization: Basic Optimization Theory and Gradient-Based Algorithms (2nd ed.). Berlin: Springer. ISBN 978-3-319-77585-2.
7. Malogulko, J. Influence of dispersed generation on reliability of electric network / Malogulko, J., Vyshnevsky, S., Kotylko, I., Sobchuk, N. // Przegląd Elektrotechniczny, 2020, 96(10), pp. 119-123.
8. Малогулко Ю. В. Методи та засоби аналізу втрат електроенергії в розподільних електричних мережах з використанням пристроїв Smart Metering [Текст] : монографія / Ю. В. Малогулко, А. Л. Поліщук, Ю. В. Томашевський. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 140 с.
9. Komar, V., Lezhniuk, P., Lesko, V., Malogulko, Yu., Netrobskyi, V., Sikorska, O. (2022). Electricity consumption and renewable energy sources generation schedules coordination in electric networks for balance reliability increasing. Energy facilities: management and design and technological innovations. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 42–75. doi: <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-63-3.ch2>
10. DISTRIBUTED ENERGY SOURCES IN THE LOCAL ELECTRICAL SYSTEMS: monograph / O. Burykin, P. Lezhniuk, Yu. Malogulko // LAP LAMBERT Academic Publishing, , 2018. - 148 p. ISBN-13: 978-6137379516
11. Optimization of the functioning of the renewable energy sources in the local electrical systems [Text] : monograph / O. B. Burykin, P. D. Lezhniuk, V. V. Kulyk [etc.]. – Vinnitsa : VNTU, 2018. – 124 p. – ISBN 978-966-641-719-3.
12. Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського: [сайт]. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>
13. Енергетика: [сайт]. Режим доступу: <http://LEONARDO.ENERGY.ORG/>
14. Mathematical Programming Glossary. – Режим доступу: <http://glossary.computing.society.informs.org/>
15. Optimization Methods and Software. – Режим доступу: <https://www.tandfonline.com/toc/goms20/current>

