

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

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

**Обов'язковий
Професійний**

II (магістерський) рівень вищої освіти

Галузь знань **14 – Електрична інженерія**
Спеціальність **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**
Освітня програма – **Електричні станції, Електричні системи і мережі**
Викладач: **Лежнюк П.Д.**
Мова викладання: **українська**

Семестр – 3 (заочна ф.н.), 2 (денна ф.н.)
Кредитів ЄКТС – 4,5
Лекцій – 36 год.
Практичних – 27 год.
Лабораторних – 0 год.
Курсовий проект – -
Самостійна робота – 72 год.
Вид контролю: **диф. залік**

Передумови для вивчення – Дисципліна «Сучасні проблеми електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» (СПЕЕЕ) базується на використанні набутих знань під час вивчення фізичних явищ, обумовлених процесами в електричних колах та електроенергетичних системах. Ця дисципліна безпосередньо пов'язана і доповнює такі базові дисципліни, як «Теоретичні основи електротехніки», «Теорія електромагнітного поля», «Електричні машини», «Електрична частина станцій та підстанцій», «Електричні системи і мережі», «Перехідні процеси в електричних системах», «Енергетичні установки», «Основи енергозбереження», «Економіка і організація виробництва».

Мета викладання навчальної дисципліни полягає в формуванні систематизованих знань студентів методів аналізу та вдосконалення технологічного процесу виробництва, передачі, розподілу та споживання електричної енергії.

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:

ЗК03. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

Спеціальних (фахових):

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

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

СК16. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою інформаційних систем в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

СК17. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з оптимальним розвитком систем передачі та розподілення електричної енергії.

Програмних результатів навчання:

РН4. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

РН5. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

РН6. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

РН12. Брати участь у міжнародних наукових конференціях та семінарах, присвячених сучасним проблемам в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

РН13. Обирати напрям наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

РН17. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України.

РН18. Поєднувати різні форми науково-дослідної роботи і практичної діяльності з метою подолання розриву між теорією і практикою, науковими досягненнями і їх практичною реалізацією.

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4.5	Галузь знань 14 – Електрична інженерія	Обов’язкова професійна	
Модулів – 2	Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка Освітні програми: Електричні станції, Електричні системи і мережі#	Рік підготовки:	
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 - 135		1-й	1-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5 самостійної роботи студента – 6,5	Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	27 год.	10 год.
		Практичні, семінарські	
		18 год.	5 год.
		Лабораторні	
		18	5
		Самостійна робота	
72 год.	115 год.		
		Вид контролю: диф. залік	

Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Проблеми та задачі вдосконалення технології виробництва, транспортування та споживання електроенергії.

Тема 1. *Проблеми та задачі вдосконалення технології виробництва, транспортування, розподілу та перетворення електроенергії.* Характеристика сучасного стану генерувальних установок, ЛЕП, обладнання. Задачі Національної енергетичної програми з реконструкції генерувальних потужностей та електричних мереж, а також електроощадних технологій.

Тема 2. *Нетрадиційні і відновлювані джерела енергії.* Паливно-енергетичні ресурси країни. Типові графіки генерування та споживання електроенергії. Сонячні електроенергетичні установки. Вітрові електроенергетичні установки. Малі ГЕС. Комплексне використання ВДЕ. Автоматизація процесу генерування ВДЕ.

Змістовий модуль 2. Організаційні і технічні заходи зменшення втрат електроенергії.

Тема 3. Фізичні основи втрат потужності в елементах ЕЕЕ. Основні причини підвищених втрат електроенергії в ЕЕС та напрямки їх зменшення. Елемент з зосередженим опором. Трансформатори і автотрансформатори. Втрати активної потужності, які зв'язані з передачею та споживанням реактивної потужності. Статичні характеристики навантаження для визначенні втрат потужності. Методи розрахунків втрат потужності. Принципи керування втратами потужності і електроенергії в електроустановках. Економічно доцільний рівень втрат енергії в електроустановках. Задачі керування втратами потужності та енергії в ЕЕС. Інформаційне забезпечення задачі аналізу і оптимізації режимів ЕЕС.

Тема 4. Організаційні і технічні засоби підвищення енергоефективності. Оптимізація режимів роботи електричних мереж і основного обладнання. Компенсація реактивної потужності. Оптимізація рівнів напруги в електричних мережах. Забезпечення оптимальної напруги в центрах живлення. Зустрічне регулювання напруги. Програмне регулювання напруги. Визначення законів оптимального керування напруги трансформаторами і компенсуючими установками. Оптимізація режимів роботи трансформаторів. Автоматизація регулювання коефіцієнтів трансформації трансформаторів. Ранжування трансформаторів у відповідності з їх надійністю, залишковим ресурсом та чутливістю втрат до зміни коефіцієнтів трансформації. Комп'ютерне діагностування електрообладнання для ефективнішого використання його в задачах оптимального керування.

Модуль 2

Змістовий модуль 3. SMART Grid технології для вдосконалення технологічних процесів в ЕЕЕ.

Тема 5. Поняття й основні положення концепції SMART GRID. Основні передумови становлення нової (інноваційної) концепції розвитку ЕЕЕ. Принципи розробки концепції Smart Grid за кордоном, стандарти ІІЕ. Порівняння характеристик і властивостей ЕЕС до і після впровадження Smart Grid технологій. Енергетичні та комунікаційні зв'язки джерел енергії в Smart Grid.

Тема 6. Створення і вдосконалення системи автоматичного керування в ЕЕЕ. Структурна схема системи автоматичного керування нормальними режимами ЕЕС. Оперативний інформаційно-керувальний комплекс в АСДК. Система автоматичного керування потоками потужності і напругою в ЕЕС і підвищення ефективності її роботи. Вдосконалення систем обліку електроенергії. Способи виявлення споживання необлікованої електроенергії в виробничій та комунально-побутовій сферах. Автоматизовані системи обліку електроенергії.

Планування і фінансування заходів зменшення втрат потужності і електроенергії. Розрахунок техніко-економічної ефективності від заходів зменшення втрат потужності та електроенергії.

Змістовий модуль 4. Робота електроенергетичної галузі в умовах енергоринку.

Тема 7. Балансування режимів в електроенергетичній системі з відновлюваними джерелами енергії. Функції НЕК «Укренерго», Гарантованого покупця та операторів систем передачі і розподілу електроенергії. Погодинне прогнозування балансу електроенергії ОЕС України на наступну добу. ВДЕ в процесі балансування потужності та електроенергії. Способи резервування нестабільності генерування ВДЕ.

Тема 8. Огляд нормативних документів Міненерго України і особливості функціонування з європейською енергосистемою. Закон про електроенергетику, кодекс електричних мереж, концепція «розумних» (інтелектуальних) мереж. Задачі щодо під'єднання і функціонування ОЕС України паралельно з європейською енергосистемою.

Теми семінарських– навчальним планом не передбачені

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна форма)	Кількість годин (заочна форма)
1	Втрати потужності та електроенергії в трансформаторах і лініях електропередачі	2	1
2	Визначення й оцінювання втрат потужності та електроенергії	2	1
3	Формування розрахункових схем та інформаційне забезпечення	4	1
4	Техніко-економічна оцінка заходів зменшення втрат електроенергії	4	1
5	Особливості синхронних і асинхронних машин на малих ГЕС	4	
6	Порівняння характеристик і властивостей ЕЕС до і після впровадження Smart Grid технологій	2	1
Усього годин		18	5

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин (денна форма)	Кількість годин (заочна форма)
1	Розрахунок усталеного режиму електричної мережі	2	1
2	Порівняльний аналіз методів визначення втрат електроенергії в електричних мережах	2	2
3	Побудова залежності неоднорідності ЕЕС від індуктивності ЛЕП, визначення оптимальної індуктивності ЛЕП з точки зору впливу на неоднорідність системи. Вивчення доцільності встановлення УПК в ЛЕП	2	
4	Дослідження ефективності використання трансформаторів для зменшення втрат потужності. Побудова залежностей втрат потужності від коефіцієнтів трансформації. Аналіз чутливості цих залежностей і ранжирування трансформаторів	2	
5	Дослідження ефективності і доцільності компенсації реактивної потужності. Розрахунок режимів при установці ДРП в різних вузлах мережі.	2	
6	Аналіз і оцінка чутливості оптимальних рішень	2	
7	Дослідження впливу на точність розрахунку втрат електро-	2	

	енергії повноти інформаційного забезпечення		
8	Дослідження впливу ВДЕ на техніко-економічні показники електричної мережі	4	2
	Усього годин	18	5

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.	4	6
2	Основні задачі оптимізації. Задачі оптимального проектування. Задачі оптимального планування.	4	6
3	Безумовний екстремум гладких функцій. Умовний 6 9 екстремум гладких функцій.	4	6
4	Метод золотого поділу. Метод Фібоначчі. Метод дихотомії. Метод бісекції. Метод квадратичної інтерполяції.	4	6
5	Критерій оптимальності. Теорема Куна-Таккера. Класи задач оптимізації. Методи одновимірної мінімізації.	4	6
6	Пасивний та послідовний пошук. Методи послідовного пошуку. Методи поліноміальної апроксимації.	4	6
7	Мінімізація випуклих функцій. Випуклі множини. Випуклі функції. Диференційовані випуклі функції. Сильно випуклі функції.	4	6
8	Приклади мінімізації квадратичних функцій. Чисельні методи безумовної мінімізації. Релаксаційна послідовність.	4	6
9	Методи спуску. Метод градієнтного спуску. Мінімізація квадратичної функції. Спряжені напрямки спуску. Алгоритми методу градієнтного спуску. Метод спряжених напрямків.	4	6
10	Метод Ньютона. Модифікації метода Ньютона. Квазіньютонівські методи. Особливості прямого пошуку мінімуму.	4	6
11	Використання регулярного симплекса. Пошук за допомогою нерегулярного симплекса. Циклічний покоординатний спуск. Аналітичні методи нелінійного програмування	4	5

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	4	5
13	Метод умовного градієнта. Метод проекції антиградієнта. Метод проекції точки на множину.	4	5
14	Методи послідовної безумовної мінімізації. Багатомірна безумовна оптимізація. Оптимізація без обмежень.	4	5
15	Градiєнтні алгоритми. Метод спряжених градієнтів.	4	5
16	Метод невизначених множників Лагранжа. Задачі з обмеженнями нерівностей.	4	5
17	Організаційні і технічні засоби підвищення енергоефективності.	4	5
18	Поняття й основні положення концепції Smart Grid. Створення і вдосконалення системи автоматичного керування в ЕЕЕ.	4	5
	Реферат для студентів заочної форми навчання		15
Усього годин		72	115

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.

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.

Методи контролю

Поточний контроль, який здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів під час лекційного та практичного заняття, тестування, колоквиумів, 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.залику.

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
Модуль 1		Модуль 2			
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3	Змістовий модуль 4	25 балів	100
16 балів	20 балів	19 балів	20 балів		

Таблиця 2 – Кількість і зміст модулів

Модуль	Кредити	Лекції (год.)	Лаб. роботи. Кількість (роб./год)	Практичні заняття (теми/години)	Контрольна робота	Колоквіуми
I	2,25	13	9	9	1	1
II	2,25	14	9	9	1	1

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

Вид роботи	Модуль 1	Модуль 2
1. Практичні заняття (ПЗ 1, 2, 6 по 2 бали: $3 \times 2 = 6$ балів; ПЗ 3, 4, 5 по 4 бали $4 \times 3 = 12$ балів)	8	10
2. Контрольні роботи	10	9
3. Лабораторні роботи (ЛР 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 по 2 бали: $7 \times 2 = 14$ балів, ЛР 8 – 4 бали)	8	10
4. Колоквіум	10	10
Всього	36	39

Методичне забезпечення

Навчально-методичний комплекс дисципліни, до складу якого входять:

1. Робоча програма дисципліни «Сучасні проблеми електроенергетики, електротехніки та електромеханіки».
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.

Політика курсу

Здобувачі та викладачі повинні дотримуватися норм забезпечення честі, гідності, взаємної поваги і довіри, рівноправності та толерантності усіх учасників освітнього процесу шляхом дотримання принципів академічної доброчесності, викладених у **«Положенні про академічну доброчесність у ВНТУ»**.

З метою запобігання та виявлення плагіату у навчальних роботах, розвитку навичок коректної роботи із джерелами інформації та впровадження практики належного цитування, дотримання вимог наукової етики та поваги до інтелектуальних надбань та активізація самостійності й індивідуальності при створенні авторського твору і відповідальності за порушення загальноприйнятих правил цитування слід дотримуватись норм **«Положення про запобігання академічному плагіату та порядок його виявлення у навчальних, наукових, кваліфікаційних та науково-методичних роботах у ВНТУ»**.

З метою визнання результатів навчання здобутих під час неформальної та/або інформальної освіти (що здобувалася за освітніми програмами та не передбачала присудження визнаних державою освітніх кваліфікацій за рівнями освіти, але могла завершуватися присвоєнням професійних та/або присудженням часткових освітніх кваліфікацій, а також освіти, яка здійснювалася у порядку самоосвіти), здобувачі можуть скористатися відповідними процедурами, наведеними у **«Положення про порядок визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти у ВНТУ»**.

Здобувачі мають право оскаржити результати проміжних та підсумкових контрольних заходів, але на лише на підставі аргументованих пояснень, відповідно до **«Порядку організації та проведення заліків, диференційованих заліків, екзаменів у ВНТУ»**, а також безпосередньо звернувшись до освітнього омбудсмена, згідно **«Положення про освітнього омбудсмена з прав студентів ВНТУ»**.

З метою вирішення конфліктних ситуацій, що можуть виникнути у здобувачів із іншими учасниками освітнього процесу та/або недопущення виникнення конфліктних ситуацій слід бути обізнаним у нормах **«Кодексу етики ВНТУ»**.

Здобувачі ВНТУ мають керуватися принципом «нульової толерантності» до будь-яких проявів корупції і повинні вживати всіх передбачених законодавством заходів щодо запобігання, виявлення та протидії корупції і пов'язаним з нею діям (практикам), відповідно до **«Антикорупційної програми ВНТУ»**.

Наведені документи оприлюднені на сайті ВНТУ: <https://vntu.edu.ua/uk/public-info/zag.html>.

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. Добровольська Л.Н., Кулик В.В., Лежнюк П.Д. Електроощадні технології в електроенергетичних системах. – Луцьк: Вежа-Друк, 2018. – 328 с
4. Балансова надійність електричної мережі з фотоелектричними станціями: монографія // Лежнюк П.Д., Комар В.О., Кравчук С.В., Лесько В.О., Нетребський В.В. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 136 с.
5. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та мережі. – За ред. Кириленка О.В. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. – 400 с.
7. Malogulko, J. Influence of dispersed generation on reliability of electric network / Malogulko, J., Vyshnevsky, S., Kotylko, I., Sobchuk, N. // *Przeglad Elektrotechniczny*, 2020, 96(10), pp. 119-123.
8. Komar, V., Lezhniuk, P., Lesko, V., Malogulko, Yu., Netrebskyi, 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>
9. 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.
10. Лежнюк П.Д., Ковальчук О.А., Нікіторович О.В., Кулик В.В. Відновлювані джерела в розподільних електричних мережах: Монографія. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 204 с.
11. Лежнюк П.Д., Нікіторович О.В., Кулик В.В. Малі гідроелектростанції з асинхронними генераторами: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2010. – 136 с.
12. Лежнюк П.Д., Кулик В.В., Нетребський В.В., Тептя В.В. Принцип найменшої дії в електротехніці та електроенергетиці: Монографія. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 212 с.
13. Oleksandr Burykin, Petro Lezhniuk, Volodymyr Kulyk, Oleksandr Rubanenko, Yuliia Malohulko. Optimization of the renewable energy sources in the local electrical systems: monograph. – Vinnytsia: VNTU, 2018. – 124 p.
14. Petro Lezhniuk, Oleksandr Burykin, Yuliia Malogulko. Distributed energy sources in the local electrical systems. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 140 p.
15. Petro Lezhniuk, Vyacheslav Komar, Serhii Kravchuk, Volodymyr Netrebskiy, Vladyslav Lesko. Optimal Integration of Photoelectric Stations in Electric Networks. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 210 p.
16. Буславець О.А., Лежнюк П.Д., Черемісін М.М. Інформаційне забезпечення задач зменшення втрат електроенергії в електричних мережах: монографія. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 184 с.
17. Petro Lezhniuk, Olena Rubanenko. Optimal Solutions Sensitivity Analysis in Complex Systems in Relative Units. – Collective Monograph: “Scientific Research of the XXI Century”, volume 2. – Sherman Oaks, California (USA). – 2021. – p. 111–118. doi: 10.51587/9781-7364-13302-2021-002-111-118.