

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
"02" 06 2023 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ






SMART GRID ТЕХНОЛОГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМАХ

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

СУЯ ВНТУ-08-21-РП.025.01:23

2023 рік

Робоча програма навчальної дисципліни
 «Smart Grid технології в електричних системах»
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 «Smart Grid технології в електричних системах» 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, відновлювані джерела енергії.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета навчальної дисципліни є формування у студентів необхідних теоретичних знань, прикладних вмінь та практичних навичок з питань сучасних тенденцій розвитку електроенергетичної галузі у напрямі застосування інформаційних і цифрових технологій, розуміння основних концепцій створення Smart Grid технологій в електроенергетиці.

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

- опанування студентами комплексного підходу до вирішення питань сучасного розвитку електроенергетичних систем з використанням Smart Grid технологій;
- аналіз технологічного процесу під час виробництва, передачі, розподілу та постачання електричної енергії в електричній мережі, електроенергетичній системі;
- отримання студентами загальних відомостей щодо принципів побудови інтелектуальних систем електропостачання;
- отримання студентами загальних відомостей щодо принципів генерування електроенергії відновлюваними джерелами енергії до загальнопромислової мережі;
- отримання студентами загальних відомостей щодо принципів побудови автономних систем електропостачання з відновлюваними джерелами енергії;
- 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.

ЗК09. Здатність працювати автономно та в команді, мотивувати людей та рухатися до спільної мети.

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.

СК7. Здатність демонструвати обізнаність з питань інтелектуальної власності, управління робочими або навчальними процесами, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів в електроенергетиці.

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.

СК13. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці.

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.

РН3. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

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

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

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

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. Аналіз енергоефективності світових енергетичних мереж.

Тема 2. Сучасний стан світових енергетичних мереж.

Тема 3. Тенденції розвитку ринкової енергетичної системи.

Тема 4. Інтелектуальні світові енергетичні системи. Характеристика світових енергетичних систем.

Тема 5. Європейська модель впровадження розумних енергетичних технологій.

Тема 6. Стан та перспективи впровадження розумних енергетичних технологій.

Тема 7. Класифікація розумних та безпечних рішень в енергетиці.

Тема 8. Техніко-технологічний аналіз стану енергетичних мереж в Європі.

Тема 9. Регулювання Smart Grid інфраструктури в Європі.

Змістовий модуль 2.

Тема 10. Використання Smart Grid як інструменту підвищення енергоефективності.

Тема 11. Проблеми формування інтелектуальних електричних мереж, відповідно до концепції Smart Grid.

Тема 12. Принципи функціонування локальних електричних систем з відновлюваними джерелами енергії в концепції Smart Grid.

Тема 13. Стандартизація функціонування інтелектуальних локальних енергосистем при їх інтеграції в системи централізованого живлення.

Тема 14. Впровадження ряду пілотних технологій та проектів Smart Grid на рівні Системного Оператора.

Тема 15. Концепція впровадження «розумних мереж» в Україні до 2035 року.

Тема 16. Роль імітаційного моделювання в задачах впровадження технологій Smart Grid.

Тема 17. Оптимізація енергоефективності економіки за допомогою технологічної концепції Smart Grid.

Тема 18. Smart Grid в електроенергетиці: проблеми керування та безпеки.

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 | |
| <i>Усього годин</i> | 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 | Вивчення можливостей переходу до від існуючої енергетичної мережі (моделі) до розумної. | 3 | 1 |
| 2 | Дослідження питань інвестування у один або декілька компонентів розумної мережі, що забезпечує часткову реалізацію функцій Smart Grid. | 3 | 2 |
| 3 | Оцінювання ефективності розгортання розумних енергетичних мереж із застосуванням моделі зрілості смарт-мережі. | 3 | 1 |
| 4 | Дослідження доцільності розвитку технологічної концепції Smart Grid в електроенергетиці з метою створення умов | 3 | 1 |

| | | | |
|---------------------|---|----|----|
| | для підвищення енергоефективності та надійності економіки. | | |
| 5 | Вивчення складових структури Smart Grid: «інтелектуальний» облік, розумна мережа, енергоефективність, технології споживачів. | 3 | 1 |
| 6 | Дослідження проблем системної оптимізації енергоефективності всієї економіки по ланцюгу енергетичних, енергоємних або енергозалежних бізнесів. | 3 | 1 |
| 7 | Переваги та недоліки концепції Smart Grid. | 3 | 1 |
| 8 | Впровадження Smart Grid у різних країнах. | 3 | 1 |
| 9 | Дослідження питань безпеки промислових електричних мереж; ефективності впровадження відновлювальної і розподіленої електроенергії на базі концепції Smart Grid. | 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 | Питання оцінювання ефективності розумних енергетичних мереж. | 6 | 9 |
| 2 | Оцінювання окремих складових розумних енергомереж. | 6 | 9 |
| 3 | Перспективи використання інтелектуальних енергетичних мереж в Україні. | 6 | 9 |
| 4 | Дослідження підходів до визначення економічної ефективності розбудови розумних енергетичних мереж, що містяться в поширених системах оцінювання розумних енергомереж у різних регіонах світу | 6 | 9 |
| 5 | Методики визначення ефективності або оцінювання розумних енергомереж. | 6 | 9 |
| 6 | Модель зрілості смарт-мережі (IBM Smart Grid Maturity Model). | 7 | 9 |
| 7 | Система оцінювання розвитку розумної енергомережі (DOE Smart Grid Development Evaluation System). | 7 | 9 |
| 8 | Система оцінювання переваг розумних енергомереж ЄС (EU Smart Grid Assessment Benefits Systems). | 7 | 9 |
| 9 | Система індексів «двох типів» («Two Type» grid index system). | 7 | 8 |
| 10 | Індексна система оцінювання розвитку енергомережі (Grid development assessment index system). | 6 | 7 |
| 11 | Індикативна система оцінювання пілотних проєктів розумних енергомереж (Smart Grid pilot project evaluation indicator system). | 6 | 7 |
| 12 | Модель оцінювання рівня розвитку розумних енергомереж на основі диференціації попиту (Evaluation Model of a Smart Grid Development Level Based on Differentiation of Development Demand). | 6 | 7 |
| 13 | Характеристика систем оцінювання розумних енергомереж | 6 | 7 |

| | | | |
|---------------------|---|-----|-----|
| | за ступенем оцінювання показників економічної ефективності. | | |
| 14 | Ранжування систем оцінювання розумних енергомереж за ступенем оцінювання показників економічної ефективності. | 7 | 8 |
| 15 | Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні. | 7 | 7 |
| 16 | Політика щодо реалізації концепції Smart Grid в провідних країнах світу. | 7 | 7 |
| 17 | Перспективні форми та напрямки розвитку Smart Grid технологій. | 7 | 7 |
| 18 | Smart Grid та відновлювальні джерела енергії. | 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, 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.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 колоквиуми.

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» | «незадо-вільно 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) |
| | «незадо-вільно 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. «Grid 2030» – A national vision for electricity's second 100 years. 2003. URL: https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/Electric_Vision_Document.pdf.

2. Бурикін, О. Б. Автоматизація оптимального керування відновлюваними джерелами енергії у локальних електричних системах на базі концепції Smart Grid [Текст] / О. Б. Бурикін, Ю. В. Малогулко, Ю. В. Семенюк // Екологічна безпека та відновлювані джерела енергії : збірник доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, 24-25 травня 2017 р. – 2017. – С. 112-117.

3. Малогулко Ю. В. Smart Metering як складова технології Smart Grid [Електронний ресурс] / Ю. В. Малогулко, К. О. Повстянко, М. В. Затхей // Матеріали І науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 10-12 березня 2021 р. – Електрон. текст. дані. – 2021. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2021/paper/view/12176>.

4. 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.

5. 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

6. 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.

7. 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>

8. Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського: [сайт]. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>

9. Енергетика: [сайт]. Режим доступу: <http://LEONARDO.ENERGY.ORG/>

10. Mathematical Programming Glossary. – Режим доступу: <http://glossary.computing.society.informs.org/>

11. Optimization Methods and Software. – Режим доступу: <https://www.tandfonline.com/toc/goms20/current>.
12. 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.
13. Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського: [сайт]. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>
14. Енергетика: [сайт]. Режим доступу: <http://LEONARDO.ENERGY.ORG/>
15. Mathematical Programming Glossary. – Режим доступу: <http://glossary.computing.society.informs.org/>
16. Optimization Methods and Software. – Режим доступу: <https://www.tandfonline.com/toc/goms20/current>

