

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

SMART GRID ТЕХНОЛОГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМАХ **Вибірковий** **Професійний**

II (магістерський) рівень вищої освіти

Галузь знань **14 – Електрична інженерія**
Спеціальність **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**
Освітня програма – **Електричні системи і мережі**
Викладач: **Малогулко Ю.В.**
Мова викладання: **українська**

Семестр – 3 (заочна ф.н.), 2 (денна ф.н.)
Кредитів ЄКТС – 6
Лекцій – 36 год.
Практичних – 27 год.
Лабораторних – 0 год.
Курсовий проект – -
Самостійна робота – 117 год.
Вид контролю: **диф. залік**

Передумови для вивчення – використання 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.

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.

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 акти, 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.

PH5. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

PH7. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

PH17. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України.

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Галузь знань 14 – Електрична інженерія	Нормативна	
Модулів – 2	Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітні програми: Електричні системи і мережі	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1	2
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
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5 самостійної роботи студента – 6,5	Ступінь: магістр	Лекції	
		36 год.	10 год.
		Практичні, семінарські	
		27 год.	10 год.
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота	
117 год.	160 год.		
Вид контролю: диф. залік			

Програма навчальної дисципліни
Інформаційний обсяг 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.

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми
1	Вивчення можливостей переходу до від існуючої енергетичної мережі (моделі) до розумної.
2	Дослідження питань інвестування у один або декілька компонентів розумної мережі, що забезпечує часткову реалізацію функцій Smart Grid.
3	Оцінювання ефективності розгортання розумних енергетичних мереж із застосуванням моделі зрілості смарт-мережі.
4	Дослідження доцільності розвитку технологічної концепції Smart Grid в електроенергетиці з метою створення умов для підвищення енергоефективності та надійності економіки.
5	Вивчення складових структури Smart Grid: «інтелектуальний» облік, розумна мережа, енергоефективність, технології споживачів.
6	Дослідження проблем системної оптимізації енергоефективності всієї економіки по ланцюгу енергетичних, енергоємних або енергозалежних бізнесів.

7	Переваги та недоліки концепції Smart Grid.
8	Впровадження Smart Grid у різних країнах.
9	Дослідження питань безпеки промислових електричних мереж; ефективності впровадження відновлювальної і розподіленої електроенергії на базі концепції Smart Grid.

Самостійна робота

№ з/п	Назва теми
1	Питання оцінювання ефективності розумних енергетичних мереж.
2	Оцінювання окремих складових розумних енергомереж.
3	Перспективи використання інтелектуальних енергетичних мереж в Україні.
4	Дослідження підходів до визначення економічної ефективності розбудови розумних енергетичних мереж, що містяться в поширених системах оцінювання розумних енергомереж у різних регіонах світу
5	Методики визначення ефективності або оцінювання розумних енергомереж.
6	Модель зрілості смарт-мережі (IBM Smart Grid Maturity Model).
7	Система оцінювання розвитку розумної енергомережі (DOE Smart Grid Development Evaluation System).
8	Система оцінювання переваг розумних енергомереж ЄС (EU Smart Grid Assessment Benefits Systems).
9	Система індексів «двох типів» («Two Type» grid index system).
10	Індексна система оцінювання розвитку енергомережі (Grid development assessment index system).
11	Індикативна система оцінювання пілотних проєктів розумних енергомереж (Smart Grid pilot project evaluation indicator system).
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).
13	Характеристика систем оцінювання розумних енергомереж за ступенем оцінювання показників економічної ефективності.
14	Ранжування систем оцінювання розумних енергомереж за ступенем оцінювання показників економічної ефективності.
15	Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні.
16	Політика щодо реалізації концепції Smart Grid в провідних країнах світу.
17	Перспективні форми та напрямки розвитку Smart Grid технологій.
18	Smart Grid та відновлювальні джерела енергії.
	Реферат для студентів заочної форми навчання.

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.заліку.

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		

Таблиця 2 – Кількість і зміст модулів

Модуль	Кредити	Лекції (год.)	Лаб. роботи. Кількість (роб./год)	Практичні заняття (теми/години)	Контрольна робота	Колоквиуми
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. Колоквиуми	10	10
Всього	50	50

Методичне забезпечення

Навчально-методичний комплекс дисципліни, до складу якого входять:

1. Робоча програма дисципліни «Smart Grid технології в електричних системах».

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. «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

кін, 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., Natrebskyi, 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>.