



ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА РИНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова, ПВ6</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	
Обсяг дисципліни	<i>150 годин / 5 кредитів ECTS (лекції – 36, практичні – 18, СРС – 96)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: проф, д-р техн. наук. Буткеви О.Ф.</i>
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Впровадження лібералізованих сегментів ринку електроенергії в Україні спричинило принципові зміни у вимогах до кваліфікаційних навичок менеджменту електроенергетичних підприємств. Планування бізнес-діяльності суб'єкта українського ринку електроенергії вимагає оцінки економічної ефективності функціонування власного підприємства із врахуванням ринкової кон'юнктури. Остання, у свою чергу, зумовлює потребу у розумінні механізмів конкурентного ціноутворення та навичках прогнозування впливу зовнішніх чинників на рівновагу як в окремому ринковому сегменті, так і в українській електроенергетиці загалом. При цьому стратегічне завдання України щодо інтеграції до європейських енергосистем та сполучення українського ринку електроенергії із європейськими енергетичними структурами додатково вимагає знань в частині вимог європейського законодавства та розуміння перспектив і напрямків подальшого розвитку європейських ринків електричної енергії. Курс «Енергетичні ринки та регулювання в енергетиці» надає фундаментальні знання з принципів організації та функціонування сегментів ринку електричної енергії для працівників енергоменеджменту.

Метою навчального курсу є формування відповідного рівня знань про принципи функціонування та взаємодії сегментів ринку електричної енергії з урахуванням особливостей формування ринкового попиту і ринкової пропозиції, а також впливу зовнішніх чинників на ринкову рівновагу. Розуміння чинників формування ринкової рівноваги необхідне для засвоєння знань щодо механізмів ціноутворення в ринкових сегментах, економічних результатів функціонування окремих учасників ринку та тарифоутворення для кінцевих споживачів.

Студенти також повинні ознайомитися з основними підходами до державного регулювання окремих функцій лібералізованої моделі ринку електричної енергії, особливостями сучасної законодавчої та нормативно-правової бази українського ринку електричної енергії, а також із основними підходами

до формування європейської системи законодавчого і нормативно-правового регулювання ринків електричної енергії в країнах Європейського союзу.

Предметом навчального курсу є закони формування попиту і пропозиції, закони формування рівноважних станів на конкурентних ринках, зовнішні чинники впливу на рівноважний стан та способи їх врахування при розв'язанні задач моделювання функцій ціноутворення на конкурентному ринку, структура і функції сучасних ринків електричної енергії. Також, на навчальному курсі розглядаються окремі питання законодавчої, нормативно-правової і регуляторної бази організації і функціонування українського та європейських ринків електричної енергії.

Знання щодо побудови функцій попиту і пропозиції з урахуванням впливу зовнішніх чинників, виконання аналізу ситуації та тенденцій на ринку електричної енергії, моделювання рівноважного стану і розрахунку вартості електричної енергії в окремих ринкових сегментах, розрахунку фактичних тарифів для кінцевих споживачів, знання щодо основ організації інформаційного обміну та нормативного забезпечення функціонування ринку електричної енергії.

Фахові компетентності: (ФК1) здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики; (ФК9) здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці.

Програмні результати навчання

ПРН15. Поєднувати різні форми науково-дослідної роботи і практичної діяльності з метою подолання розриву між теорією і практикою, науковими досягненнями і їх практичною реалізацією

ПРН21. Аналізувати поточний стан електроенергетики та електромеханіки, розуміти та оцінювати напрямки та перспективи їх розвитку.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні мережі та системи», «Системи електропостачання», «Енергоефективні технології споживання електричної енергії», «Інформаційні системи і технології в енергетиці», а також «Іноземна мова професійного спрямування», оскільки частина літератури з дисципліни написана англійською мовою. Компетентності та програмні результати навчання, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого якісного виконання магістерської роботи.

3. Зміст навчальної дисципліни

Структурно дисципліна «Ринки електричної енергії та енергоефективність» поділена на 8 розділів, а саме:

Розділ 1. Теоретичні засади функціонування ринків електроенергії.

Розділ 2. Еластичність попиту та пропозиції.

Розділ 3. Агрегація цінових заявок покупців і продавців.

Розділ 4. Теоретичні основи ринкової рівноваги.

Розділ 5. Моделювання ринкової рівноваги.

Розділ 6. Організація ринків електричної енергії.

Розділ 7. Економічні механізми врахування системних обмежень.

Розділ 8. Роздрібний ринок електричної енергії.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 №2019-VIII.
2. Блінов І.В. Проблеми функціонування та розвитку нової моделі ринку електричної енергії в Україні (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 3 лютого 2021 р.) // Вісник Національної академії наук України. 2021. № 3. С. 20-28. DOI: doi.org/10.15407/visn2021.03.020
3. Оптовий та роздрібний ринок електричної енергії: розрахункова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: І. В. Блінов, Є. В. Парус. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,09 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 44 с. – Назва з екрана.
4. Кириленко О.В., Блінов І.В., Парус Є.В., Трач І.В. Оцінка ефективності використання систем накопичення електроенергії в електричних мережах // Технічна електродинаміка. 2021. № 4. С 44-54.
5. Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. (2021) Forecasting: principles and practice, 3rd edition, OTexts: Melbourne, Australia. OTexts.com/fpp3. Accessed on 10.03.2021.

Додаткова література

(факультативно / ознайомлення)

6. Постанова НКРЕКП «Про затвердження Правил ринку» №307 від 14.03.2018 .
7. Ivanov H., Blinov I., Parus Y. Simulation Model of New Electricity Market in Ukraine. In: Proc. IEEE 6th Int. Conf. Energy Smart Systems. 2019. DOI: https://doi.org/10.1109/ESS.2019.8764184
8. Блінов І.В., Мірошник В.О., Шиманюк П.В. Короткостроковий інтервальний прогноз сумарного відпуску електроенергії виробниками з відновлювальних джерел енергії. Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. 2019 р. С .5-12

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття:

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
Вступ	
1.	Відображення структури лекцій, практичних занять та форми звітності. Поняття попиту і пропозиції на ринку електроенергії. Купівля/продаж електроенергії та послуг. Основи структури сучасних ринків електроенергії. Особливості енергетичного ринку, що визначаються технологічними особливостями галузі.. Літературні джерела: [1, 2, 3]
Розділ 1. Теоретичні засади функціонування ринків електроенергії	
2.	Тема 1. Теорія блага. Поняття Блага в економіці. Поняття корисності Блага. Мотиваційна модель поведінки людини. Класифікація потреб Абрагама Маслоу. Класифікація важливості товарів для покупця. Математична формалізація властивостей корисності благ. Корисність різних одиниць блага за порядковим номером. Перехід від порядкового номеру одиниці блага до кількості одиниць блага. Функція Загальної корисності благ. Математичний зв'язок між граничною корисністю та загальною корисністю. Закони корисності покупця. Складові Загальної корисності покупця. Закони Госсена. Приклади використання законів Госсена в практичних розрахунках. Корисність для продавця.

	<p>Порівняння складових корисностей покупця та продавця. Література: [2, 3, 6, 7, 8]</p>
3	<p>Тема 2: Попит та пропозиція на ринках електричної енергії <u>Функція ринкового попиту.</u> Основні означення ринкового попиту. Ідеалізований індивідуальний попит. Особливості коливань графіків попиту на електричну енергію. Цикл річного (сезонного) електроспоживання в Україні. Наслідки шокової зміни річного графіка попиту; Цикл добового електроспоживання в Україні. Вплив відновлювальних джерел електроенергії на функцію попиту. Короточасні коливання електроспоживання. <u>Функція ринкової пропозиції.</u> Основні означення ринкової пропозиції. Пропозиція електричної енергії в Україні: Вугільні електростанції, Теплоцентралі, ГЕС та АЕС. Література: [2, 3, 6, 7, 8]</p>
Розділ 2. Еластичність попиту та пропозиції	
4	<p>Тема 3: Еластичність попиту. Означення еластичності попиту та пропозиції. Цінова еластичність попиту. Точкова еластичність попиту за ціною. Дугова еластичність попиту за ціною. Правило знаків для коефіцієнта еластичності попиту за ціною. Цінова еластичність попиту у точці як показник кута нахилу лінії. Пропорційна еластичність попиту у точці ринкової рівноваги. Еластичний попит у точці ринкової рівноваги. Нееластичний попит у точці ринкової рівноваги. Абсолютно нееластичний попит у точці ринкової рівноваги. Абсолютно еластичний попит у точці ринкової рівноваги. Аномальна еластичність попиту. Властивості аномальної еластичності попиту. Парадокс товарів Гіффена. Арифметичні властивості коефіцієнта еластичності попиту. Еластичність попиту за рівнями доходу покупців. Перехресна еластичність попиту. Означення перехресної еластичності. Перехресна еластичність як індикатор можливості заміни одного товару на інший. Перехресна еластичність як індикатор реакції попиту на зміну вартості іншого товару. Література: [1, 8, 9, 12]</p>
5	<p>Тема 4: Еластичність пропозиції. Еластичність пропозиції за ціною. Означення еластичності пропозиції. Чинники впливу на еластичність пропозиції. Правило знаків для коефіцієнта еластичності пропозиції. Цінова еластичність пропозиції як показник кута нахилу лінії. Організаційні стратегії виробників щодо зниження ризиків цінової конкуренції. Арифметичні властивості коефіцієнта еластичності пропозиції. Література: [1, 8, 9, 12]</p>
Розділ 3. Агрегація цінових заявок покупців і продавців	
6	<p>Тема 5. Поширені типи цінових заявок при торгівлі електричною енергією. Принципи класифікації цінових заявок. Основні види погодинних цінових заявок/пропозицій. Блокові заявки і пропозиції та парадокси їх прийняття. Зв'язані блоки цінових заявок і пропозицій. Проект Price Coupling Regions. Література: [1, 2, 3, 6, 7, 8]</p>
7	<p>Тема 6. Агреговані попит і пропозиція на ринку електричної енергії. <u>Агрегований попит на електричну енергію:</u> Загальний принцип агрегації попиту, Агрегація подільних цінових заявок зі ступінчатим графіком, Агрегація подільних цінових заявок з лінійним графіком <u>Агрегована пропозиція на електричну енергію:</u> Загальний принцип агрегації пропозиції, Агрегація подільних цінових заявок щодо продажу електричної енергії зі ступінчатим графіком, Агрегація подільних цінових заявок з лінійним графіком пропозиції.</p>

	<p><i>Математичні властивості функцій агрегованого попиту та агрегованої пропозиції.</i> <i>Література: [1, 2, 3, 6, 7, 8]</i></p>
<p>Розділ 4. Теоретичні основи ринкової рівноваги</p>	
8	<p>Тема 7. Рівновага на ринку електричної енергії. <i>Основні визначення ринкової рівноваги. Особливості ціноутворення за різних видів рівноважних станів. Парето-оптимальна рівновага.</i> <i>Література: [5, 10, 11]</i></p>
9	<p>Тема 8. Економіка Добробуту. <i>Основні поняття економіки Добробуту. Різні погляди на поняття суспільного добробуту. Добробут попиту на електричну енергію. Означення Добробуту для покупців. Функція Добробуту для агрегованого попиту на електричну енергію. Добробут пропозиції електричної енергії. Означення Добробуту для продавців. Функція Добробуту для агрегованої пропозиції електричної енергії. Добробут учасників ринку електроенергії.</i> <i>Література: [5, 10, 11]</i></p>
10	<p>Тема 9. Аукціони торгівлі електричною енергією. <i>Термінологія щодо торгівлі електричною енергією. Односторонні аукціони. Аукціон одного покупця. Аукціон одного продавця. Двосторонні аукціони. Безперервні торги. Інші торгівельні платформи.</i></p>
11	<p>Тема 10. Моделі імітації ринкової рівноваги. <i>Імітація впливу зовнішніх чинників на функції попиту і пропозиції. Імітація ринкової рівноваги на ринках з досконалою конкуренцією: Модель Вальраса, Модель Маршала, павутиноподібна модель. Імітація монополізованих ринків: Дуополія Штакельберга, Дуополія Курно, Олігополія Бертрана.</i> <i>Літературні джерела: [5, 11]</i></p>
<p>Розділ 5. Моделювання ринкової рівноваги</p>	
12	<p>Тема 11. Аукціони торгівлі електричною енергією. <i>Термінологія щодо торгівлі електричною енергією. Односторонні аукціони. Аукціон одного покупця. Аукціон одного продавця. Двосторонні аукціони. Безперервні торги. Інші торгівельні платформи.</i></p>
13	<p>Тема 12. Моделі імітації ринкової рівноваги. <i>Імітація впливу зовнішніх чинників на функції попиту і пропозиції. Імітація ринкової рівноваги на ринках з досконалою конкуренцією: Модель Вальраса, Модель Маршала, павутиноподібна модель. Імітація монополізованих ринків: Дуополія Штакельберга, Дуополія Курно, Олігополія Бертрана.</i></p>
<p>Розділ 6. Організація ринків електричної енергії</p>	
14	<p>Тема 13. Нормативно-правове регулювання ринків електричної енергії <i>Нормативно-правове регулювання ринків електроенергії Європейського союзу, енергетичні пакети.</i> <u>Основи нормативно-правового регулювання в електроенергетиці України:</u> <i>Класифікація нормативно-правових актів в Україні, Основи державного регулювання в електроенергетиці України, Історія впровадження законодавчої бази для електроенергетики України.</i> <u>Закон «Про ринок електричної енергії»:</u> <i>Структура ринку електричної енергії України, Суб'єкти ринку електроенергії України.</i> <i>Література: [1, 4, 12, 18, 22]</i></p>

	<p>Тема 14. Основні види структури ринку електричної енергії <i>Вертикально інтегрований ринок електроенергії. Пул єдиного покупця. Конкурентний оптовий ринок електроенергії. Конкурентний роздрібний ринок електроенергії. Сучасна структура конкурентного ринку електричної енергії.</i> <i>Література: [1, 4, 5, 11]</i></p>
15	<p>Тема 15. Сегментування торгівлі електроенергією за часом <i>Принципи сегментування ринку за горизонтом планування. Основні властивості сегментування за часом. Ринкові сегменти за строком дії договору. Форвардні ринки. Ринок «на добу наперед». Внутрішньодобовий ринок. Ринок небалансів.</i> <i>Література: [1, 4, 5, 11]</i></p>
	<p>Тема 16. Розмежування функцій енергетичних підприємств. <i>Цілі рингфенсінгу фінансових активів. Рівні розмежування бізнес-процесів енергетичних підприємств. Переваги та недоліки розмежування. Розмежування функцій, критично важливих для операційної безпеки режиму енергосистеми.</i> <i>Література: [1, 4, 5, 11]</i></p>
Розділ 7. Економічні механізми врахування системних обмежень	
16	<p>Тема 17. Врахування обмежень на передачу електроенергії. <i>Методи врахування пропускної спроможності електричного перетину. Принципи диспетчеризації електричного перетину між двома зонами регулювання. Аукціони з продажу ресурсу пропускної спроможності міждержавного електричного перетину.</i> <i>Література: [1, 12, 16, 17, 18]</i></p>
	<p>Тема 18. Неявне врахування пропускної спроможності електричних перетинів. <i>Основні підходи до врахування системних обмежень на ринку «на добу наперед». Модель децентралізованого сполучення цінових зон. Сучасна модель сполучення в Європейських країнах. Основи вузлової моделі ціноутворення.</i> <i>Література: [1, 12, 16, 17, 18]</i></p>
	<p>Тема 19. Математична модель Балансуючого ринку. <i>Принципи функціонування Балансуючого ринку. Базова модель балансування «один виробник – один споживач». Класична модель нарахувань за небаланси. Сучасна модель нарахувань за небаланси в Україні.</i></p>
Розділ 8. Роздрібний ринок електричної енергії	
17	<p>Тема 20. Структура та учасники роздрібногo ринку електричної енергії <i>Основні учасники роздрібногo ринку електроенергії. Взаємодія електропостачальника з іншими учасниками ринку електроенергії. Структура вартості електричної енергії для кінцевого споживача.</i></p>
	<p>Тема 21. Універсальні послуги та постачальник останньої надії <i>Функції постачальника універсальних послуг. Ціноутворення на універсальні послуги. Функції постачальника «останньої надії». Ціноутворення послуги «останньої надії».</i></p>
18	<p>Тема 22. Роздрібні ціни та тарифи постачальників за вільними цінами <i>Основні схеми тарифоутворення за типом обліку електроенергії. Структура вартості електроенергії для кінцевого споживача категорії «Б». Варіанти врахування витрат на закупівлю електричної енергії.</i></p>

6. Самостійна робота студента/аспіранта

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
------	------------------------	---------------------

1	Опанування тем на СРС	56
2	Підготовка та виконання МКР (2 частини)	4
3	Підготовка до екзамену	30
	ВСЬОГО	90

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- *правила відвідування занять: присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі з нарахуванням заохочувальних або штрафних балів, не оцінюється викладачем згідно з Наказом 1-273 від 14.09.2020 р. Бали нараховуються за навчальну активність на лекційних заняттях відповідно до РСО даної дисципліни;*
- *правила поведінки на заняттях: дозволяється та вітається прояв навчальної активності здобувача на лекційних заняттях з метою визначення певних рівнів засвоєння матеріалу. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-дискі викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;*
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховуються за участь у факультетських та інститутських олімпіадах з дисципліни, наукових конференціях, за підготовку оглядів наукових праць і статей. Штрафні бали нараховуються за неналежне виконання індивідуального семестрового завдання - МКР. Своєчасне виконання модульної контрольної роботи є необхідною умовою допуску до екзамену;*
- *політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Електричні мережі та системи»;*
- *застосування цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соціальних мережах, тощо) вимагає дотримання загальноприйнятих етичних норм, зокрема, бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: МКР.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: умовою допуску до екзамену є мінімально позитивна оцінка за МКР та стартовий рейтинг не менше 30 балів.

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- *Виконання модульної контрольної роботи (складається з двох робіт);*
- *Робота на практичних заняттях.*

Семестровим контролем є іспит.

Виконання практичних завдань

Практичне завдання зараховується, якщо визначені завданням розрахунки надають правильний

результат. Допускаються несуттєві помилки в оформленні практичного завдання.

Зарахування двох практичних завдань надає допуск до виконання модульної контрольної роботи.

Виконання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота подається у формі тестів із 30 запитань з варіантами відповідей. За кожну правильну відповідь нараховується 1 заліковий бал.

Умовою допуску до екзаменаційного іспиту є виконання двох модульних робіт із зарахуванням сумарно не менше 30 залікових балів.

Виконання іспиту

Екзаменаційний іспит подається у формі тестів із 40 запитань. За кожну правильну відповідь нараховується 1 заліковий бал.

Розрахунок шкали рейтингової оцінки з кредитного модуля (RD):

Сума вагових балів контрольних заходів (R_D) протягом семестру складає:

$$R_D = R_{МКР1} + R_{МКР2} + R_{\text{практик}} + R_{\text{ІСП}}$$

де: $R_{МКР1}$ – сума залікових балів за результатами виконання модульної контрольної роботи №1;

$R_{МКР2}$ – сума залікових балів за результатами виконання модульної контрольної роботи №2;

$R_{\text{практик}}$ – бали за роботу на практичних заняттях; $R_{\text{ІСП}}$ – сума залікових балів за

результатами виконання екзаменаційного іспиту.

R_D	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
100...95	A - відмінно	Відмінно
94...85	B – дуже добре	Добре
84...75	C - добре	Добре
74...65	D - задовільно	Задовільно
64...60	E – достатньо (задовольняє мінімальні критерії)	Задовільно
< 60	Fx незадовільно	Незадовільно
< 30	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)	Не допущений

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Можливе перезарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою за умови виконання вимог, наведених у Наказі № НОН/157/2023 від 09.05.2023 р. Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті /

На час дії правового режиму воєнного стану діють особливості визнання результатів навчання (https://document.kpi.ua/2022_НОН-164).

Робочу програму навчальної дисципліни (Силабус):

Складено професор кафедри електричних мереж та систем д-р техн. наук Буткевичем О.Ф.

Ухвалено кафедрою електричних мереж та систем ФЕА (протокол №13 від 20.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №10 від 22.06.2023 р)