



функціонування та застосування елементів мікропроцесорної техніки для вирішення практичних задач у галузі управління та автоматизації енергосистем.

**Предмет навчальної дисципліни** – фізичні явища та процеси передачі повідомлень в системах керування електроенергетичними системами; методи перетворення та обробки сигналів; методи та засоби підвищення ефективності інформаційного забезпечення систем керування електроенергетичними об'єктами, підходи до побудови систем передачі повідомлень по ЛЕП 110-750 кВ та РЕМ 0,4-10 кВ.

**Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна:** (ПРО5) Знання: (ЗН 17)- особливостей застосування різних способів передачі інформації в електроенергетиці та особливості виконання розрахунків параметрів їх налаштування; (ЗН 21) - особливостей застосування сучасного програмного забезпечення з метою розв'язання загальних інженерних задач; (ЗН 22) – принципів практичного застосування сучасних інтелектуальних технологій для створення програм підтримки рішень в галузі управління, захисту та автоматизації енергосистем. Уміння (УМ 10) – застосовувати положення теорії ймовірності, диференційного числення та теорії стійкості під час практичного розв'язання задач у галузі управління, захисту та автоматизації енергосистем; (УМ 13) – розраховувати параметри налаштування засобів передачі інформації в електроенергетиці; (УМ 17) – застосовувати інтелектуальні технології для створення систем підтримки прийняття рішень в галузі управління, захисту та автоматизації енергосистем.

## **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», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електрична частина станцій і підстанцій», «Електричні мережі та системи», «Перехідні процеси в електроенергетиці», «Цифрова електроніка в електроенергетиці», "Релейний захист та автоматизація енергосистем", а також «Практичний курс іноземної мови», оскільки частина літератури з дисципліни написана англійською мовою. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для вивчення дисципліни "Основи та передача інформації в електроенергетиці. Кодування та інформаційно-керуючі системи" та подальшого якісного виконання наукових та експериментальних досліджень за темою атестаційної роботи.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

*Дисципліну структурно розподілено на 3 розділа, а саме*

*Розділ 1. Інформація в системах керування електроенергетичними об'єктами, в якому розглядаються класифікація потоків інформації в системах керування електроенергетичними об'єктами, вимоги та загальні відомості про канали передачі даних.*

*Тема 1.1. Потоки інформації в системах керування (СК) електроенергетичними об'єктами.*

*Тема 1.2. Основи передачі даних.*

*Тема 1.3. Перетворення сигналів. Теорема Котельнікова.*

*Розділ 2. Основи передачі даних, в якому розглядаються методи модуляції, обробки сигналів та синхронізації, завади та методи зменшення їх впливу.*

*Тема 2.1. Модуляція і демодуляція в каналах передачі даних (КПД).*

*Тема 2.2. Завади в КПД.*

*Тема 2.3. Методи обробки сигналів.*

*Тема 2.4. Синхронізація в КПД.*

*Тема 2.5. Багатоканальні системи.*

*Розділ 3. Канали передачі даних по ЛЕП та РЕМ, в якому розглядаються особливості та принципи побудови каналів передачі даних по ЛЕП та РЕМ.*

*Тема 3.1. Високочастотні КПД по ЛЕП 110-750 кВ;*

*Тема 3.2. Передача даних по РЕМ 0,4-10 кВ ;*

### Тема 3.3. Оптиволоконні та радіорелейні КПД.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Основні інформаційні ресурси:

1. Інноваційні пріоритети енергетичного комплексу України /під загальною редакцією Шидловського А.К.- Київ: Українські енциклопедичні знаки,2015р.-498 с., з іл.
2. Цифровий зв'язок. Теоретичні основи та практичне примінення / Скляр Бернард. Видання 2: пер. з англ.,-М.с-п. - Київ, Вид-во «Вільямс», 2004. – 1104 с.
3. Автоматичне регулювання в електроенергетичних системах. Підручник / Яндульський О.С., Заболотній У.П., Кобазев В.П. Донецьк – Ноулідж, 2020-189 с.
4. Основи та засоби передачі інформації в електроенергетиці. Канали передачі даних. Частина 1. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для виконання лабораторного практикуму / О.С. Яндульський, О.В. Тимохін, А.О. Тимохіна: КПІ ім. Ігоря Сікорського.- Київ: КПІ ім.. Ігоря Сікорського, 2022.- 73 с. <http://ela.kpi.ua/handle>
5. Теорія інформації та кодування: підручник/Жураковський Ю.Л., Полторак В.П.- К. Вища Школа, 2001-255 с.
6. Матеріали для дистанційного вивчення курсу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/16705>

##### Додаткові:

7. Регулювання частоти та потужності електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії: монографія / О. С. Яндульський, А.Б. Нестерко, О.В. Тимохін, Г.О. Труніна. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 200 с.
8. Design of Smart power grid. Renewable Energy systems/ Ali Keyrani. - John Weley. 2011- 566 с.
9. Автоматичне регулювання частоти та потужності в електроенергетичних системах. Навчальний посібник / Яндульський О.С., Лукаш М.П., Стелюк А.О.- Київ, НТУУ «КПІ», Політехнік.2088,-170 с.,
10. Power system SCADA and Smart grids/ Mini S. Thomas, John D. MC Donald.-CRC Press , 2015-316 с.
11. Математичне моделювання систем та процесів. Математичне забезпечення мікропроцесорних пристроїв релейного захисту і автоматики електроенергетичних систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник / О. С. Яндульський, О. О. Дмитренко; під заг. ред. О. С. Яндульського ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 60 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/16601>
12. Основи та засоби передачі інформації в електроенергетиці. Канали передачі даних. Частина 2. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для виконання лабораторного практикуму / О.С. Яндульський, О.В. Тимохін, А.О. Тимохіна: КПІ ім. Ігоря Сікорського.- Київ: КПІ ім.. Ігоря Сікорського, 2022.- 113 с. <http://ela.kpi.ua/handle>
13. Основи та засоби передачі інформації в електроенергетиці. Канали передачі даних. Частина 1. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для виконання модульної контрольної роботи/ О.С. Яндульський: КПІ ім. Ігоря Сікорського.- Київ: КПІ ім.. Ігоря Сікорського, 2022.- 65 с. <http://ela.kpi.ua/handle>
14. Високочастотний зв'язок по лініям електропередачі. Підручник / Мікуцький Г.В., Скитальцев В.С.- Енергія.- 2007.- 440 с.
15. Основи та засоби передачі інформації в електроенергетиці. Канали передачі даних. Частина 3. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для виконання курсового проекту / О.С. Яндульський, О.В. Тимохін, А.О. Тимохіна: КПІ ім. Ігоря Сікорського.- Київ: КПІ ім.. Ігоря Сікорського, 2022.- 73 с. <http://ela.kpi.ua/handle>
16. Передача сигналів по розподільним електричним мережам. Монографія/ Смірнов Б.В., Ільїн А.А.- Київ.: Техвидавництво.2013-423 с.
17. Керування розподільними електричними мережами на основі інформаційно-керуючих систем / Яндульський А.С.,- дис.док.техн.наук.- Київ, 1997, 517 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
	<b>Розділ 1. Інформація в системах керування електроенергетичними об'єктами</b>
1	<p><b>Тема 1.1. Потіки інформації в СК ЕЕО.</b></p> <p><b>Основні питання.</b> Інформація, повідомлення, сигнал. Класифікація, вимоги. Характеристики. Призначення та основні розділи курсу. Місце та функції засобів інформаційного забезпечення в системах керування електроенергетичними об'єктами. Поняття про інформацію, повідомлення, сигнал. Класифікація та вимоги до засобів.</p> <p>Потіки інформацій в системах керування електроенергетичними об'єктами. Просторова, часова та режимна ієрархія потоків інформації.</p> <p>Літературні джерела: [1], [6]- розділ 1</p>
2	<p><b>Тема 1.2. Основи передачі даних.</b></p> <p><b>Основні питання.</b> Загальні відомості про канали передачі даних. Визначення та принцип дії каналу передачі даних. Структурна схема. Класифікація.</p> <p>Літературні джерела: [2], [5], [6]- розділ 1, 2</p>
3	<p><b>Тема 1.3. Теорема Котельнікова.</b></p> <p><b>Основні питання.</b> Перетворення безперервних сигналів в дискретні. Дискретизація. Теорема Котельнікова. Квантування. Спектр безперервних та дискретних сигналів.</p> <p>Літературні джерела: [2], [6]- розділ 1, 2</p>
	<b>Розділ 2. Основи передачі даних</b>
4	<p><b>Тема 2.1. Модуляція і демодуляція в КПД.</b></p> <p><b>Основні питання.</b> Модуляція і демодуляція. Призначення. Класифікація. Основні співвідношення. Амплітудна модуляція та демодуляція. Визначення. Спектр сигналів. Робота КПД з амплітудною модуляцією по структурній схемі. Частотна модуляція. Аналіз спектру сигналів при різних коефіцієнтах девіації. Робота КПД з частотною модуляцією по структурній схемі.</p> <p>Літературні джерела: [2,3], [6]- розділ 2</p>
5	<p><b>Тема 2.1. Частотна модуляція.</b></p> <p><b>Основні питання.</b> Частотна модуляція. Аналіз спектру сигналів при різних коефіцієнтах девіації. Робота КПД з частотною модуляцією по структурній схемі.</p> <p>Літературні джерела: [2,3], [6]- розділ 2</p>
6	<p><b>Тема 2.1. Перехідні процеси в КПД.</b></p> <p><b>Основні питання.</b> Перехідні процеси в КПД при передачі амплітудно-модульованих сигналів. Основні вирази. Аналіз залежностей між характеристиками КПД і параметрами перехідного процесу. Зв'язок між швидкістю модуляції та шиною полоси частот КПД. Обмеження Найквіста.</p> <p>Літературні джерела: [2], [5], [6]- розділ 2, 3 [11]</p>
7	<p><b>Тема 2.2. Завади в КПД.</b></p> <p><b>Основні питання.</b> Завади в КПД. Визначення, класифікація. Основні характеристики адитивних завад. Мультиплікаційні завади. Краєві спотворення та дроблення сигналів в КПД. Методи зменшення впливу завад. Суть, класифікація.</p> <p>Літературні джерела: [2], [6]- розділ 3, [9] – розділ 4</p>
8	<p><b>Тема 2.2. Методи зменшення впливу завад.</b></p> <p><b>Основні питання.</b> Компенсаційний метод та метод ШОВ, зменшення впливу завад. Робота пристроїв по блок-схемі.</p> <p>Літературні джерела: [10], [6]- розділ 2</p>
9	<p><b>Тема 2.3. Методи обробки сигналів.</b></p>

	<p><b><u>Основні питання.</u></b> Методи обробки сигналів. Оптимальний метод. Неоптимальні методи обробки сигналів: стробування, інтегральний, кореляційний. Літературні джерела: [2], [10], [12]</p>
10	<p><b>Тема 2.4. Синхронізація в КПД.</b> <b><u>Основні питання.</u></b> Синхронізація та фазування в КПД. Основні методи синхронізації. Маркерний, безмаркерний та старт-стопний методи фазування. Літературні джерела: [2], [10], [5], [6]- розділ 4</p>
11	<p><b>Тема 2.5. Інформаційні і рішаючі зв'язки в КПД.</b> <b><u>Основні питання.</u></b> Основні характеристики КПД. КПД з інформаційним і рішаючим зворотнім зв'язком. Літературні джерела: [3], [6]- розділ 4, [7],</p>
12	<p><b>Тема 2.5. Багатоканальні системи.</b> <b><u>Основні питання.</u></b> Багатоканальні системи передачі даних. Основні положення побудови. Багатоканальні системи з частотним та часовим розділенням каналів. Багатоканальні системи з розділенням каналів по формі. Літературні джерела: [2], [8], [6]- розділ 6 [13]</p>
13	<p><b>Тема 2.5. Вторинне ущільнення КПД.</b> <b><u>Основні питання.</u></b> Вторинне ущільнення КПД. Фантомні ланцюги. Ущільнення КПД по частоті і в часі. Літературні джерела: [2], [8], [6]- розділ 6</p>
	<b>Розділ 3. Канали передачі даних по ЛЕП та РЕМ</b>
14	<p><b>Тема 3.1. Високочастотні канали передачі даних по ЛЕП 110 – 750 кВ. Принцип дії.</b> <b><u>Основні питання.</u></b> Високочастотні канали по ЛЕП 110 – 750 кВ. Класифікація, принцип дії по схемі фаза-земля. Схеми заміщення. Літературні джерела: [2], [8], [14]- розділ 5,6,8</p>
15	<p><b>Тема 3.1. ВЧ загороджувач та пристрій приєднання до ЛЕП.</b> <b><u>Основні питання.</u></b> Пристрій приєднання до ЛЕП. Склад, основні характеристики та схеми налаштування фільтра приєднання та високочастотного тракту. Високочастотний загороджувач. Основні характеристики та схеми налаштування. Літературні джерела: [6]- розділ 11, [14], [15]</p>
16	<p><b>Тема 3.1. Схеми приєднання та хвильові канали.</b> <b><u>Основні питання.</u></b> Схеми приєднання до ЛЕП: фаза-фаза, провід-провід розщепленої фази, грозозахисний трос-земля. Антена приєднання. Розповсюдження ВЧ-сигналів по ЛЕП. Хвильові канали. Основні положення розрахунку ВЧ-трактів по ЛЕП. Особливість завад в ВЧ-каналах по ЛЕП. Літературні джерела: [6]- розділ 12, [14], [15]</p>
17	<p><b>Тема 3.2. Передача сигналів по розподільним електричним мережам 0,4-10 кВ. Активні методи.</b> <b><u>Основні питання.</u></b> Технологічні, оперативні та соціально-економічні особливості РЕМ як середовища для передачі сигналів. Класифікація методів передачі. Методи на основі частотного ущільнення. КПД по РЕМ на основі конденсатного приєднання, з використанням силового та вимірювального обладнання РЕМ, індуктивного приєднання. Літературні джерела: [6]- розділ 13, [16], [17]</p>
18	<p><b>Тема 3.3. Пасивні методи. Радіо- та оптоволоконні КПД.</b> <b><u>Основні питання.</u></b> Методи пасивного введення сигналів на основі зміни амплітуди і форми напруги РЕМ. Точний метод розрахунку параметрів РЕМ як середовище передачі сигналів. Приблизний та спрощений методи розрахунку РЕМ. Загальні положення про радіо та оптоволоконні КПД. Літературні джерела: [6]- розділ 14, [16], [17]</p>

**Практичні заняття**  
(відсутні)

**Лабораторні заняття**  
(відсутні)

#### **6. Самостійна робота студента**

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	36
2	Виконання МКР	24
3	Підготовка до екзамену	48

#### **Контрольна робота**

- Метою контрольної роботи є закріплення та перевірка теоретичних знань із освітнього компоненту, набуття студентами практичних навичок самостійного аналізу виду та наслідків короткого замикання і розрахунку уставок захистів - дистанційних, диференційних та за струмом.
- Модульна контрольна робота (МКР) виконується після вивчення Розділів 2-3 Кожний студент отримує індивідуальне завдання, відповідно до якого необхідно виконати розрахунки частот та розробити блок-схему багатоканальної системи передачі даних.

#### **Політика та контроль**

#### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за здачу лабораторних робіт;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску 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 нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах та наукових конференціях.
- Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;
- 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 даної дисципліни
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись

загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

**Поточний контроль:** МКР, здача лабораторних робіт.

**Календарний контроль:** провадиться одного разу в семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** екзамен

**Умови допуску до семестрового контролю:** мінімально позитивна оцінка за МКР, виконані та захищені всі лабораторні роботи, семестровий рейтинг більше 40 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання МКР;
- відповіді на екзамені.

МКР	Rc	Рекз	R
40	40	60	100

### Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з розрахунку частот та розробки блок-схеми багатоканальної системи.

Максимальний бал за МКР – 15.

#### Критерії оцінювання

- правильні розрахунок та побудова системи – 100% від кількості балів;
- часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 60-95% від максимальної кількості балів;
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від максимальної кількості балів;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

### Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з трьох теоретичних запитань

Рейтинг Rc в межах  $(0,25 - 0,4) \cdot R$ , тобто 25 – 40 балів – студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену Rz = 60 балів.

Критерії оцінювання кожного з трьох теоретичних екзаменаційних питань

Рейтинг завдання Rz = 20 балів – студент дав вичерпні відповіді на питання, дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг завдання Rz = 16,5 – 19,5 балів – студент дав вичерпні відповіді на питання, дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні, але містять незначні неточності.

Рейтинг завдання  $R_3 = 12,5 - 16$  балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг завдання  $R_3 = 8 - 12$  балів – студент частково відповідає на екзаменаційне питання, показує знання, але недостатньо розуміє суть процесів. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг завдання  $R_3 \leq 7,5$  балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті процесів. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус)**

складено професором кафедри автоматизації енергосистем, д.т.н. Яндульським О.С.

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 11 від 26.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №10 від 23.06.2023р.)