

Рекомендований блок № 1 «Автоматизація енергосистем»



Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра автоматизації
енергосистем

ОСНОВИ І ЗАСОБИ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Електроенергетика та електромеханіка
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна(денна)
Рік підготовки, семестр	I курс / осінній семестр
Обсяг дисципліни	180 годин /6 кредитів ECTS (54 год. лекцій, 18 год. лабораторних занять, 108 год. СРС – за навчальним планом)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен / МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/ 1 лекція (2 год.) 2 рази на 1 тиждень; 1 лабораторне заняття (2 год.) 1 раз на 2 тижні.
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., Лавренова Дарина Леонідівна, d.lavrenova@kpi.ua , uran@fea.kpi.ua Лабораторні: к.т.н., Лавренова Дарина Леонідівна, d.lavrenova@kpi.ua , uran@fea.kpi.ua Заколюдажний Володимир Васильович zakolodyazhnyv@gmail.com
Розміщення курсу	Moodle https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус освітнього компоненту «Основи та засоби передачі інформації в електроенергетиці» (ОЗПІ) складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів другого (магістерського) рівня освіти «Електроенергетика та електромеханіка» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 «Електрична інженерія».

Метою навчальної дисципліни є поглиблення та закріплення у студентів наступних програмних компетентностей:

ЗК02. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.
ФК01. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та

електромеханіки.

ФК06. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК10. Здатність керувати проектами і оцінювати їх результати.

ФК19. Здатність до розуміння та практичного застосування основних положень сучасної теорії керування та засобів автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів.

Предмет навчальної дисципліни – основи теорії інформації, методи перетворення сигналів, кодування та декодування повідомлень, принципи побудови інформаційних мереж в системах керування підстанціями, електростанціями та на диспетчерських пунктах, введення та виведення інформації в автоматизованих системах диспетчерського керування.

Програмні результати навчання, на поглиблення та покращення яких спрямована дисципліна:

ПРН03. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН05. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПРН20. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами.

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

ПРН22. Виконувати моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем в рамках проведення досліджень і вирішення практичних завдань.

ПРН23. Застосовувати положення сучасної теорії керування та засоби автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів з метою забезпечення ефективного керування їх режимними параметрами.

ПРН24. Вміти вирішувати комплексні міждисциплінарні науково-практичні проблеми у сферах електроенергетичних та електромеханічних систем.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти теоретичною базою підготовки рівня бакалавр за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», в тому числі «Вища математика», «Загальна фізика», «Алгоритмізація та програмування електроенергетичних задач», навчальної дисципліни з пакетів прикладних програм для ПЕОМ та навчальної дисципліни з математичних задач енергетики, «Основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці. Частина 1». Компетенції, знання та уміння, посилені в процесі вивчення дисципліни є необхідними для подальшого якісного виконання досліджень за темою магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи теорії інформації

Кількісна міра інформації. Ентропія повідомлень. Умовна ентропія. Надлишковість повідомлень та методи її зменшення. Швидкість передавання символів та інформації.

Розділ 2. Кодування в КПД

Поняття про кодування та декодування в КПД. Кодування в КПД без завад. Кодування в КПД з завадами. Кодування в режимі виявлення та виправлення спотворень.

Розділ 3. Інформаційні мережі (ІМ) систем керування електроенергетичними об'єктами.

Основні поняття про ІМ. Статичні та динамічні характеристики ІМ та задачі їх аналізу. Основні типи ІМ, правила її роботи та методи керування. Методи та вузли комутації повідомлень та пакетів. Маршрутизація та адресація в ІМ. Мережеві протоколи та інтерфейси.

Розділ 4. Телемеханіка та оперативно-інформаційні комплекси в системах керування електроенергетичними об'єктами.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література:

1. Стаднік М. І., Видмиш А. А., Штуць А. А., Колісник М. А. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навчальний посібник. Вінниця:ТОВ «ТВОРИ», 2020. 332 с.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних роботи з дисципліни «Основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці. Частина 2. Методичні вказівки до виконання лабораторного практикуму» [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / О.С. Яндульський, О.В. Тимохін, А.О. Тимохіна; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 90с. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/d5993aeb-18ba-4f5c-ae80-58797a481f43/content>
3. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики: навч. посібник / уклад. : Ю.О. Ушенко, М.С. Гавриляк, М.В. Талах, В.В. Дворжак. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 308 с.
4. Алгоритми та засоби обробки сигналів : навч. посібн. / Ваврук Є., Лашко О., Попович Р. – Львів : СПОЛОМ, 2021. – 240 с. : іл. – Бібл.: с. 237–239
5. Теорія сигналів та електричних кіл. Теорія сигналів : конспект лекцій / укладачі : О. М. Кобяков, О. В. Д'яченко, І. Є. Бражник, Т. О. Протасова. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 125 с.

Додаткова література:

6. Дистанційний курс «Основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці», розміщений на платформі дистанційного навчання "Сікорський" – режим доступу: <https://do.ipkpi.ua/course/view.php?id=3321>.
7. Shannon, Claude Elwood (1998). The mathematical theory of communication. Warren Weaver. Urbana: University of Illinois Press. ISBN 0-252-72546-8. OCLC 40716662.
8. George Markovsky. Information theory – режим доступу: <https://www.britannica.com/science/information-theory/Entropy>
9. ScienceDirect: platform of peer-reviewed literature – Information Theory – режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/information-theory>
10. Основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці: Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізації 141.1640.1 «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії» / Уклад.: О.С. Яндульський, О.В. Тимохін., Д.Л. Лавренова – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – Ч. 2, – 89 с.
11. Батаєв О.П., Ковтун І.В., Корольова Н.А. Теорія електричного зв'язку: Навч. посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. - 630 с.
12. Іващенко П.В. Основи теорії інформації: навч. посіб. / П.В. Іващенко – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2015. – 53 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вивчення дисципліни направлене на засвоєння студентами базових знань та вмінь в області передавання інформації. Головна увага має приділятися набуттю студентами вміння проектувати інформаційні системи для об'єктів електроенергетики. Тобто студент має навчитися визначати кількість інформації в повідомленні, розрахувати швидкість її передавання, кодувати інформацію з використанням різноманітних алгоритмів та проектувати кодуючи та декодуючи пристрої.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Тема 1.1. Кількісна міра інформації. <u>Основні питання:</u> оцінювання кількості інформації; поняття ентропії; оцінювання ентропії за Шеноном та Хартлі. <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
2	Тема 1.2. Ентропія повідомлень. Умовна ентропія. <u>Основні питання:</u> загальна ентропія повідомлень; ентропія об'єднання статистично незалежних повідомлень; умовна ентропія; ентропія об'єднання статистично залежних повідомлень; властивості умовної ентропії; матриці умовної імовірності. <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
3	Тема 1.2. Ентропія повідомлень. Умовна ентропія. <u>Основні питання:</u> ентропія безперервних випадкових повідомлень; окремі випадки визначення ентропії безперервних випадкових повідомлень із різними законами розподілення імовірності. <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
4	Тема 1.3. Надлишковість повідомлень та методи її зменшення. <u>Основні питання:</u> оцінювання надлишковості повідомлень; методи прибирання надлишковості <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
5	Тема 1.4. Швидкість передавання символів та інформації. <u>Основні питання:</u> оцінювання швидкості передавання символів та інформації <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
6	Тема 2.1. Поняття про кодування та декодування в КПД. <u>Основні питання:</u> основні поняття; задачі кодування; основні характеристики кодів. <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
7	Тема 2.1. Поняття про кодування та декодування в КПД. <u>Основні питання:</u> основні характеристики кодів (продовження). <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
8	Тема 2.2. Кодування в КПД без завад. <u>Основні питання:</u> основні завдання кодування за відсутності завад; двійкові коди; двійковий код Грея; алгоритм стиснення інформації Шеннона-Фано; алгоритм стиснення інформації Хаффмана. <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
9	Тема 2.3. Кодування в КПД з завадами. <u>Основні питання:</u> кодування інформації за наявності завад; кодування інформації із надлишком. <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
10	Тема 2.3. Кодування в КПД з завадами. <u>Основні питання:</u> принцип максимальної правдоподібності; задачі проектування

	(створення / вибору) завадостійких кодів; класифікація завадостійких кодів. Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
11	Тема 2.3. Кодування в КПД з завадами. <u>Основні питання</u> : двійкові коди, що виявляють помилки. Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
12	Тема 2.4. Кодування в режимі виявлення та виправлення спотворень. <u>Основні питання</u> : блокові коди, що розділяються (систематичні групові коди); код Хеммінга; матрична форма запису групових кодів (коду Хеммінга); розрахункові параметри коду Хеммінга; пристрої для отримання коду Хеммінга (кодер); пристрої декодування коду Хеммінга (декодер) з виправленням помилок; побудова циклічного коду; пристрої кодування та декодування циклічного коду; Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
13	Тема 2.4. Кодування в режимі виявлення та виправлення спотворень. <u>Основні питання</u> : коди із знаходженням та виправленням помилок; метод групування кодів-супутників; метод розпізнавача помилок. Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
14	Тема 2.4. Кодування в режимі виявлення та виправлення спотворень. <u>Основні питання</u> : алгоритм виправлення помилок декодером циклічного коду; мажоритарне декодування циклічного коду. Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
15	Тема 2.4. Кодування в режимі виявлення та виправлення спотворень. <u>Основні питання</u> : циклічні коди; матрична форма запису циклічного коду. Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
16	Тема 2.4. Кодування в режимі виявлення та виправлення спотворень. <u>Основні питання</u> : знаходження та виправлення пакетів помилок; ітеровані коди; каскадні коди. Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
17	Тема 2.4. Кодування в режимі виявлення та виправлення спотворень. <u>Основні питання</u> : згорткове кодування (рекурентні коди); пристрої кодування та декодування загорткового (рекурентного) коду, виправлення помилок. Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
18	Тема 2.4. Кодування в режимі виявлення та виправлення спотворень. <u>Основні питання</u> : пристрої кодування та декодування загорткового (рекурентного) коду, виправлення помилок (продовження). Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
19	Тема 3.1. Основні поняття про ІМ. <u>Основні питання</u> : основні поняття про інформаційні мережі та системи. Тема 3.2. Статичні та динамічні характеристики ІМ та задачі їх аналізу. <u>Основні питання</u> : основні характеристики ІМ. Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
20	Тема 3.2. Статичні та динамічні характеристики ІМ та задачі їх аналізу. <u>Основні питання</u> : статичні характеристики ІМ та задачі їх аналізу; динамічні характеристики ІМ. Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
21	Тема 3.2. Статичні та динамічні характеристики ІМ та задачі їх аналізу. <u>Основні питання</u> : структури ІМ. Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
22	Тема 3.3. Основні типи ІМ, правила її роботи та методи керування. <u>Основні питання</u> : основні типи ІМ та правила їх роботи; основні методи керування інформаційними потоками (методи комутації) Допоміжні матеріали*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321

23	Тема 3.4. Методи та вузли комутації повідомлень та пакетів. <u>Основні питання:</u> Вузли комутації каналів; пристрій спряження із об'єктом. <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
24	Тема 3.5. Маршрутизація та адресація в ІМ. <u>Основні питання:</u> поняття маршрутизації; поняття адресації; мережеві протоколи; модель OSI. <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
25	Тема 4.1. Телемеханіка та оперативно-інформаційні комплекси в системах керування електроенергетичними об'єктами. <u>Основні питання:</u> інтегровані інформаційно-керуючі системи в електроенергетиці; інтегровані системи збирання та обробки інформації на підстанціях; інтегровані інформаційні мережі підприємств електричних мереж; Інформаційні мережі енергосистем. <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
26	Тема 4.1. Телемеханіка та оперативно-інформаційні комплекси в системах керування електроенергетичними об'єктами. <u>Основні питання:</u> пристрої телемеханіки на електроенергетичних об'єктах; узагальнена структура пристрою телемеханіки (ПТМ); Пристрій телемеханіки типу КУСТ-Б; оперативний інформаційний комплекс ДП (ОІК ДП). <u>Допоміжні матеріали*:</u> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3321
27	МКР

* Допоміжні матеріали до лекційних занять доступні для завантаження виключно здобувачам, які зареєстровані на дистанційний курс «Основи метрології та електричних вимірювань» на Платформі дистанційного навчання «Сікорський» [5].

Лабораторні роботи

Мета циклу лабораторних робіт – практична робота із різними пристроями кодування та передавання інформації, а також інформаційно-керуючими системами, які використовуються в галузі електроенергетики. При виконанні та захисті лабораторних робіт слід приділяти увагу питанням функціонування систем кодування та передавання інформації.

Під час виконання лабораторних робіт (перша половина аудиторного заняття) студенти мають відтворити відповідний «Порядок виконання роботи», зазначений у методичних вказівках. Підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів та підготовка до захисту передбачена в межах самостійної роботи студента. Захист лабораторних робіт відбувається на лабораторних заняттях.

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд. годин
1	Дослідження телевимірювального пристрою низькочастотної системи (на прикладі промислового зразка пристрою ТНЧ-2)	2
2	Дослідження кодоімпульсного пристрою передавання інформації і його часових характеристик (на прикладі промислового зразка пристрою УТК-1)	2
3	Дослідження апаратури ущільнення для розподільчих електричних мереж (на прикладі промислового зразка апаратури типу АСК-РС)	2
4	Дослідження кодоімпульсного пристрою передавання інформації і його метрологічних характеристик (на прикладі промислового зразка пристрою УТК-1)	4
5	Дослідження пристрою виклику телевимірювання-телесигналізації (на прикладі промислового зразка пристрою типу ВРТФ-2Т)	4

6	Дослідження багатоканального кодо-імпульсного пристрою телевимірювання телесигналізації (на прикладі промислового зразка пристрою МКТ-1)	4
ЗАГАЛОМ		18

Практичні заняття

Відсутні.

Модульна контрольна робота (МКР)

Метою МКР є закріплення та перевірка теоретичних знань із освітнього компоненту, набуття студентами практичних навичок розрахунку параметрів передавання інформації, побудови різноманітних кодів та кодуєчих та декодуєчих пристроїв.

Завдання до кожної МКР складається з 2 теоретичних питань та практичної задачі. Приклади задач розглядаються на лекційних та практичних заняттях.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)	Кількість год. СРС
12	Підготовка до аудиторних занять	74
13	Підготовка до МКР	4
14	Підготовка до екзамену	30
ЗАГАЛОМ		108

* Допоміжні матеріали до лекційних та практичних занять доступні для завантаження виключно здобувачам, які зареєстровані на дистанційний курс «Основи метрології та електричних вимірювань» на Платформі дистанційного навчання «Сікорський» [5].

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

Правила відвідування занять.

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 відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях.

Відвідування лабораторних занять студентами є обов'язковими. У разі наявності у студента документа, що виправдовує неможливість його присутності на лабораторних роботах, йому надається можливість виконати роботи за графіком, погодженим з викладачем.

Правила поведінки на заняттях.

Студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Під час виконання модульної контрольної роботи дозволяється користуватися джерелами інформації у паперовому чи електронному вигляді, але забороняється консультуватися зі сторонніми

особами. За несамотійне виконання завдання (після консультації із іншими особами чи колективної наради) всі студенти отримують штрафні бали відповідно РСО дисципліни.

Під час екзамену заборонено користуватися будь-якими джерелами інформації та консультуватися/радитися зі сторонніми особами.

Політика дедлайнів та перескладань.

Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено. У разі наявності у студента документа, що виправдовує неможливість своєчасного проходження модульної контрольної роботи, йому надається можливість дистанційно виконати роботу протягом тижня після його появи на заняттях.

Політика щодо академічної доброчесності.

Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<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 керуватися у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Основи та засоби передачі інформації в електроенергетиці».

При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватися загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

Штрафні та заохочувальні бали

Вид завдання	Кількість балів
несамотійне виконання завдання МКР	- 1 бал за кожну «колективну нараду»
своєчасний (відповідно розкладу занять) захист всіх лабораторних робіт	+ 5 балів

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

Поточний контроль: проводиться за результатами роботи студента на лабораторних заняттях та виконання модульної контрольної роботи.

Вид завдання	Ваговий бал	Кількість	Загальний бал
Виконання лабораторних робіт	5	6	30
Виконання МКР	30	1	30
Складання екзамену	40	1	40
Всього			100

Критерії оцінювання лабораторних робіт:

Максимальна кількість балів, що нараховується за одну лабораторну роботу становить сумарно 5 балів. Вони складаються з наступних оцінок:

- за виконання лабораторної роботи (позитивний вхідний контроль) та належне оформлення звіту (відповідно до вимог, наведених в методичних вказівках) – 0...2 балів,
- за правильність та повноту обрахунків – 0...1 балів,
- за відповідь на теоретичне запитання – 0...1 бал,
- за розв'язок задачі на захисті – 0...1 бал.

Критерії оцінювання МКР:

МКР складається з 2 теоретичних питань і 1 практичної задачі. Максимальна кількість балів за виконання кожної МКР становить 30 балів. Вони складаються з оцінок за кожне завдання.

Критерії оцінювання кожного теоретичного запитання:

- повна відповідь на запитання – 9...10 балів;
- неповна відповідь на запитання, або наявні значні помилки у відповіді – 7...8 балів;
- неповна відповідь на запитання та наявні значні помилки у відповіді – 5...6 балів;
- відповідь незадовільна – 2...4 балів;
- відповідь відсутня – 0 балів.

Критерії оцінювання практичної задачі:

Максимальна кількість балів, що нараховується за одну роботу становить сумарно 10 балів. Критерії оцінювання практичного (індивідуального) завдання:

- розв'язок повний – 8...10 балів;
- розв'язок не повний, або є незначні помилки у розв'язку – 5,5...7,5 балів;
- розв'язок не повний, є незначні помилки у розв'язку – 3...5 балів;
- розв'язок не повний, є значні помилки у розв'язку – 1...3 балів;
- відсутність розв'язку – 0 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр (атестація) як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Проміжна атестація	Мінімальна кількість захищених лабораторних робіт для отримання позитивної атестації	Мінімальна кількість балів для отримання позитивної атестації
<i>I</i>	<i>1</i>	<i>6</i>
<i>II</i>	<i>2</i>	<i>12</i>

Семестровий контроль: екзамен.

Наприкінці семестру студенти мають виконувати екзаменаційну роботу. Екзаменаційна робота складається з 2 теоретичних запитань та 2 практичних задач. Максимальний бал, який студент може отримати за екзаменаційну роботу – 40 балів. Бали за екзаменаційну роботу додаються до балів, набраних за семестр при виконанні лабораторних робіт та модульних контрольних робіт.

Критерії оцінювання теоретичного запитання:

- повна відповідь на запитання – 9,5-10 балів;
- неповна відповідь на запитання – 7,5-9,4 балів;
- неповна відповідь на запитання, або наявні значні помилки у відповіді – 6-7,4 балів;
- відповідь незадовільна – 1-5,9 балів;
- відповідь відсутня – 0 балів.

Критерії оцінювання практичних задач:

- розв'язок повний – 9,5-10 балів;
- розв'язок не повний, або є незначні помилки у розв'язку – 7,5-9,4 балів;
- розв'язок не повний, є незначні помилки у розв'язку – 6-7,4 балів;
- розв'язок не повний, є значні помилки у розв'язку – 1-5,9 балів;
- відсутність розв'язку – 0 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
Не виконані умови допуску	Не допущено

Умови допуску до семестрового контролю: виконання та захист 6 лабораторних робіт.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № 7-177 від 01.10.2020 «Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті».

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем кафедри АЕ, к.т.н., Лавреновою Дариною Леонідівною

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8 від 18.04.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №8 від 27.04.2023 р.)



Автоматичне управління в енергосистемах

Силабус освітнього компоненту

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий(магістерський)</i>
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	<u>Електроенергетика та електромеханіка</u>
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1курс, осінній семестр(для очної форми навчання)
Обсяг дисципліни	180 годин / 6 кредити ECTS (54 годин лекцій, ., 18 годин практичних занять- за навчальним планом)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен / МКР/
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/ 1 лекція (2 години) 2 рази на тиждень; 1 Практичне заняття (2 години) 1 раз на 2 тижні.
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н. доц. Марченко Анатолій Андрійович, marchenko-fea@iit.kpi.ua Практичні: ас. Гулий Володимир Сергійович, hulyi-fea@iit.kpi.ua
Розміщення курсу	Google Classroom https://classroom.google.com/c/MTg4NjQ0NjA1NTMy?cjc=eitt4g7 . https://campus.kpi.ua .

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Автоматичне управління в енергосистемах» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма "Електроенергетика та електромеханіка".

Метою навчальної дисципліни є поглиблення та закріплення у студентів наступних компетентностей:

(ФК01) Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; (ФК06) Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; (ФК14) Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; (ФК19) Здатність до розуміння та практичного застосування основних положень сучасної теорії керування та засобів автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів.

Предмет навчальної дисципліни – фізичні процеси, принципи побудови систем та окремих пристроїв систем керування електроенергетичними системами, а саме: САРЧП (системи автоматичного регулювання частоти та потужності), регулювання напруги та реактивної потужності в енергосистемах, демпфування коливань потужності для підвищення надійності роботи електроенергетичної системи, виявлення та ліквідації асинхронного режиму. Проведення досліджень і аналіз отриманих результатів із використанням сучасних інтелектуальних, інформаційних комп'ютерно-інтегрованих технологій

Програмні результати навчання, на поглиблення та покращення яких спрямована дисципліна: (ПРОЗ) Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах; (ПР23) Застосовувати положення сучасної теорії керування та засоби автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів з метою забезпечення ефективного керування їх режимними параметрами.

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», "Обчислювальна техніка та програмування", «Електричні машини» «Електрична частина станцій і підстанцій», «Електричні мережі та системи», «Перехідні процеси в електроенергетиці», «Промислова електроніка». Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни є необхідними для вивчення дисципліни "Автоматичне управління в енергосистемах" та подальшого якісного виконання досліджень за темою атестаційної роботи.

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти іноземною мовою, оскільки значна частина новітніх технологій в області *автоматичного керування*.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на 5 розділів, а саме:

1. Вступ.

Автоматичне регулювання частоти та активної потужності.

Тема 1,1. Баланс активних потужностей та частота змінного струму

Тема 1,2. Види регулювання частоти та активної потужності

Тема 1,3. Первинне регулювання частоти

Тема 1,4. Вторинне регулювання частоти та активної потужності

Тема 1,5. Методи регулювання частоти та активної потужності

2. Автоматичне регулювання напруги та реактивної потужності

Тема 2.1. Засоби регулювання напруги в енергосистемах.

Тема 2.2 Запобігання порушення статичної стійкості та підтримка допустимих рівнів напруги в магістральних мережах 220-750 кВ ОЕС України.

Тема 2.3. Аналіз впливу ремонтних (аварійних) режимів на рівні напруги за допомогою використання принципу надійності N-1.

Тема 2.4. Ідентифікація та класифікація «критичних місць за напругою» в енергосистемах на базі моделювання режимів за принципом «N-1».

Тема 2.5. Аналіз спільної роботи АРЗ генератора та статичного тиристорного Компенсатора

3. Гнучкі системи передачі на змінному струмі (FACTS-системи).

Тема 3.1. Поздовжня компенсація

Тема 3.2. Поперечна компенсація

Тема 3.3. Сучасні FACTS .

4. Підвищення надійності роботи електроенергетичної системи.

Тема 4.1. Причини та фізична природа коливань потужності, вплив на надійність режимів, актуальність аналізу та необхідність демпфування.

Тема 4.2. Формування критеріїв демпфування коливань потужності.

5. Асинхронний режим в енергосистемах.

Тема 5.1. Ознаки асинхронного режиму. Періодичне змінення кута між несинхронними ЕРС.

Тема 5.2. Ознаки асинхронного режиму. Періодичне змінення (качання) напруги.

Тема 5.3. Ознаки асинхронного режиму. Періодичне змінення (гойдання) струму.

Тема 5.4. Ознаки асинхронного режиму. Періодичне змінення (гойдання) активної потужності.

Тема 5.5. Способи ліквідації асинхронного режиму.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. План розвитку Об'єднаної енергетичної системи України на 2016-2025 роки <https://de.com.ua/uploads/0/1704-%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%BD%2016-25%20%D0%B7%20%D0%B4%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%B8.pdf>
2. <https://www.ukrenergo.energy.gov.ua/> - офіційний сайт Державного підприємства «Національна енергетична компанія "Укренерго"».
3. Автоматизоване та автоматичне управління в енергосистемах: комп'ютерний практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.А. Марченко, В.С. Гулий. - Електронні текстові данні (1 файл: 3,32 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 32с <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/>
4. Автоматизоване та автоматичне управління в енергосистемах: Розрахунок добового графіка навантаження та визначення резерву потужності в енергосистемі. Домашня контрольна робота. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.А. Марченко, В.С. Гулий. - Електронні текстові данні (1 файл: 3,32 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 28 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/>
5. Регулювання напруги в розподільних електричних мережах з відновлюваними джерелами енергії [Електронний ресурс] : монографія / Яндульський О. С., Труніна Г. О., Нестерко А. Б., Настенко Д. В. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 8,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 184 с. – Назва з екрана. URI : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53135>

Додаткові:

6. R. Sastry Vedam Power quality. VAR Compensation in Power Systems, Taylor & Francis Group, LLC, 2009, 268 p.
7. Saccomanno F. Electric power systems. Analysis and Control, IEEE Press Series on Power Engineering, 2005, 728 p.
8. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів: Наказ Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06>.
9. Правила користування електричною енергією: Постанова Національної комісії з питань регулювання електроенергетики України від 31.07.1996 № 28 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0417-96>.
10. Яндульський О. С., Стелюк А. О., Лукаш М. П. Автоматичне регулювання частоти та перетоків активної потужності в енергосистемах/Під загальною редакцією д. т. н. ОС Яндульського //К.: НТУУ «КПІ». – 2010.
11. Яндульський О. С., Заболотний І. П., Кобозев В. П. Автоматичне регулювання в електричних системах. – Донецьк:Ноулідж, 2010. – 189с.
12. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила / – Київ : Індустрія, 2010, 608 с
13. Черемісін М. М., Зубко В.М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням: Посібник для вищих навчальних закладів. — Харків: Факт, 2005.
14. Галузевий керівний документ 34.35.108-2004. Керівні вказівки з протиаварійної автоматики енергосистем. Видання офіційне. - К.: ОЕП «ГРІФРЕ». - 2004. - 41 с.

Навчальний контент

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)
	Розділ 1. Вступ. Автоматичне регулювання частоти та активної потужності.
1	Тема 1,1. Баланс активних потужностей та частота змінного струму Літературні джерела: [1-10]
2	Тема 1,2. Види регулювання частоти та активної потужності Літературні джерела: [1-10]
3	Тема 1,3. Первинне регулювання частоти Літературні джерела: [1-10]
4	Тема 1,3. Первинне регулювання частоти (продовження). Приклади. Літературні джерела: [1-10]
5	Тема 1,4. Вторинне регулювання частоти та активної потужності Літературні джерела: [1-10]
6	Тема 1,4. Вторинне регулювання частоти та активної потужності. (продовження). Приклади. Літературні джерела: [1-10]
7	Тема 1,5. Методи регулювання частоти та активної потужності Літературні джерела: [1-10]
8	Тема 1,5. Методи регулювання частоти та активної потужності (продовження). Приклади. Літературні джерела: [1-10]
	Розділ 2. Автоматичне регулювання напруги та реактивної потужності.
9	Тема 2.1. Засоби регулювання напруги в енергосистемах.

	<i>Літературні джерела: [1-10]</i>
10	Тема 2.2 Запобігання порушення статичної стійкості та підтримка допустимих рівнів напруги в магістральних мережах 220-750 кВ ОЕС України. <i>Літературні джерела: [1-10]</i>
11	Тема 2.2 Запобігання порушення статичної стійкості та підтримка допустимих рівнів напруги в магістральних мережах 220-750 кВ ОЕС України. (продовження) <i>Літературні джерела: [1-10]</i>
12	Тема 2.3. Аналіз впливу ремонтних (аварійних) режимів на рівні напруги за допомогою використання принципу надійності N-1. <i>Літературні джерела: [1-10]</i>
13	Тема 2.4. Ідентифікація та класифікація «критичних місць за напругою» в енергосистемах на базі моделювання режимів за принципом «N-1». <i>Літературні джерела: [1-10]</i>
14	Тема 2.5. Аналіз спільної роботи АРЗ генератора та статичного тиристорного Компенсатора <i>Літературні джерела: [1-11]</i>
15	Тема 2.5. Аналіз спільної роботи АРЗ генератора та статичного тиристорного Компенсатора (продовження). Приклади. <i>Літературні джерела: [1-11]</i>
	Розділ 3. Гнучкі системи передачі на змінному струмі (FACTS-системи).
16.	Тема 3.1 Поздовжня компенсація. Основні положення . Приклади. <i>Літературні джерела: : [1-11]</i>
17.	Тема 3.2. Поперечна компенсація. Основні положення . Приклади <i>Літературні джерела: : [1-11]</i>
18.	Тема 3.3. Сучасні FACTS <i>Літературні джерела: : [1-11]</i>
	Розділ 4. Підвищення надійності роботи електроенергетичної системи.
19.	Тема 4.1 Причини та фізична природа коливань потужності, вплив на надійність режимів, актуальність аналізу та необхідність демпфування. <i>Літературні джерела: : [1-11]]</i>
20.	Тема 4.1 Причини та фізична природа коливань потужності, вплив на надійність режимів, актуальність аналізу та необхідність демпфування. (продовження) <i>Літературні джерела: : [1-11]]</i>
21.	Тема 4.2. Формування критеріїв демпфування коливань потужності. Приклади. <i>Літературні джерела: : [1-11]]</i>
	Розділ 5. Асинхронний режим в енергосистемах
22.	Тема 5.1. Ознаки асинхронного режиму. Періодична зміна кута між несинхронними ЕРС. <i>Літературні джерела: : [1-11]]</i>
23.	Тема 5.2. Ознаки асинхронного режиму. Періодична зміна (качання) напруги. <i>Літературні джерела: : [1-11]]</i>
24.	Тема 5.3. Ознаки асинхронного режиму. Періодичне змінення (гойдання) струму. <i>Літературні джерела: : [1-11]]</i>
25.	Тема 5.4. Ознаки асинхронного режиму. Періодичне змінення (гойдання) активної потужності. <i>Літературні джерела: : [1-11]</i>
26.	Тема 5.5. Способи ліквідації асинхронного режиму. <i>Літературні джерела: : [1-13]</i>
27	МКР

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми практичного заняття	Кількість ауд. годин
1	Заняття 1. Ознайомлення з програмним забезпеченням POWER FACTORY Літературні джерела: [1-11]	4
2	Заняття 2. Регулювання частоти та активної потужності в Енергосистемі Літературні джерела: [1-11]	4
3	Заняття 3. Моделювання роботи автоматичного регулятора збудження генератора та статичного тиристорного компенсатора у динамічних режимах Літературні джерела: [1-11]	4
4	Заняття 4. Дослідження асинхронного режиму в Енергосистемі Літературні джерела: [1-11]	6
	ЗАГАЛОМ	18

Лабораторні заняття (відсутні)

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять Літературні джерела: [1-3, 6, 7]	74
2	Підготовка до МКР Літературні джерела: [4]	4
4	Підготовка до екзамену	30
	Загалом	108

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 відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та комп'ютерному практикуму, 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.

- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання комп'ютерного практикуму передбачає нарахування штрафних балів. 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 дисципліни «Автоматичне управління в енергосистемах»
- 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.

Календарний контроль: провадиться один раз в семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: виконані та захищені всі практичні роботи, семестровий рейтинг більше 30 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 та захист завдання комп'ютерного практикуму;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

виконання та захист завдання комп'ютерного практикуму;	МКР	Rc	Рекз	R
24	36	60	40	100

Виконання та захист завдання комп'ютерного практикуму

Ваговий бал – 6.

Максимальна кількість балів на всіх заняттях – 6 балів * 4 = 24бал.

Критерії оцінювання

- студент не набрав необхідну кількість балів для позитивної оцінки, або не виконав завдання практикуму звіт не представлений – повертається на доопрацювання або відпрацювання у відведені навчальним графіком терміни - 0 балів.

- виконання завдання, самостійне виконання обчислень, моделювання, оформлення звіту досліджень, відповідь на питання до захисту надана з суттєвими помилками – 3,6 балів;

- виконання завдання, самостійне виконання обчислень, моделювання, оформлення звіту досліджень, відповідь на питання до захисту надана з несуттєвими помилками – 4,2 – 5,3 балів;

- виконання завдання, самостійне виконання обчислень, моделювання, оформлення звіту досліджень, відповідь на питання до захисту має неточності – 5,4 – 5,9 балів;

- виконання завдання, самостійне виконання обчислень, моделювання, оформлення звіту досліджень, повна відповідь на питання за темою заняття – 6 балів.

За невчасну подачу звіту нараховуються -0,2 штрафні бали за кожен тиждень затримки.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з двох КР кожна КР з одного теоретичного запитання та практичного завдання.

Ваговий бал теоретичне запитання – 8.

Ваговий бал практичного завдання – 10.

Максимальний бал за МКР (2 КР) – 36.

Критерії оцінювання

- правильні (відповідь на питання / вирішення завдання) – 100% від кількості балів за завдання;
- часткові (відповідь на питання / вирішення завдання), наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за завдання;
- 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 та задачі

Максимальна сума балів складає 40. Необхідною умовою допуску до екзамену, є зарахування РГР, МКР, виконання та захист завдання **лабораторних робіт**, рейтингова оцінка за семестр не менше 0,3R, що дорівнює 30 балів.

Критерії оцінювання екзамену

Рейтинг $r_c \geq 0,9 \cdot R_c$, тобто 54 балів – зараховується за згодою "С" або "В" "добре" оцінку "автоматом"..

Рейтинг R_c в межах $(0,3 - 0,53) \cdot R$, тобто 30 – 53 балів – студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену $R_e = 40$ балів.

Рейтинг екзамену $R_e = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг екзамену $R_e = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг екзамену $Re = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє суть процесів моделювання складних динамічних систем. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг екзамену $Re \approx 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті процесів моделювання складних динамічних систем, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

Заохочувальні бали (до 5) можуть бути нараховані за допомогу у розвитку дисципліни, участь в тестуванні певних розділів та задач.

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

На семестровий контроль виносяться всі теми з переліку лекційних занять. Теоретичні запитання та практичне завдання з лекційного курсу, комп'ютерного практикуму.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус)

складено доцентом кафедри автоматизації енергосистем,
к.т.н. Марченко А. А.

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8
від 18.04.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №8 від 27.04.2023 р.)

Індивідуальні завдання на модульну контрольну роботу

Контрольні завдання до КР1

Питання

1. Який вигляд має рівняння руху ротора синхронного генератора та його рішення?
2. Назвіть причини виникнення та прояви небалансів активної потужності.
3. Чому для підтримання бажаної частоти в ЕЕС треба підтримувати баланс потужностей генерації та навантаження? Зв'язок між балансом активних потужностей та частотою мережі.
4. Для чого графік навантаження ЕЕС поділяють на планову та позапланову складові?
5. Назвіть види регулювання частоти та потужності і чим вони відрізняються.
6. Що таке статична частотна характеристика генерації та споживання?
7. Що таке статизм регулювання і як його визначають?
8. Що таке крутизна с.ч.х. і як вона зв'язана зі статизмом?
9. Який вигляд має статична характеристика регулювання агрегату?
10. Як одержують с.ч.х. генеруючої частини ЕЕС, і чому вона має змінний нахил у діапазоні змінення частоти?
11. Поясніть, чому розподіл навантаження між паралельно працюючими генераторами здійснюється обернено пропорційно коефіцієнтам статизму регулювання?
12. Що таке с.ч.х. споживання та регулювальний ефект навантаження? Як визначають крутизну такої с.ч.х.
13. Як визначають суміщену с.ч.х. генеруючої частини ЕЕС та споживання та її крутизну?
14. Що таке сальдо зовнішніх перетоків ЕЕС?
15. Як забезпечується регулювання частоти і сальдо перетоків в ОЕС?
16. Які рівні регулювання охоплює дія САРЧП в ОЕС та ЕО і чим вони представлені? Які задачі на них вирішуються?
17. Поясніть принцип дії САРЧП на системному рівні.
18. Назвіть режими роботи (регулювання) САРЧП і чим вони відрізняються?
19. Чому на системному рівні САРЧП застосовують пропорційно-інтегральний регулятор?

Типові задачі

1. В ОЕС після відключення генератора сумарна зміна потужностей п'яти генераторів склала $P_{\Sigma} = 500$ МВт. Визначить зміну потужності окремого генератора, якщо статизми АРШ окремих генераторів складають: $S_{Г1} = S_{Г2} = 6\%$, $S_{Г3} = S_{Г4} = 5\%$ і $S_{Г5} = 4\%$. Номінальні потужності генераторів відповідно дорівнюють: $P_{Г1} = P_{Г2} = 500$ МВт, $P_{Г3} = 300$ МВт, $P_{Г4} = P_{Г5} = 800$ МВт.
2. При виникненні стрибкоподібного небалансу активної потужності, зміни активної потужності склали: генерації - $\Delta P_{Г} = 520$ МВт, навантаження - $\Delta P_{Н} = -40$ МВт. Сумарна крутизна с.ч.х. дорівнює $k_{\Sigma}^{OEC} = -3500 \frac{\text{МВт}}{\text{Гц}}$. Визначте відхилення частоти та сумарну зміну активної потужності ΔP в ОЕС. Побудуйте суміщену с.ч.х. генерації та споживання ОЕС
3. В ОЕС відключився генератор. При цьому зміна частоти в ОЕС склала $\Delta f = -0,04$ Гц. Визначте сумарну зміну активної потужності ΔP в ОЕС, а також зміни активних потужностей генерації $\Delta P_{\text{ген}}$ та навантаження $\Delta P_{\text{нав}}$. Сумарна крутизна с.ч.х. генерації в ОЕС дорівнює $k_{Г}^{OEC} = -15000 \frac{\text{МВт}}{\text{Гц}}$, а навантаження $k_{Н}^{OEC} = 1000 \frac{\text{МВт}}{\text{Гц}}$

Контрольні завдання до КР2

Питання

1. Чи є напруга загальносистемним параметром? Поясніть чому.
2. Як впливає зміна напруги на продуктивність роботи споживачів електроенергії?
3. Чим визначається значення напруги у вузлі? Запишіть рівняння балансу реактивних потужностей вузла, до якого підключений шунтувальний реактор (батарея статичних конденсаторів).
4. Які розрізняють способи регулювання напруги? Поясніть детально кожен з них.
5. Яке призначення автоматичного регулятора збудження генератора? Наведіть структурну схему контуру АРЗ – генератор. Поясніть принцип його роботи у разі зниження напруги на генераторній СШ.
6. Що таке «зустрічне регулювання» напруги? Чим це обумовлено?
7. Який принцип дії синхронних компенсаторів та батареї статичних конденсаторів? В чому їх особливості? Яка область їх використання?
8. До системи шин (СШ) підключений СК (БСК). Виконайте аналіз їх роботи у разі зниження напруги на СШ, до якої підключений СК (БСК).
9. Що таке PV-вузол? Чому генератор з АРЗ можна розглядати як PV-вузол? Чим це обумовлено?
10. Наведіть структурну схему регулятора напруги АРЗ. Поясніть принцип його роботи.
11. На СШ підвищилась напруга. Як це вплине на значення активної та реактивної потужностей? Чим це обумовлено?
12. Як впливають зміни значень $T_{ф.р}$ та $u_{f.min}$, $u_{f.max}$ на якість перехідного процесу? Виконайте моделювання. Дайте відповідь використовуючи результати моделювання.
13. Що являють собою системи гнучкої передачі змінним струмом (FACTS-системи)? Яке призначення систем ГПЗС з поздовжньою та поперечною компенсацією?
14. Яке призначення СТК? Який його принцип дії? Наведіть його структурну схему.
15. Навіщо в СТК застосовуються фільтри вищих гармонійних складових? Чим це обумовлено?
16. Наведіть вираз для реактивної потужності СТК? Якими складовими вона визначається?
17. Наведіть характеристику роботи СТК? Яка відмінність між статичною та астатичною характеристиками? Чим визначається кут нахилу характеристики?
18. До СШ підключена БСК. Запишіть вираз для коефіцієнта потужності. Якими складовими він буде визначатися? Чи можна змінити значення коефіцієнту потужності шляхом змінення значення активної потужності?
19. На СШ знизилась напруга. Як це вплине на значення активної та реактивної потужностей? Чим це обумовлено?

Типові задачі

1. У вторинному регулюванні напруги беруть участь 3 генератора та 2 синхронних компенсатора (СК). Параметри генераторів: $P_{гном} = 250 \text{ МВт}$; $\cos \varphi_n = 0,85$. Номінальна потужність окремого СК - $Q_{ск} = 60 \text{ Мвар}$. Визначить коефіцієнти часткової участі генераторів та СК у вторинному регулюванні напруги, якщо їх поточне реактивне навантаження складає: $Q_{г1} = 60 \text{ Мвар}$, $Q_{г2} = 90 \text{ Мвар}$, $Q_{г3} = 80 \text{ Мвар}$, $Q_{ск1} = 30 \text{ Мвар}$, $Q_{ск2} = 40 \text{ Мвар}$.
2. До системи шин (СШ) підстанції 110 кВ, напруга на якій в усталеному режимі підтримується на рівні 108 кВ, підключено статичний тиристорний компенсатор (СТК). Внаслідок відключення ЛЕП в мережі напруга на СШ зменшилась до 105 кВ. Визначить зміну потужності генерації СТК, якщо коефіцієнт його статизму дорівнює $S_{СТК} = -0,2 \frac{\text{кВ}}{\text{Мвар}}$
3. До системи шин (СШ) підстанції 110 кВ підключено статичний тиристорний компенсатор (СТК). Задана уставка за напругою - 110 кВ. Внаслідок відключення лінії електропередачі напруга знизилась до 105 кВ. Визначить зміну реактивної потужності СТК, якщо його статизм складає $S_{СТК} = -4\%$, а номінальна потужність - $Q_{ск} = 150 \text{ Мвар}$.



Спецпитання з виробництва та розподілу електроенергії

Силабус освітнього компоненту

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістр)</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>ВИБІРКОВІ, цикл професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин / 5 кредитів ECTS (54 години лекцій, 36 годин лабораторних робіт - за навчальним планом)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/ 1 лекція (2 години) 3 рази на два тижні; 1 лабораторне заняття (2 години) 1 раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: 1) Заколюдажний Володимир Васильович, zakolodyazhny-fea@ill.kpi.ua, 2) Хоменко Олег Володимирович, homenko-fea@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom https://classroom.google.com/c/NjA5NjI4MjM2MDQ1?cjc=acxejmj (частина 2) https://classroom.google.com/c/NjA5NzA3Mzg4MDIw?cjc=ivipozt (частина 1)</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус освітнього компоненту «Спецпитання з виробництва та розподілу електроенергії» складений відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів ОНП з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма "Електроенергетика та електромеханіка".

Метою навчальної дисципліни є закріплення у студентів наступних загальних та фахових спеціальних **компетентностей**: К01. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; К02. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій; ФК04. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; ФК06. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; ФК18. Здатність до

створення математичних та імітаційних моделей електроенергетичних та електромеханічних систем.

Предмет навчальної дисципліни – розробка проекту релейного захисту системної та протиаварійної автоматики електричної мережі. Вибір пристроїв захисту та автоматики. Розрахунок уставок пристроїв захисту та автоматики.

Розгляд методів другого порядку для моделювання і оптимізації ustalених режимів роботи ЕЕС, формування статистичних моделей, регулювання напруг і генерація реактивної потужності в електричній мережі, оптимізаційні задачі АСДУ.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна: ПРО2. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні; ПРО7. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах; ПР22. Виконувати моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем в рамках проведення досліджень і вирішення практичних завдань; П23. Застосовувати положення сучасної теорії керування та засоби автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів з метою забезпечення ефективного керування їх режимними параметрами.

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

При вивченні дисципліни використовуються знання з попередніх за навчальним планом дисциплін: основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці, автоматичне управління в енергосистемах. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни є необхідними для наукової роботи за темою магістерської дисертації, проходження практики та подальшого якісного виконання магістерської дисертації.

2. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна структурно розподілена на **2 частини**, а саме:

Частина 1. Проектування та експлуатація систем захисту, керування та автоматики.

Опис. Релейний захист магістральних ліній електропередач. Загальні поняття експлуатації систем РЗА. Організація робіт у пристроях РЗА. Експлуатація кіл напруги пристроїв РЗА. Пристрої РЗА генераторів, блоків та автотрансформаторів. Газовий захист. Диференційний захист шин станцій і підстанцій. Диференційний захист шин станцій і підстанцій. Основні захисти ПЛ 110-330 кВ. Резервні захисти ПЛ 110-330 кВ. Режим заземлення нейтралей. Пристрої АВР 35-110 кВ. Прискорення земляного захисту на паралельних лініях. Апаратура каналів протиаварійної автоматики і релейного захисту. Автоматичне повторне включення (ТАПВ, ШАПВ, ОАПВ). Пристрій резервування відмови вимикачів (ПРВВ). Пристрої відбору напруги на лініях для АПВ і синхронізації. Поводження захисту при хитаннях і несинхронних вмиканнях. Мікропроцесорні пристрої РЗА ПЛ-330 кВ. Мікропроцесорні пристрої РЗА АТ 330/110 кВ.

Частина 2. Математичні задачі енергетики. Спеціальні питання

Складається із 5-ти розділів:

- 1. Математичні моделі для аналізу і оптимізації режимів роботи ЕЕС**, в якому в узагальненому вигляді розглядаються питання моделювання схем і режимів роботи електричних мереж ЕЕС, оптимізації їх режимів.
- 2. Методи другого порядку в задачах моделювання і оптимізації режимів роботи ЕЕС**, в якому розглядаються апроксимаційні моделі другого порядку для моделювання і оптимізації режимів роботи ЕЕС, алгоритми їх застосування.

3. **Статистичні моделі при аналізі режимів роботи ЕЕС** , де розглядаються питання формування і розрахунку статистичних моделей для застосування їх при аналізі режимів роботи ЕЕС.
4. **Регулювання напруги і реактивної потужності в ЕЕС**, в якому розглядаються методи і основні засоби регулювання напруги в електричних мережах.
5. **Оптимізаційні задачі АСДУ**, в якому розглядаються технологічні задачі оптимізації, область допустимих режимів і введення режимів в ОДР, оцінювання стану електричної системи.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література.

1. **Електричні мережі та системи: Конспект лекцій [Електронний ресурс]** : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: С. П. Шевчук, О. В. Мейта. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 167 с.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48808/1/Elektrychni_merezhi_ta_systemy.pdf
2. **Математичні задачі енергетики. Частина 1: Моделювання і аналіз усталених режимів роботи електричних систем [Електронний ресурс]**: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / КПІ ім. І. Сікорського; укладач: О.В. Хоменко. - Електронні текстові дані (1 файл: 4,473Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 108 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/49048>
3. **Конспект лекцій. «Спецпитання з виробництва та розподілу електроенергії. Частина 1. Проектування та експлуатація систем захисту, керування та автоматики».** для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / Укл.: В.В. Заколюжний, О. Хоменко – Київ: КПІ, 2023 –167 с.
4. **Методичні вказівки до практичних робіт. «Спецпитання з виробництва та розподілу електроенергії. Частина 1. Проектування та експлуатація систем захисту, керування та автоматики».** для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / Укл.: В.В. Заколюжний, О.В. Хоменко – Київ: КПІ, 2023 – 26 с.
5. **Навчальний посібник. Проектування електроенергетичних і електромеханічних систем та пристроїв. Релейний захист.** Навчальний посібник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка, електромеханіка. / Є.І. Сокол, О.Г. Гриб, В.М. Баженов та ін. – Харків, ФОП Бровін О.В., 2020, 128 с.

Додаткова література.

- 1 **Правила улаштування електроустановок.** Офіц. вид. – К.: Форт, Мінпаливенерго України, 2017.
- 2.. **Конспект лекцій з дисципліни «Електричні мережі та системи» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/** Укл.: к.т.н., доцент Ключев О.В. – Кам'янське: ДДТУ, 2019, 196 стор.
https://www.researchgate.net/publication/344830261_Projektuvanna_elektroenergeticnih_i_elektromehanicnih_sistem_ta_pristroiv_Relejnij_zahist
3. **Методичні вказівки «Математичні задачі енергетики» для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"** / Укл.: І.О. Переверзев, В.В. Зінзура – Кропивницький: ЦНТУ, 2018 –73 с.
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/8151/1/MathTasks%20Energ.pdf>

4. Журахівський, А.В., Яцейко А.Я., Бахор З.М. Оптимізація режимів електроенергетичних систем: навч. посібник для вузів / А.В. Журахівський та ін.; Держ. ун-т "Львівська політехніка – Львів, 2018. - 180 с.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття (у зв'язку з перерозподіленням аудиторних годин із-за меншої кількості студентів у групі - 4 лекційні години)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
	Частина 1. Проектування та експлуатація систем захисту, керування та автоматики
1	Вступне заняття. Загальні поняття експлуатації систем РЗА Організація робіт у пристроях РЗА Літературні джерела: [5, 6]
2	Експлуатація кіл напруги пристроїв РЗА Літературні джерела: [5, 6]
3	Пристрої РЗА генераторів, блоків та автотрансформаторів Літературні джерела: [5, 6]
4	Газовий захист Літературні джерела: [5, 6]
5	Диференційний захист шин станцій і підстанцій Літературні джерела: [5, 6]
6	Пристрої АВР 35-110 кВ Літературні джерела: [5, 6]
7	Основні захисти ПЛ 110-330 кВ Літературні джерела: [5, 6]
8	Резервні захисти ПЛ 110-330 кВ Літературні джерела: [5, 6]
9	Прискорення земляного захисту на паралельних лініях Літературні джерела: [5, 6]
10	Апаратура каналів протиаварійної автоматики і релейного захисту Літературні джерела: [5, 6]
11	Автоматичне повторне включення (ТАПВ, ШАПВ, ОАПВ) Літературні джерела: [5, 6]
12	Пристрій резервування відмови вимикачів (ПРВВ) Літературні джерела: [5, 6]
13	Мікропроцесорні пристрої РЗА ПЛ-330 кВ Літературні джерела: [5, 6]
14	Мікропроцесорні пристрої РЗА АТ 330/110 кВ. МКР Літературні джерела: [5, 6]
15	Мікропроцесорні пристрої РЗА ПЛ-330 кВ Літературні джерела: [5, 6]
16	Мікропроцесорні пристрої РЗА АТ 330/110 кВ. МКР Літературні джерела: [5, 6]

	Частина 2. Розділ 1. Математичні моделі для аналізу і оптимізації режимів роботи ЕЕС
17.	Математичні моделі схеми і режимів роботи режимів роботи електричної мережі ЕЕС: Схеми заміщення, системи рівнянь усталеного режиму, методи розв'язання систем рівнянь усталеного режиму. Розв'язання систем рівнянь усталеного режиму. Заключні обчислення параметрів режиму: струмозподіл в мережі, потужності, втрати потужності, баланс потужності в ЕЕС. Математичні моделі для оптимізації режимів роботи ЕЕС: критерій оптимізації режимів, цільова функція, обмеження при оптимізації. Методи врахування обмежень. Математичні методи оптимізації. Літературні джерела: [1, 3]
	Розділ 2. Методи другого порядку в задачах моделювання і оптимізації режимів роботи ЕЕС
18.	Формування апроксимаційної моделі усталеного режиму роботи електричної мережі Літературні джерела: [1, 2]
19.	Методи нульового, першого і другого порядків для розв'язання систем рівнянь усталеного режиму. Загальний алгоритм розв'язання систем рівнянь усталеного режиму методами першого і другого порядків. Приклади розв'язання систем рівнянь усталеного режиму методами другого порядку. Літературні джерела: [1, 2]
	Методи другого порядку в оптимізаційних задачах. Апроксимаційна модель оптимізації. Літературні джерела: [1, 2]
20.	Узагальнений метод Ньютона. Загальний алгоритм оптимізації з використанням методів другого порядку. Літературні джерела: [1, 2]
	Розділ 3. Статистичні моделі при аналізі режимів роботи ЕЕС
21.	Визначення і формування статистичних моделей. Основні визначення. Види регресійних залежностей. Алгоритм обчислення коефіцієнтів регресії. Розрахунок простих статистичних моделей. Розрахунок простих статистичних моделей: Лінійна однофакторна статистична модель. Лінійна двофакторна та багатфакторна статистичні моделі. Квадратичні одно- та дво- факторні статистичні моделі. Приклади розрахунку моделей. Літературні джерела: [2]
	Розділ 4. Регулювання напруги і реактивної потужності в електроенергетичній системі
22.	Вплив напруги на техніко-економічні показники споживачів та елементів електричної системи Літературні джерела: [2, 3]
23.	Методи і засоби регулювання напруги Літературні джерела: [3]
24.	Регулювання напруги трансформаторами з РПН. Закони регулювання напруги трансформаторами з РПН. Деякі технічні засоби регулювання напруги. Літературні джерела: [3]
25.	Компенсація реактивної потужності в електричних мережах Літературні джерела: [3]

	Розділ 5. Оптимізаційні задачі АСДУ
26.	Технологічні питання оптимізації режимів роботи електричних мереж Літературні джерела: [1, 2]
27.	Область допустимих режимів. Введення режимів в допустиму область Літературні джерела: [1, 3] МКР

Лабораторні заняття

№ з/п	Тема лабораторного заняття	Кількість ауд. годин
1	Розрахунок системи компаундування генератора	2
2	Влаштування несинхронного АПВ	2
3	Методика розв'язання АПВСС	4
4	Розрахунок диференційного захисту трансформатора	4
5	Розрахунок уставок диференційного захисту з гальмуванням на понижуючих трансформаторах	4
6	Автоматичне форсування збудження і роззбудження синхронного генератора	4
7	Розрахунок релейного форсування турбогенератора ТГВ-300 при його роботі з машинним збуджувачем ВТ-1600	4
8	Розрахунок режиму роботи АРЗ генератора ТВВ-165-2	4
9	Розрахунок режимів роботи пристроїв струмового компаундування і узгодженого коректора	4
10	Розрахунок системи компаундування генератора	4
	ЗАГАЛОМ	36

Практичні заняття – не передбачені

Контрольна робота

- Метою контрольної роботи є закріплення та перевірка теоретичних знань із освітнього компоненту, набуття студентами практичних навичок.
- Модульна контрольна робота (МКР) виконується в два етапи - після вивчення Частини 1 і Частини 2. Кожний студент отримує індивідуальне завдання, відповідно до якого необхідно відповісти на тестові запитання та розв'язати задачі.

Самостійна робота студентів

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
	Підготовка до аудиторних занять	50
	Підготовка до МКР	4
	Підготовка до заліку	6
	ЗАГАЛОМ	60

Політика та контроль

5. 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.

- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації 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. Штрафні бали нараховують за несвоєчасну подачу студентом лабораторних робіт.*
- *політика дедлайнів та перескладань: 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 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.*

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

Поточний контроль: МКР.

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: позитивні оцінки (>59 балів) на календарному контролі і на кожному з 9 лабораторних занять.

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 лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);

Виконання лабораторних робіт	МКР	R
80	20	100

Якщо наприкінці семестру після проходження всіх контрольних заходів з дисципліни студент отримав не менше ніж 60 рейтингових балів, а також виконав умови допуску до семестрового контролю, він отримує позитивну оцінку відповідно набраних протягом семестру рейтингових балів.

Лабораторні роботи складаються з 10 робіт. Кожна робота може мати оцінку до 8 балів
Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях – $8.0 \text{ балів} * 10 = 80.0 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання

- лабораторна робота не виконана або протокол не представлений – повертається на відпрацювання або доопрацювання - 0 балів.
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана повністю помилковою – 0,5- 1,0 бали;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з суттєвими помилками – 1,1 -1,5 бали;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з несуттєвими помилками – 1,6 -2,5 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту має ряд неточностей – 2,6 -4,5 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту має одну неточність – 4,6-7,9 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, повна відповідь на питання за темою роботи – 8 балів.

Модульна контрольна робота.

Складається з відповідей на тестові запитання.

Модульна контрольна робота складається з чотирьох практичних задач.

Ваговий бал задачі № 1 – 5 балів;

Ваговий бал задачі № 2 – 5 балів;

Ваговий бал задачі № 3 – 5 балів;

Ваговий бал задачі № 4 – 5 балів;

Максимальний бал за МКР – 20 балів.

Критерії оцінювання

- правильне розв'язання задачі – 100% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за задачу;
- 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 – залік

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань та двох практичних завдань (задач).

Критерії оцінювання залікової роботи

Ваговий бал кожної задачі – 30.

Ваговий бал кожного теоретичного питання – 20.

Максимальний бал за залікову роботу – 100.

Критерії оцінювання задачі

- правильне розв'язання задачі – 100% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за задачу;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Критерії оцінювання теоретичного питання

- студент дав вичерпну відповідь на питання, дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні – 18-20 балів;

- майже вичерпна відповідь, наявність незначних неточностей – 15-17 балів;
- часткова відповідь, показує знання, але недостатньо розуміє суть процесів, наявність незначних неточностей – 7-14 балів;
- часткова відповідь, недостатнє розуміння суті процесів, наявність значних помилок – 1-6 балів;
- відсутність відповіді – 0 балів.

7. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Математичні моделі для аналізу і оптимізації режимів роботи ЕЕС.
2. Методи другого порядку в задачах моделювання і оптимізації режимів роботи ЕЕС
3. Статистичні моделі при аналізі режимів роботи ЕЕС
4. Оптимізаційні задачі АСДУ
5. Регулювання напруги і реактивної потужності в ЕЕС
6. Проектування та експлуатація систем захисту, керування та автоматики.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № 7-177 від 01.10.2020 Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус)

складено доц. каф. АЕ Хоменко О.В., асистент Заколюдажний В.В.

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8 від 18.04.2023 р.)

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

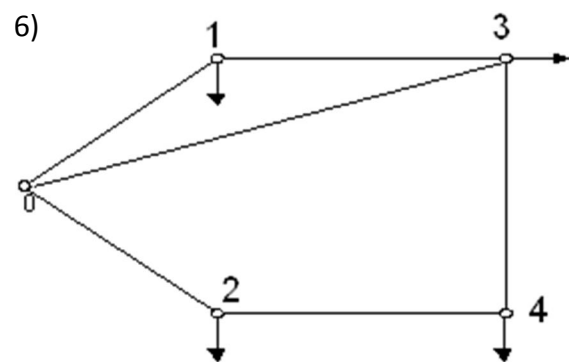
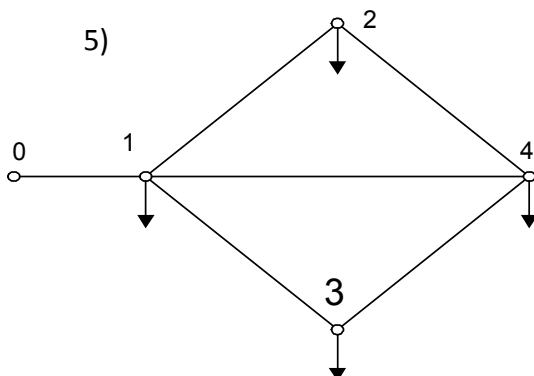
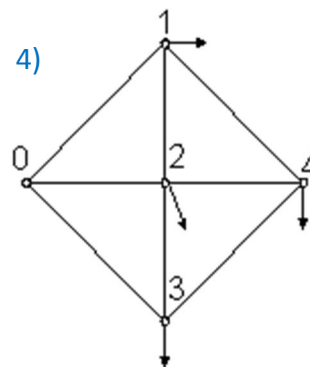
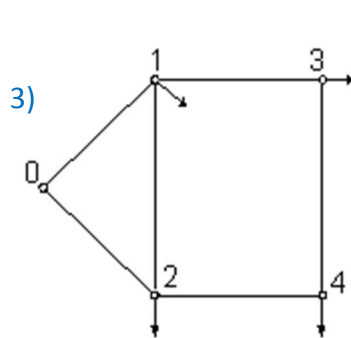
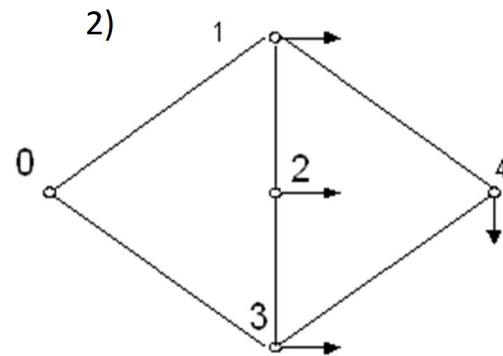
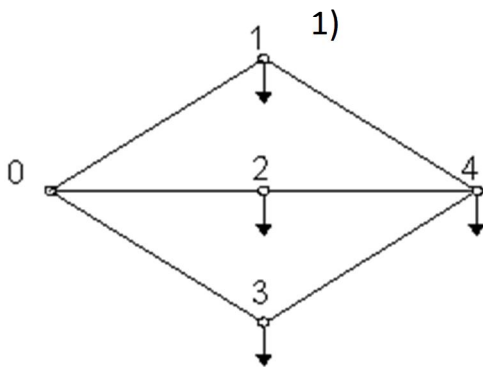
Індивідуальні завдання на модульну контрольну роботу

ЗАДАЧА 1. Для заданої схеми мережі сформува­ти систему рівнянь усталеного режиму і викона­ти її апроксимацію у вигляді системи квадратичних рівнянь (СКР).

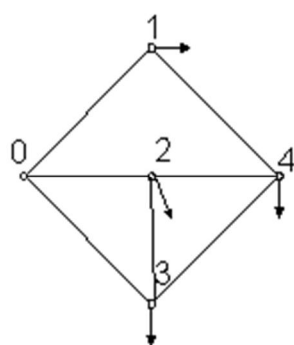
Відомі:

- схема електричної мережі (5 вузлів);
- на­пру­га опорного вузла U_0
- про­від­но­сті ділянок Y_{ij}
- активні потужності у вузлах P_1, P_2, P_3, P_4

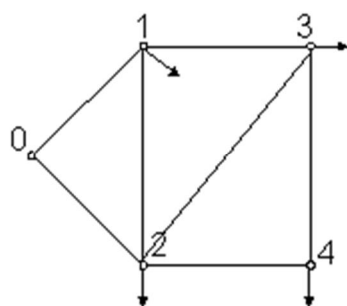
Варіанти схем електричної мережі:



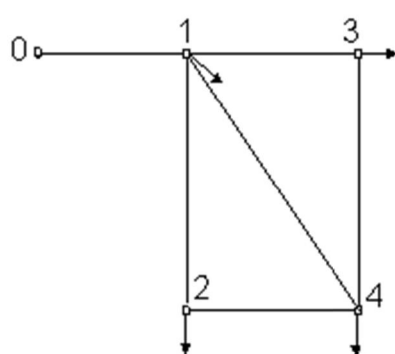
7)



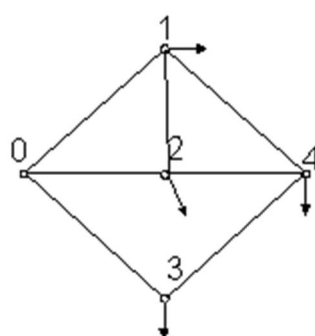
8)



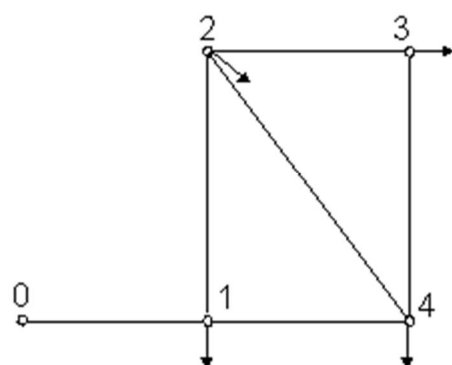
9)



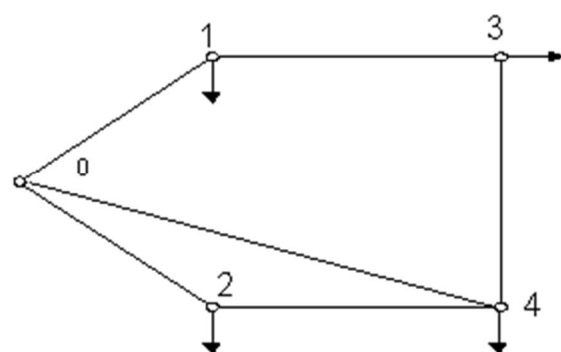
10)



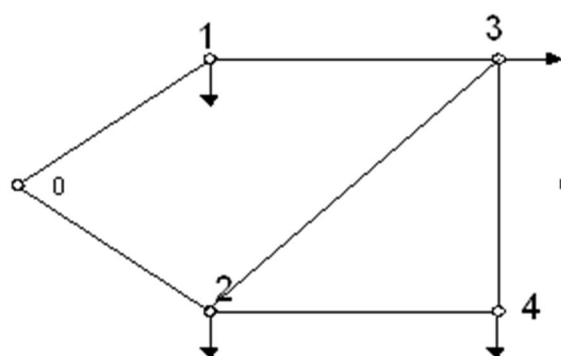
11)



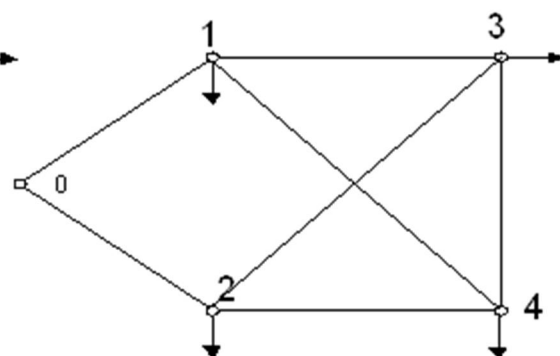
12)



13)



14)



ЗАДАЧА 2. На основі заданих статистичних рядів звітних значень визначальних факторів (потужності навантаження у міжсистемних ЛЕП) і досліджуваного показника (сумарні втрати активної потужності в мережі) сформувавши регресійну залежність втрат потужності від навантаження ЛЕП, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати потужності при прогнозованому значенні потужностей.

ВАРІАНТИ завдань:

Варіант № 1

На основі заданих статистичних рядів звітних значень визначальних факторів (потужності навантаження у двох міжсистемних ЛЕП) і досліджуваного показника (сумарні втрати активної потужності в мережі) сформувавши *двохфакторну лінійно-квадратичну* регресійну залежність втрат від навантаження ЛЕП, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати потужності при прогнозованому значенні потужностей $P_{1п}$ і $P_{2п}$.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_{1t}	11	14	14	20	13	10	11	12	10	16
P_{2t}	10	13	16	21	13	9	11	12	10	13
$\Delta P_{\Sigma t}$	21	23	22	26	21	17	21	21	19	21
$P_{1п}$	10									
$P_{2п}$	15									

Варіант № 2

На основі заданих статистичних рядів звітних значень визначального фактора (потужність навантаження у міжсистемній ЛЕП) і досліджуваного показника (сумарні втрати електроенергії в мережі) сформувавши *однофакторну лінійну* регресійну залежність втрат від навантаження, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати енергії при прогнозованому значенні потужності $P_{п}$.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_t	10	15	16	20	13	9	11	12	10	14
ΔW_t	20	22	23	26	21	18	21	21	19	23
$P_{п}$	18									

Варіант № 3

На основі заданих статистичних рядів звітних значень визначального фактора (потужність навантаження у міжсистемній ЛЕП) і досліджуваного показника (сумарні втрати електроенергії в мережі) сформувавши *однофакторну квадратичну* регресійну залежність втрат від навантаження, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати енергії при прогнозованому значенні потужності $P_{п}$.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_t	11	14	15	20	13	10	11	12	10	16
ΔW_t	20	22	23	26	21	18	21	21	19	23
$P_{п}$	9									

Варіант № 4

На основі заданих статистичних рядів звітних значень визначальних факторів (потужності навантаження у двох міжсистемних ЛЕП) і досліджуваного показника (сумарні втрати електроенергії в мережі) сформувавши *двохфакторну лінійну* регресійну залежність втрат від навантаження ЛЕП, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати енергії при прогнозованому значенні потужностей $P_{1п}$ і $P_{2п}$.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P1t	11	14	15	20	13	10	11	12	10	16
P2t	10	15	16	20	13	9	11	12	10	14
ΔWt	21	22	22	26	21	17	21	21	19	22
P1п	6									
P2п	21									

Варіант № 5

На основі заданих статистичних рядів звітних значень визначальних факторів (потужності навантаження у двох міжсистемних ЛЕП) і досліджуваного показника (сумарні втрати електроенергії в мережі) сформувавши *двохфакторну лінійно-квадратичну* регресійну залежність втрат від навантаження ЛЕП, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати енергії при прогнозованому значенні потужностей $P_{1п}$ і $P_{2п}$.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P1t	11	14	15	20	13	10	11	12	10	16
P2t	10	15	16	20	13	9	11	12	10	14
ΔWt	21	22	22	26	21	17	21	21	19	22
P1п	6									
P2п	21									

Варіант № 6

На основі заданих статистичних рядів звітних значень визначальних факторів (потужності навантаження у двох міжсистемних ЛЕП) і досліджуваного показника (сумарні втрати електроенергії в мережі) сформувавши *двохфакторну квадратичну* регресійну залежність втрат від навантаження ЛЕП, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати енергії при прогнозованому значенні потужностей $P_{1п}$ і $P_{2п}$.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P1t	11	14	15	20	13	10	11	12	10	16
P2t	10	15	16	20	13	9	11	12	10	14
ΔWt	21	22	22	26	21	17	21	21	19	22
P1п	6									
P2п	21									

Варіант № 7

На основі заданих статистичних рядів звітних значень визначальних факторів (потужності навантаження у двох міжсистемних ЛЕП) і досліджуваного показника (сумарні втрати електроенергії в мережі) сформувавши *двохфакторну лінійно-квадратичну* регресійну залежність втрат від навантаження ЛЕП, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати енергії при прогнозованому значенні потужностей $P_{1п}$ і $P_{2п}$.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P1t	10	14	14	20	13	10	11	12	10	16
P2t	10	15	16	21	13	9	11	12	10	15
ΔWt	21	22	22	26	21	17	21	21	19	22
P1п	9									
P2п	19									

Варіант № 8

На основі заданих статистичних рядів звітних значень визначальних факторів (потужності навантаження у двох міжсистемних ЛЕП) і досліджуваного показника (сумарні втрати активної

потужності в мережі) сформувати *двохфакторну квадратичну* регресійну залежність втрат від навантаження ЛЕП, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати потужності при прогнозованому значенні потужностей $P_{1п}$ і $P_{2п}$.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_{1t}	12	14	15	21	13	10	11	12	10	15
P_{2t}	10	16	13	20	13	9	11	12	10	17
$\Delta P_{\Sigma t}$	21	23	22	26	24	17	21	21	19	21
$P_{1п}$	8									
$P_{2п}$	15									

Варіант № 9

На основі заданих статистичних рядів звітних значень визначальних факторів (потужності навантаження у двох міжсистемних ЛЕП) і досліджуваного показника (сумарні втрати активної потужності в мережі) сформувати *двохфакторну лінійну* регресійну залежність втрат від навантаження ЛЕП, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати потужності при прогнозованому значенні потужностей $P_{1п}$ і $P_{2п}$.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_{1t}	15	14	14	20	14	10	11	12	11	16
P_{2t}	9	15	16	21	13	9	13	12	10	14
$\Delta P_{\Sigma t}$	20	22	22	26	20	17	22	21	19	23
$P_{1п}$	18									
$P_{2п}$	13									

Варіант № 10

На основі заданих статистичних рядів звітних значень визначального фактору (потужність навантаження у міжсистемній ЛЕП) і досліджуваного показника (сумарні втрати активної потужності в мережі) сформувати *однофакторну квадратичну* регресійну залежність втрат від навантаження, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати потужності при прогнозованому значенні потужності $P_{п}$.

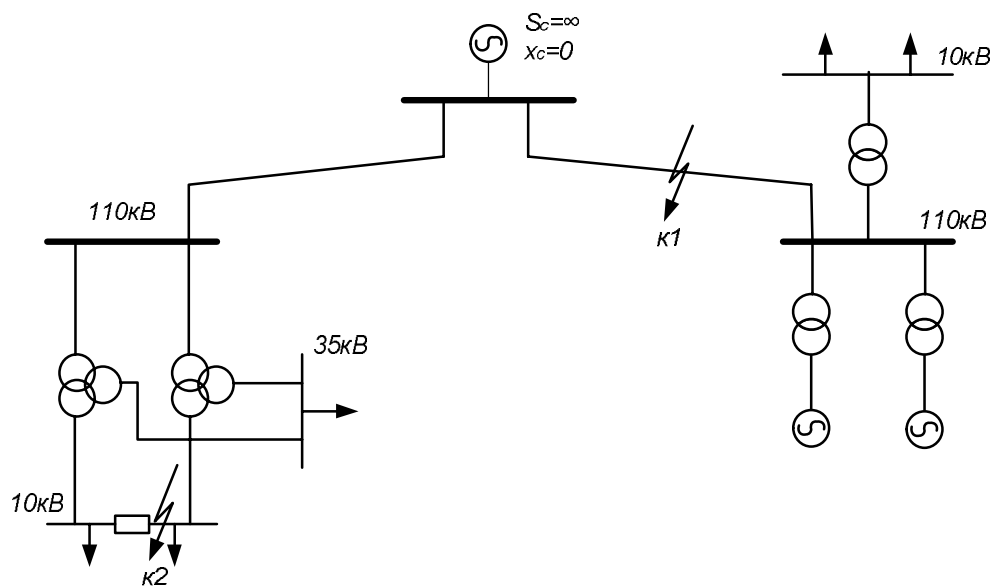
t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_t	10	15	15	20	14	10	11	12	10	17
$\Delta P_{\Sigma t}$	21	22	24	26	21	19	21	21	19	22
$P_{п}$	19									

Варіант № 11

На основі заданих статистичних рядів звітних значень визначальних факторів (потужності навантаження у двох міжсистемних ЛЕП) і досліджуваного показника (сумарні втрати активної потужності в мережі) сформувати *двохфакторну лінійно-квадратичну* регресійну залежність втрат від навантаження ЛЕП, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати потужності при прогнозованому значенні потужностей $P_{1п}$ і $P_{2п}$.

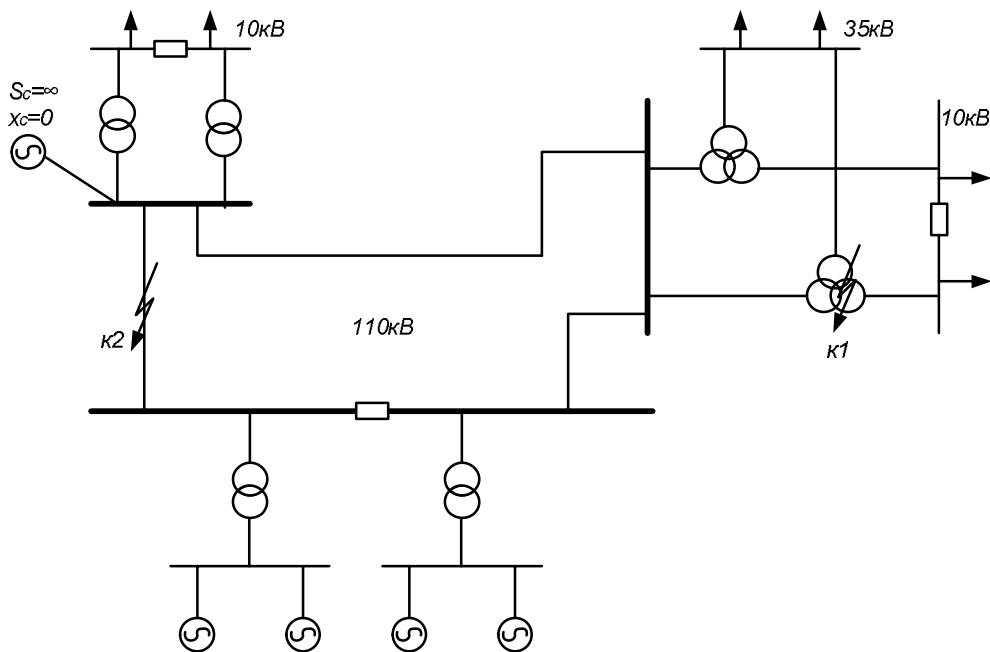
ЗАДАЧА 3.

1. Вибрати пристрої РЗА для заданого вузла енергосистеми.
2. Описати спрацювання пристроїв РЗА при пошкодженні в точках $K1$ та $K2$.



ЗАДАЧА 4.

1. Вибрати пристрої РЗА для заданого вузла енергосистеми.
2. Описати спрацювання пристроїв РЗА при пошкодженні в точках $K1$ та $K2$.





ПЕРЕХІДНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

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, ПВ4</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS / 150 годин(лекцій - 54, лабораторних робіт - 36, самостійна робота - 60)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР,РГР</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н. Бардик Євген Іванович ,0501881731 Лабораторні: Вожаков Роман Вікторович, vozhakovr@fea.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxk</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів: «Електроенергетика та електромеханіка», галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є підсилення та покращення у студентів наступних компетентностей:

ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК07. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

ЗК09. Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням.

ФК04. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК05. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК11. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем
ФК15. Здатність публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях.

ФК16. Здатність до моделювання, розрахунку та аналізу параметрів перехідних процесів в електроенергетичних та електромеханічних системах.

Програмні результати навчання:

ПРН01. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем.

ПРН02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПРН05. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПРН07. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН22. Виконувати моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем в рамках проведення досліджень і вирішення практичних завдань.

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 «Теоретична механіка» та «Теоретичні основи електротехніки». Дисципліна «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» подає теорію електромеханічних перехідних процесів. При вивченні питань, пов'язаних з аналізом статичної, динамічної та результуючої стійкості ЕЕС потрібні також знання теорії електричних машин і апаратів, трансформаторів, основ теорії надійності, релейного захисту та автоматики енергосистем; значну увагу приділено питанням застосування комплексів програм розрахунку перехідних процесів в задачах формування керуючих впливів протиаварійної автоматики.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на **7 розділів**, а саме:

- 1. Вступ до дисципліни «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах». Загальні відомості про перехідні процеси. Основні поняття і визначення**, до якого ввійшли питання ,пов'язані з класифікацією та характеристиками режимів роботи ,видів перехідних процесів електричних систем ,принципів формування заступних схем електричних систем ,визначенням стійкості і методів її дослідження ,якості перехідних електромеханічних процесів.
- 2. Кутові характеристики потужності найпростішої системи при незначних зміннях швидкості генератора відносно синхронної**, до якого ввійшли питання побудови векторних діаграм та визначення основних співвідношень у найпростіших системах з неявнополюсними та явно полюсними синхронними машинами ,принципів побудови ,математичного опису і алгоритмів функціонування сучасних систем збудження, якісного аналізу і кількісного визначення внутрішньої межі потужності найпростішої системи ,визначення активної і реактивної потужностей у найпростішій системі .
- 3. Дійсна межа потужності системи. Статична стійкість системи з двома електричними станціями** , до якого ввійшли питання визначення активних і реактивних потужностей в

складних системах з довільним числом елементів ,визначення дійсної межі потужності двох машинної системи ,отримання математичного критерію статичної стійкості електричної системи з двома електростанціями .

4. **Стійкість електричної системи при великих збуреннях і малих змінах швидкості генераторів (динамічна стійкість)** , до якого ввійшли питання, пов'язані з вибором системи відносних одиниць основних параметрів електромеханічних перехідних процесів ,застосування способу площин при аналізі динамічної стійкості ,розрахунковим дослідженням динамічної стійкості електричної системи в аварійному , після аварійному і в режимі після АПВ ,формування диференціальних рівнянь руху ротора і методів їх розв'язання .
5. **Асинхронні режими, ресинхронізація і результуюча стійкість в електричних системах** , до якого ввійшли питання ,пов'язані з причинами переходу та характеристиками асинхронних режимів роботи електричних систем, визначення параметрів системи в асинхронному режимі роботи , ресинхронізації і несинхронних включень в електричних системах .
6. **Статична стійкість складних електричних систем. Процеси при невеликих збуреннях**, до якого ввійшли питання аналізу статичної стійкості складних електричних систем методами теорії малих коливань Ляпунова, статичної стійкості найпростіших нерегульованих систем і систем облаштованих АРЗ, самозбудження в електричних системах, застосування різних критеріїв для аналізу стійкості електричних систем з постійними коефіцієнтами .
7. **Заходи щодо покращення стійкості і якості перехідних процесів електричних систем**, до якого увійшли питання, пов'язані із структурою функціями протиаварійної автоматики, застосуванням найбільш ефективних керуючих впливів протиаварійної автоматики, заходами щодо підвищення стійкості і якості перехідних процесів в електричних системах.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Тептя В.В. Електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах : електронний конспект лекцій комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / В. В. Тептя, В. В. Кулик. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 183 с
2. Експлуатація та режими роботи електростанцій: нормальні, допустимі і аномальні режими синхронних генераторів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Є. І. Бардик. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,69 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 107 с. – Назва з екрана. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48390>

Додаткові:

3. Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Є. І. Бардик, Р. В. Вожаков, М. П. Болотний. – Електронні текстові дані (1 файл: 1.3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 100 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57392>
4. СОУ-Н МЕН 40.1–00100227 -68:2012. Стійкість енергосистем. Керівні вказівки. Настанова. – К.:Міністерство палива та енергетики України, 2012.–29 с
5. Друга редакція додатку до кодексу системи передачі «Стійкість енергосистем. Керівні вказівки» НЕК «Укренерго».

6. Жежеленко, Ю.А. Папайка, Л.І. Несен, за ред.Г.Г. Півняка ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 5-те вид., доопрац. та допов. – Дніпро : НГУ, 2016. – 600 с.
7. Перехідні процеси в енергетиці : [Навчальний посібник] / В.В. Козирський, О.В. Гай. – К. : ЦП «Компринт», 2016. – 489 с.
8. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х.: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
9. Єгоров О. Б. Перехідні процеси в електроенергетичних установках з відновлюваними джерелами: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітня програма «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії») / О. Б. Єгоров, М. Л. Глєбова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 89 с.
10. Є. І. Бардик, О. Л. Бондаренко, «Оцінка режимної надійності електроенергетичної системи на основі визначення індексу ризику при відмовах вузлів навантаження з відповідальними споживачами», Технічні науки та технології: науковий журнал, вип. 2, с. 105-118, 2019. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-2\(16\)-105-117](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-2(16)-105-117).
11. Є. І. Бардик, М. П. Болотний, і О. Л. Бондаренко, «Визначення ризику порушення нормального режиму енергосистеми при плановому і аварійному виведенні з експлуатації електрообладнання», Вісник ВПІ, вип. 2, с. 54-62, Київ 2021.<https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-155-2-54-62>.
12. Є. І. Бардик, О. Л. Бондаренко, І. В. Заклюка «Аналіз методів і алгоритмів дослідження режимної надійності енергосистем в умовах каскадного розвитку відмов», Відновлювана енергетика, вип. 3, 2023.12с.[https://doi.org/10.36296/1819-8058.2023.3\(74\).6-17](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2023.3(74).6-17)
13. Є. І. Бардик, Я. С. Коваль. Моделі вузлового навантаження в задачах оцінки і прогнозування ризику виникнення аварійних ситуацій в електроенергетичних системах. Відновлювана енергетика. 2022. №4. С.26—36. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.4\(71\).26-36](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.4(71).26-36).

Навчальний контент

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)
1	Вступ до дисципліни «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах». Режим роботи електричних систем. Види перехідних процесів Режим роботи електричних систем і їх класифікація. Нормальні та аварійні усталені і перехідні режимів електричних систем. Умови існування режиму. Вимоги, що пред'являються до режимів електричних систем і розрахунків перехідних електромеханічних процесів. Причини виникнення електромеханічних перехідних процесів. Призначення розрахунків перехідних електромеханічних процесів і вимоги, що пред'являються до них. Види перехідних процесів. Література: [1-3,6-8]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 1
2	Формування розрахункової заступної схеми електричної системи для дослідження електромеханічних перехідних процесів. Основні положення, що приймаються при аналізі. Параметри елементів розрахункових схем, необхідні для розрахунку

	електромеханічних перехідних процесів. Заступні схеми основних силових елементів системи (ЛЕП, трансформатори, синхронні генератори, асинхронні двигуни). Статичні і динамічні характеристики силових елементів системи. Поняття про найпростішу, просту і складну системи. Характеристика потужності синхронних генераторів електростанцій. Література: [1-3, 7,9]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 2
3	Стійкість електричних систем. Методи дослідження стійкості . Поняття стійкості електричної системи. Статична, динамічна і результуюча стійкість електричних систем. Методологія дослідження статичної стійкості електричних систем. Критерій статичної стійкості найпростішої системи. Розрахункова схема системи для дослідження стійкості. Фізична картина процесів в найпростішій системі при великих збуреннях. Література: [1-3, 5-9]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 3
4	Векторна діаграма синхронних машин в режимі неробочого ходу за наявності навантаження . Визначення миттєвих значень струму, напруги електрорушійної сили в трифазній системі. Узагальнений вектор трифазної системи. Магнітні потоки в синхронній машині. Синхронна ЕРС. Синхронний індуктивний опір по повздовжній та поперечній осі. Перехідна ЕРС, перехідний і надперехідний опір по повздовжній і поперечній осі. Векторна діаграма СГ за наявності навантаження. Література: [1,4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 4
5	Векторна діаграма і основні співвідношення між параметрами в найпростішій системі, що містить неявнополюсному СМ. Векторна діаграма системи з неявнополюсними генераторами і алгоритм її побудови. Основні залежності між параметрами СМ і системи. Визначення активної та реактивної потужності. Література: [1,4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 5
6.	Векторна діаграма і основні співвідношення між параметрами в найпростішій системі, що містить явнополюсні синхронні машини. Векторна діаграма для найпростішої системи з явно полюсними генераторами. Алгоритм побудови векторної діаграми. Формули для визначення активної і реактивної потужності системи з явнополюсними синхронними генераторами. Основні залежності між параметрами СМ і системи. Кутів характеристики потужності. Визначення розрахункових значень напруг ЕРС, струмів і кутів. Література: [1,4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 6
7.	Внутрішня межа потужності найпростішої системи. Фізична картина впливу системи регулювання збудження і частоти обертання турбіни на пропускну здатність системи. Векторна діаграма системи при зміні навантаження і дії регулювання збудження СГ. Характеристики активної і реактивної потужності СМ при різних законах регулювання напруги. Розрахунок внутрішньої межі потужності. Література: [1,4,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 7

8.	Характеристики потужності системи з довільним числом елементів. Заступна схема складної системи. Метод накладання для визначення струмів у гілках системи. Власні і взаємні опори і провідності вузлів. Визначення власних і взаємних провідностей способом перетворення і одиничних струмів. Формули для визначення активних і реактивних потужностей окремих вузлів системи. Література: [1,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 8
9.	Дійсна межа потужності електричної системи. Вихідна і заступні схеми системи з генераторами співрозмірної потужності. Побудова дійсної характеристики потужності системи. Залежності напруги у вузлі навантаження від навантаження. Характеристики потужності при різному рівні зниження напруги. Література: [1,6,7,9]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 9
10.	Дійсна межа потужності двохмашинної електричної системи. Вихідна розрахункова схема двохмашинної системи. Визначення параметрів вихідного режиму і заступної Т-подібної схеми системи. Визначення дійсної межі потужності і коефіцієнтів запасу за статичною стійкістю, за умови $Z_H = const$. Критерії статичної стійкості у випадку двох електростанцій. Література: [1,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 10
11.	Система відносних одиниць основних параметрів електромеханічних процесів. Система відносних одиниць. Вирази для часу, кута, швидкості, прискорення, потужності кінетичної енергії руху ротора в іменованих і відносних механічних і електричних величинах. Фізична суть деяких параметрів, що характеризують рух ротора. Література: [1,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 11
12.	Динамічна стійкість електричної системи в аварійному режимі. Заступна схема системи у вихідному і аварійному режимі. Визначення параметрів системи у вихідному режимі і аварійному режимі. Побудова характеристики потужності найпростішої системи в аварійному режимі. Коливання генераторів. Енергетичні співвідношення при коливаннях. Подання процесів на фазовій площині. Метод площин і спрощений критерій, що витікає з нього. Якість перехідного процесу в аварійному режимі. Література: [1-4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 12
13.	Динамічна стійкість електричної системи в післяаварійному режимі і в режимі після АПВ. Заступні схеми системи і визначення параметрів електричної системи в післяаварійному режимі і в режимі після АПВ. Побудова характеристик потужності генератора в післяаварійному режимі і в режимі після АПВ. Визначення граничного кута відключення та АПВ. Формування заключення щодо стійкості системи в післяаварійному режимі і режимі після АПВ. Література: [1-4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 13
14.	Диференціальні рівняння руху ротора, форми їх запису і методи розв'язання. Особливості диференціального рівняння руху ротора при великих збуреннях і малих зміненнях швидкості. Фізична суть механічної сталої інерції. Форми запису диференціального

	рівняння руху ротора. Метод послідовних інтервалів чисельного інтегрування рівняння руху ротора. Визначення граничного часу відключення і АПВ для різних видів коротких замикань. Література: [1-4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 14
15	Асинхронна робота синхронних машин в системі. Причини виникнення асинхронного режиму (втрата збудження, порушення динамічної і статичної стійкості). Процес випадання з синхронізму і перехід в усталений асинхронний режим. Характеристики генератора в асинхронному режимі роботи. Змінення активної, реактивної і асинхронної потужностей генератора та напруги в асинхронному режимі. Література: [1,4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 15
16	Визначення параметрів системи в асинхронному режимі, ресинхронізація і результуюча стійкість. Параметри і характеристики елементів електричних системи при асинхронних режимах. Визначення напруги у вузлах схеми. Електричний центр коливань. Умови ресинхронізації асинхронно працюючого генератора. Вплив змінення збудження синхронних генераторів на процес ресинхронізації. Результуюча стійкість і загальні підходи до її розрахунку. Література: [1,4,6,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 16
17	Несинхронні включення (НВ) в електричних системах. Основні причини несинхронних включень в енергосистемі. Вихідні припущення та умови допустимості несинхронних включень синхронних машин. Заступна схема системи, основні параметри елементів для аналізу процесів НВ. Моменти на валу генератора при несинхронному включенні збуджених синхронних генераторів. Критерії допустимості несинхронного включення для турбогенераторів і гідроенераторів. Література: [1,4,7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 17
18.	Статичні і динамічні характеристики основних елементів навантаження електричних систем. Загальна характеристика і склад споживачів вузлів навантаження електричних систем. Статичні характеристики окремих елементів навантаження. Синхронні компенсатори, конденсатори і комплексне навантаження. Характеристики двигунового навантаження. Формули для визначення активної і реактивної потужності асинхронних двигунів. Вплив змінення напруги і частоти мережі на стійкість роботи електродвигунів. Статичні характеристики синхронних компенсаторів і комплексного навантаження електричних систем. Динамічні характеристики двигунового навантаження. Література: [1,6,7,10,13]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 18
19.	Статична стійкість електричних систем і малі коливання відносно стану рівноваги . Основні задачі дослідження статичної стійкості. Фізичні закономірності перехідних процесів, що визначають статичну стійкість. Математичне формування задачі. Підходи щодо аналізу статичної стійкості систем за першим наближенням. Теорема Ляпунова щодо статичної стійкості систем за першим наближенням. Необхідні і достатні умови статичної стійкості. Алгебраїчний критерій Гурвіца. Література: [1-3,5-7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 19

20.	Статична стійкість найпростішої нерегульованої системи . Рівняння невеликих коливань для найпростішої нерегульованої системи без урахування збудження. Характер коренів і виду перехідного процесу при незначному відхиленні кута δ. Характер процесів в найпростішій системі. Саморозгойдування. Умови виникнення і фізика саморозгойдування. Література: [1-3,5-7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 20
21	Статична стійкість найпростішої системи з генераторами, облаштованими АРЗ. Рівняння невеликих коливань для найпростішої регульованої електричної системи. Характеристичне рівняння, що відповідає розглядаємому перехідному процесу. Методи визначення характеру коренів характеристичного рівняння. Вплив коефіцієнтів підсилення системи АРЗ генератора на область статичної стійкості. Література: [1-3,5-7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 21
22.	Самозбудження в електричних системах . Причини і умови виникнення самозбудження. Параметри синхронного генератора і систем, що забезпечують можливість самозбудження. Граничні значення і зони змінення параметрів за яких самозбудження можливе. Синхронне і асинхронне самозбудження. Література: [1-3,5-7]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 22
23.	Структура і функції протиаварійної автоматики. Загальна характеристика структури протиаварійної автоматики. Автоматика запобігання порушення стійкості паралельної роботи, ліквідації асинхронного режиму, обмеження зниження напруги та розвантаження обладнання. Основні операції, що реалізують завдання протиаварійного регулювання. Функціональна і апаратна структура підсистеми автоматики попередження порушення стійкості. Література: [1,6,7,12,15-17]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 23
24.	Керуючі впливи протиаварійної автоматики. Загальна характеристика керуючих впливів ПА. Види керуючих впливів для забезпечення статичної і динамічної стійкості. Відключення генераторів електростанцій. Забезпечення необхідного рівня дозування відключення генераторів. Наслідки відключення генераторів та засоби їх обмеження. Імпульсне розвантаження турбін (IPT). Спрощена модель турбіни для аналізу IPT. Залежність швидкості і глибини розвантаження турбіни від амплітуди і тривалості імпульсу. Форми імпульсу. Література: [1,6,7,14-16]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 24
25.	Керуючі впливи протиаварійної автоматики. Тривале розвантаження турбін, відключення навантаження. Тривале розвантаження турбін. Засоби реалізації. Комбіноване управління потужністю турбіни при IPT. Відключення навантаження для забезпечення статичної стійкості після аварійних режимів. Література: [1,6,7,16-18]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 25

26.	Керуючі впливи протиаварійної автоматики. Форсування збудження, зміна уставки за напругою, електричне гальмування генератора. Форсування збудження та зміна уставки АРЗ по напрузі генераторів. Електричне гальмування генераторів (ЕГ) для підвищення динамічної стійкості. Інтерпретація фізичної суті ЕГ на кутовій діаграмі і на фазовій площині. Література: [1-4,6,7,14]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 26
27.	Основні заходи, для покращення стійкості. Заходи для покращення динамічної і статичної стійкості. Експлуатаційні і режимні заходи. Покращення характеристик основних елементів електричних систем: реактивний опір генераторів, гранична напруга збудника, механічна стала інерції, параметри демпферних обмоток, регулювання збудження, параметри синхронних компенсаторів і силових трансформаторів, швидкодія високовольтних вимикачів, напруга ЛЕП. Вплив активного опору, що заземлює нейтраль трансформатора на динамічну стійкість. Установки для електричного гальмування генераторів під час аварій. Література: [1-4,6,7,14-17]. дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» лекція 27

Практичні заняття-не передбачено
Лабораторні роботи

Кільк. ауд. годин	Короткий зміст лабораторної роботи
4	Ознайомлення з устаткуванням і схемою електричних з'єднань електродинамічної моделі (ЕДМ) кафедри електричних станцій . Проведення оперативних перемикачів . Мета роботи – Ознайомлення з принципами фізичного моделювання електричних систем, складом і характеристиками устаткування ЕДМ, схемою електропостачання і головною схемою електричних з'єднань ЕДМ електростанції . Література: [2], дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxx ,лабораторна робота №1 .
4	Моделювання перехідних електромеханічних процесів в електроенергетичній системі на ЕДМ. Керування ЕДМ . Мета роботи – Ознайомлення з роботою окремих елементів ЕДМ ,режимами керування ЕДМ електростанції (подача напруги, включення ,відключення ,набирання навантаження,розвантаження силових агрегатів) / Література: [2], дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxx , лабораторна робота №2.
4	Експериментальне визначення параметрів елементів ЕДМ . Мета роботи – Ознайомлення з методами експериментального визначення параметрів електричних систем ,необхідних для аналізу статичної і динамічної стійкості ЕДМ .

	Література: [2], дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxx , лабораторна робота №3.
4	Дослідження статичної стійкості найпростішої нерегульованої системи . Мета роботи – Ознайомлення з методикою експериментального і аналітичного дослідження статичної стійкості найпростішої нерегульованої системи . Література: [2], дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxx , лабораторна робота №4.
4	Дослідження статичної стійкості найпростішої регульованої системи . Література: [2], с.41-47. Мета роботи – Ознайомлення з методикою експериментального і аналітичного дослідження статичної стійкості найпростішої регульованої системи . Література: [2], дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxx , лабораторна робота №5.
4	Дослідження впливу на динамічну стійкість різної тривалості трифазного короткого замикання від шин станції . Мета роботи – аналітично дослідити вплив на динамічну стійкість найпростішої системи різної тривалості симетричного КЗ . Література: [2], дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxx , лабораторна робота №6.
4	Дослідження впливу на динамічну стійкість віддаленості короткого замикання від шин станції . Мета роботи – аналітично дослідити вплив на динамічну стійкість найпростішої системи різної віддаленості несиметричному КЗ . Література: [2], дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах» , https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxx , лабораторна робота №7.
4	Дослідження несинхронного включення та несинхронного АПВ . Мета роботи – дослідити процеси і перевірити можливість і допустимість несинхронного включення та несинхронного АПВ в різних режимах роботи електричної системи . Література: [2], дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxx , лабораторна робота №8 .

4	Дослідження асинхронного режиму синхронних генераторів електростанцій. Мета роботи – дослідження роботи синхронних генераторів електростанцій в асинхронних режимах: аналіз змінення режимних параметрів, визначення допустимості роботи генераторів та умов їх ресинхронізації. Література: [2], дистанційний курс «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», https://classroom.google.com/c/MTUyODc5NzEyNjc1?cjc=yhmjlxx, лабораторна робота №9 .
---	---

6. Самостійна робота студента

№	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Розділ 1. Тема . Схеми і опори які заміщують синхронну машину при синхронній роботі та за наявності ковзання. Література: [1,4,6,7] .	2
2	Розділ 2. Тема . Врахування активного опору силових елементів найпростішої системи з неявнополюсними генераторами при визначенні внутрішньої активної і реактивної потужностей. Література: [1,4,6,7] .	2
3	Розділ 2. Тема . Сучасні системи збудження синхронних компенсаторів і синхронних двигунів і автоматичного регулювання збудження Література: [1,4] .	2
4	Розділ 2. Векторна діаграма синхронних машин в режимі неробочого ходу за наявності навантаження . Література: [1,2,4,6,7] .	2
5	Розділ 3. Тема . Методи визначення струмів активних і реактивних потужностей елементів складних електричних систем Література: [1,6,7] .	2
6	Розділ 3. Тема . Математичний критерій статичної стійкості системи з двома електростанціями. Література: [1,6,7] .	2
7	Розділ 4. Тема . Спосіб площин при дослідженні стійкості двох електростанцій. Література: [1,4,6,7] .	2
8	Розділ 4. Тема . Коливання ротора синхронної машини, що виникають під дією гармонічної сили. Великі вимушені коливання Література: [1,4,6,9] .	2
9	Розділ 4. Тема . Чисельне розв'язання рівняння відносного руху ротора при врахуванні електромагнітних перехідних процесів Література: [1,6,9,14] .	2
10	Розділ 4. Тема . Методи чисельного інтегрування диференціальних рівнянь руху ротора синхронних машин при великих збуреннях Література: [1,6,14] .	2
11	Розділ 5. Тема . Формули для визначення асинхронного моменту активної і реактивної потужності синхронної машини при втраті збудження	2

	Література: [1,4,7] .	
12	Розділ 5. Тема. Визначення втрат в роторних контурах при асинхронному режимі роботи синхронного генератора. Література: [1,4,7] .	2
13	Розділ 5. Тема . Електромеханічні перехідні процеси при самосинхронізації синхронних генераторів. Література: [1,4] .	2
14	Розділ 5. Несинхронні включення в електричних системах Література: [1,4,6,16] .	2
15	Розділ 6. Умови і процеси пуску асинхронних і синхронних двигунів. Література: [1,6,7] .	2
16	Розділ 6. Тема . Перехідні процеси пуску асинхронних двигунів співрозмірної потужності з потужністю джерела. Література: [1,6,7] .	2
17	Розділ 6. Самозапуск електродвигунів. Розрахунок самозапуску асинхронних і синхронних двигунів. Література: [1,6,7] .	2
18	Розділ 7. Тема . Критерії стійкості лінійної системи з постійними коефіцієнтами Література: [1,6,7] .	2
19	Розділ 7. Тема . Рівняння малих коливань складної системи з генераторами облаштованими АРЗ Література: [1,6,7,14] .	2
20	Розділ 7. Тема . Математичні моделі синхронних машин для аналізу синхронного і асинхронного самозбудження. Література: [1,6,7,14] .	2
21	Розділ 8. Тема. Статичні характеристики енергосистеми(повільне змінення частоти в усталеному режимі). Література: [1,6,7].	2
22	Розділ 8. Тема . Динамічні характеристики енергосистеми при змінненні частоти. Література: [1,6,7].	2
23	Розділ 8. Тема . Математичні моделі турбін і сучасних систем збудження синхронних генераторів Література: [1,4,6,7] .	4
24	Розділ 9. Тема . Заходи режимного характеру для покращення стійкості електричних систем Література: [1,3,10-13] .	2
26	Підготовка до МКР	4
27	Підготовка до заліку	6

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 відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних

заняттях. Відпрацювання лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, 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 захисту лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента.
- 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 з дисципліни **«Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»**, участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за захист лабораторних робіт.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасний захист лабораторних робіт передбачає нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту лабораторних робіт та 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 дисципліни **«Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах»**;
- 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 (РСО)

Поточний контроль: виконання та захист лабораторних робіт, МКР

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

Семестровий контроль: залік

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
Не виконані умови допуску	Не допущено

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

- виконання та захист дев'яти лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи;
- виконання РГР.

Лаб. роботи	РГР	МКР	Рс	Рекз	Р
45	15	40	60		100

Система рейтингових (вагових) балів та критеріїв оцінювання

1. Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 5 балів .

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $9 \times 5 = 45$ балів.

Критерії оцінювання

- 5 балів заслуговують студенти, які без похибок виконали лабораторну роботу, відповіли на всі запитання і дали аналіз результатів;
- 4 бали заслуговують студенти, які з несуттєвими похибками виконали лабораторну роботу і відповіли на запитання
- 2 бали заслуговують студенти, які приймали участь у виконанні лабораторної роботи і відповіли на частину запитань;
- неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу
- 0 балів;

2. Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу. Максимальна кількість балів за виконання РГР – 15.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – 11- 15 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 7 -11 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 1...7 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; здача РГР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -2 за кожен тиждень понад встановлений термін.

3. Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з чотирьох частин: «Кутові характеристики потужності найпростішої системи», «Дійсна межа потужності системи. Статична стійкість системи з двома електричними станціями», «Стійкість електричної системи при великих збуреннях і малих змінах швидкості генераторів (динамічна стійкість)», «Асинхронні режими, ресинхронізація і результуюча стійкість в електричних системах» відповідно. Завдання кожної контрольної роботи складається з двох теоретичних питань і задачі.

Ваговий бал МКР – 40 балів.

Максимальний бал за МКР – 45.

Критерії оцінювання

- 27-40 балів заслуговують студенти, які без похибок виконали роботу, показали вміння використовувати математичні моделі ЕЕС при розрахунках перехідних процесів, дали пояснення при розрахунках та отриманих результатів;
- 17-26 балів заслуговують студенти, які без похибок виконали завдання, дали пояснення отриманих результатів;
- 8-16 балів заслуговують студенти, які з несуттєвими похибками виконали завдання;
- 0 - 7 балів заслуговують студенти, які з принциповими похибками виконали завдання, або зовсім не виконали.

4. Додаткові завдання (заохочувальні бали)

Для покращення рейтингу студент за бажанням студента і згодою викладача може отримати додаткові бали, підготувавши стислий реферат або презентацію на задану викладачем тему або письмову відповідь на дане викладачем запитання (не більше 1 додаткового завдання на 1 студента протягом семестра)

Ваговий бал – 5

Оцінюється викладачем від 0 до 5 балів в залежності від якості підготовленого матеріалу.

Розмір шкали рейтингу R=100 балів.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з **першої проміжної атестації** (8 тижднів) студент матиме не менш ніж **17 балів** (на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 28 балів).

Для отримання «зараховано» з **другої проміжної атестації** (14 тижднів) студент матиме не менш ніж **40 балів** (на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 65 балів).

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до заліку: написання модульної контрольної роботи. Студенти, які протягом семестру не набрали 60 балів або бажають підвищити свою оцінку виконують залікову контрольну роботу, при цьому бали, набрані в семестрі, анулюються.

Ваговий бал залікової контрольної роботи – **100**

Критерії оцінювання залікової контрольної роботи:

- вичерпні відповіді на всі основні, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять; величин – **95...100 балів**;
- в деяких відповідях мають місце певні неточності – **85...94 бали**;
- допускаються окремі помилки, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті перехідних електромеханічних процесів в електроенергетичних системах – **75...84 бали**;
- припускаються суттєві помилки, неповне розуміння основних понять і суті процесів в електроенергетичних системах – **60...74 бали**.
- Незнання матеріалу, нерозуміння основних понять і процесів в електроенергетичних системах – **менше 60 балів**

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Бардином Є.І.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 10 від 17.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 16.06.2023

¹Методичною радою університету— для загальноуніверситетських дисциплін.



Противарійна автоматика

Силабус освітнього компоненту

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістр)</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>Вибіркові компоненти, цикл професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>210 годин / 7 кредитів ECTS (72 лек., 18 прак., 120 СРС, екзамен)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит / МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/ 1 лекція (2 години), 1 практика 1 раз на тиждень;</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: Заколюдажний Володимир Васильович, zakolodyazhny-fea@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom https://classroom.google.com/c/NTkyODM0NTk3MTY1?cjc=w2xojgg</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Противарійна автоматика» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми "Електроенергетика та електромеханіка".

Метою навчальної дисципліни є закріплення у студентів наступних фахових спеціальних компетентностей: K14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; K19. Здатність до розуміння та практичного застосування основних положень сучасної теорії керування та засобів автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів.

Предмет навчальної дисципліни – Предметом дисципліни "Противарійна автоматика" є вивчення студентами принципів побудови та алгоритмів функціонування систем та окремих пристроїв противарійної автоматики електроенергетичних об'єктів, які призначені для підвищення надійності роботи енергосистеми у цілому. Курс включає в себе вивчення пристроїв запобігання перевантаження, ліквідації асинхронного режиму, аварійного зниження та підвищення напруги та частоти. Окрема увага приділяється практичному вмінню комп'ютерного моделювання та аналізу дій пристроїв автоматики. Поглиблюються знання основ роботи електроенергетичних мереж та систем.

Програмні результати навчання, на покращення яких спрямована дисципліна: ПР03. Опанувувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах; ПР23. Застосовувати положення сучасної теорії керування та засоби автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів з метою забезпечення ефективного керування їх режимними параметрами.

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

При вивченні дисципліни використовуються знання з попередніх за навчальним планом дисциплін: «Вища математика», «Загальної фізика», «Вступ до спеціальності», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини» та «Електрична частина станцій і підстанцій», «Електричні мережі та системи», «Перехідні процеси в електроенергетиці», «Промислова електроніка», «Цифрова електроніка в електроенергетиці», «Теорія автоматичного керування», «Релейний захист та автоматика», які є технічною основою для вивчення даної дисципліни.

Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни є необхідними для подальшого якісного виконання досліджень за темою атестаційної роботи.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на кілька тем, а саме:

Тема 1. Базові поняття протиаварійної автоматики.

Тема 2. Види та прояви нестійкості в електроенергетичних мережах.

Тема 3. Пристрої протиаварійної автоматики.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Правила улаштування електроустановок : 2017. – Офіц. вид. – К. :Форт : Мінпаливенерго України. 2017.
2. Елементи цифрових підстанцій: практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Управління, захист та автоматизація енергосистем» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. О. Дмитренко, О. В. Хоменко. – Електронні текстові дані (1 файл: 691,5 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 36 с. – Назва з екрана. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24.06.2022 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол 9 від 17.05.2022 р.). <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48935>
3. Релейний захист і автоматика: Навч. посібник / С.В.Панченко, В.С. Блиндюк, В.М.Баженів та ін.; за ред. В.М. Баженова. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – Ч. 1. – 250 с., рис. 41, табл. 20.
4. Автоматика протиаварійного управління електроенергетичних систем : підручник для студ. зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Є. І. Сокол [та ін.]. – Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. – 216 с.
5. Релейний захист і автоматика: Навч. посібник /С.В. Панченко, В.С. Блиндюк, В.М.Баженів та ін.; за ред. В.М. Баженова. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – Ч. 2. – 276 с., рис. 48, табл. 19.

Додаткові інформаційні ресурси:

6. Букович Н.В. Автоматизація процесу пуску та вмикання на паралельну роботу синхронних машин. – Київ: УМКВО, 1992.
7. Голота А.Д. Автоматика в електроенергетичних системах: Навч. посіб. – К.: Вища шк., 2006. – 367 с.: іл.

8. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник / О. С. Яндульський, О. О. Дмитренко ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 103 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/16600>.

Навчальний контент

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)
1,2	Тема 1. Базові поняття протиаварійної автоматики. Вступне заняття Історія розвитку та необхідність пристроїв ПА. Літературні джерела: [1-8]
3,4	Тема 1. Базові поняття протиаварійної автоматики. Види аварійних збурень та їх наслідки (аварійні явища). Терміни зв'язок, концентрований вузол, мережа, перетин. Літературні джерела: [1-8]
5,6	Тема 1. Базові поняття протиаварійної автоматики. Призначення та склад протиаварійної автоматики. Підсистеми протиаварійної автоматики. Літературні джерела: [1-8]
7,8	Тема 1. Базові поняття протиаварійної автоматики. Види інформації (вимірювання), що може бути необхідною для пристроїв ПА. Керуючі дії протиаварійної автоматики. Літературні джерела: [1-8]
9,10	Тема 1. Базові поняття протиаварійної автоматики. Узагальнена структура пристрою протиаварійної автоматики. Принципи дії, класифікації алгоритмів по керуванню та розрахункам пристроїв протиаварійної автоматики. Літературні джерела: [1-8]
11,12	Тема 1. Базові поняття протиаварійної автоматики. Види (прояви) нестійкості (по куту, частоті і т.п.). Літературні джерела: [1-8]
13,14	Тема 2. Види та прояви нестійкості в електроенергетичних мережах. Визначений та хаотичний розвиток аварійного процесу на сильному зв'язку. Літературні джерела: [1-8]
15,16	Тема 2. Види та прояви нестійкості в електроенергетичних мережах. Нестійкість напруги в мережі (динамічний та статичний процес). "Лавина" напруги. Причинно-наслідковий зв'язок Літературні джерела: [1-8]
17,18	Тема 2. Види та прояви нестійкості в електроенергетичних мережах. Особливості організації релейного захисту в "щільній" мережі. Ближнє та дальнє резервування Літературні джерела: [1-8]
19,20	Тема 2. Види та прояви нестійкості в електроенергетичних мережах. Події (та їх послідовність), що можуть привести до вимикання лінії Літературні джерела: [1-8]
21,22	Тема 2. Види та прояви нестійкості в електроенергетичних мережах. Протиаварійні заходи, що застосовуються в енергосистемах Літературні джерела: [1-8]

23,24	Тема 2. Види та прояви нестійкості в електроенергетичних мережах. Приклади системних аварій. Літературні джерела: [1-8]
25,26	Тема 3. Пристрої протиаварійної автоматики Загальні вимоги до пристроїв ПА Стійкість "в малому" та "в великому" (статична та динамічна) Літературні джерела: [1-8]
27,28	Тема 3. Пристрої протиаварійної автоматики Запас по потужності, що передається по лінії Попередження перевантаження елементу мережі Літературні джерела: [1-8]
29,30	Тема 3. Пристрої протиаварійної автоматики Попередження недопустимого пониження (підвищення) частоти Літературні джерела: [1-8]
31,32	Тема 3. Пристрої протиаварійної автоматики Попередження недопустимого пониження (підвищення) напруги Попередження та ліквідація асинхронного режиму Літературні джерела: [1-8]
33-35	Тема 3. Пристрої протиаварійної автоматики Нерегулярні коливання потужності в перетині Керовані перетини Літературні джерела: [1-8]
36	МКР

Практичні заняття

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість ауд. годин
1	Заняття №1. Побудова електричного кола з бібліотекою powerlib. Літературні джерела: [2]	2
2	Заняття №2. Побудова електричного кола з бібліотекою powerlib. Літературні джерела: [2]	2
3	Заняття №3. Автоматика обмеження зниження частоти (АОЗЧ) Літературні джерела: [2]	2
4	Заняття №4. Автоматика обмеження зниження частоти (АОЗЧ). Літературні джерела: [2]	2
5	Заняття №5. Автоматика обмеження підвищення напруги (АОПН). Літературні джерела: [2]	2
6	Заняття №6. Автоматика обмеження підвищення напруги (АОПН). Літературні джерела: [2]	2
7	Заняття №7. Дослідження пристроїв виявлення синхронних коливань. Літературні джерела: [2]	2
8	Заняття №8. Автоматика запобігання порушення стійкості енергосистеми. Літературні джерела: [2]	2
9	Заняття №9. Дослідження пропускної здатності ліній електропередач. Літературні джерела: [2]	2
	ЗАГАЛОМ	18

Контрольна робота

- Метою контрольної роботи є закріплення та перевірка теоретичних знань із освітнього компоненту, набуття студентами практичних навичок.

- Модульна контрольна робота (МКР) виконується після вивчення Розділу 1. Кожний студент отримує індивідуальне завдання, відповідно до якого необхідно відповісти на тестові запитання та розв'язати задачі.

Самостійна робота студентів

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять Літературні джерела: [1-4]	86
2	Підготовка до МКР Літературні джерела: [1-4]	4
3	Підготовка до іспиту Літературні джерела: [1-4]	30
	ЗАГАЛОМ	120

Політика та контроль

6. 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.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації 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. Штрафні бали нараховують за несвоєчасну подачу студентом лабораторних робіт.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне лабораторних робіт передбачає нарахування штрафних балів. 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 дисципліни «Протиаварійна автоматика»
- 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.

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

Поточний контроль: МКР.

Календарний контроль: провадиться двічі в семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог програми.

Семестровий контроль: іспит

Умови допуску до семестрового контролю: позитивні оцінки (>59 балів) за кожну з 10 лабораторних робіт.

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 та захист практичних завдань;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).
- відповіді на екзамені.

Виконання та захист практичних завдань	МКР	Rc	Рекз	R
40	20	60	40	100

1. Практичні завдання, за кожну роботу:

Кожне практичне завдання оцінюється за 100 бальною шкалою.

За невчасну подачу звіту нараховуються 3 штрафні бали за кожен тиждень затримки (1..7 днів після терміну вказаного викладачем – 3 бали, 8..14 днів – 6 балів, і т.д.).

За кожну роботу студент може отримати:

- “відмінно” – 95-100 балів, повне виконання завдання та відповідь на контрольні запитання (не менше 90% потрібної інформації);
- «добре» - 75-84 бали та «дуже добре» 85-94 бали, дано відповіді на переважну більшість тестових питань, та робота містить несуттєві помилки при виконання та оформленні звіту;
- «достатньо» - 60-64 бали та «задовільно» - 65-74 бали, багато помилок у відповідях на тестові запитання, значні помилки при розв'язанні завдання (програма), та при оформленні протоколу та побудові блок-схем алгоритмів програми;
- «незадовільно» - 0 балів, студент не набрав необхідну кількість балів для позитивної оцінки або не здав роботу. Це означає що роботу треба доздати у відведені навчальним графіком терміни.

В кінці семестру для зданих практичних завдань знаходиться середнє арифметичне значення ($(P1+P2+...+P9)/9$, де $P1, P2, ..., P9$ – оцінки за відповідні роботи), отримане значення домножається на коефіцієнт 0.4, тобто переводиться в бали РСО до 40 балів.

2. Модульна контрольна робота. Складається з відповідей на тестові запитання.

Оцінюється за 100 бальною шкалою. Складається з відповідей на тестові запитання і відображає відсоток правильних відповідей на питання тестів. Набрані бали в кінці семестру перераховуються з коефіцієнтом 0.2, що дає від 0 до 20 балів РСО.

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 двох теоретичних запитань

Рейтинг $R_c \geq 0,6 \cdot R$, тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) \cdot R$, тобто 40 – 59 балів – студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену $R_z = 40$ балів.

Критерії оцінювання кожного з двох теоретичних екзаменаційних питань

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

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

Рейтинг завдання $R_z = 12,5 - 16$ 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 $R_z = 8 - 12$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційне питання, показує знання, але недостатньо розуміє суть процесів. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг завдання $R_z \leq 7,5$ 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 асистент Заколюдажний В.В.

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8 від 18.04.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №8 від 27.04.2023 р.)

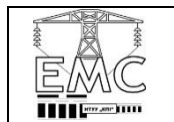
Індивідуальні завдання на модульну контрольну роботу

Для заданих викладачем питань, зі списку нижче, написати відповіді. Результат завантажити у відповідне завдання класруму, у форматі pdf.

1. Історія розвитку та необхідність пристроїв ПА.
2. Види аварійних збурень та їх наслідки (аварійні явища).
3. Терміни зв'язок, концентрований вузол, мережа, перетин.
4. Призначення та склад протиаварійної автоматики.
5. Підсистеми протиаварійної автоматики.
6. Види інформації (вимірювання), що може бути необхідною для пристроїв ПА.
7. Керуючі дії протиаварійної автоматики.
8. Узагальнена структура пристрою протиаварійної автоматики.
9. Принципи дії, класифікації алгоритмів по керуванню та розрахункам пристроїв протиаварійної автоматики.
10. Види (прояви) нестійкості (по куту, частоті і т.п.).
11. Визначений та хаотичний розвиток аварійного процесу на сильному зв'язку.
12. Нестійкість напруги в мережі (динамічний та статичний процес).
13. "Лавина" напруги. Причинно-наслідковий зв'язок
14. Особливості організації релейного захисту в "щільній" мережі. Близьке та дальнє резервування.
15. Події (та їх послідовність), що можуть привести до вимикання лінії.
16. Протиаварійні заходи, що застосовуються в енергосистемах.
17. Приклади системних аварій.
18. Загальні вимоги до пристроїв ПА
19. Стійкість "в малому" та "в великому" (статична та динамічна)
20. Запас по потужності, що передається по лінії.
21. Попередження перевантаження елементу мережі.
22. Попередження недопустимого пониження (підвищення) частоти
23. Попередження недопустимого пониження (підвищення) напруги
24. Попередження та ліквідація асинхронного режиму.
25. Нерегулярні коливання потужності в перетині.
26. Керовані перетини.



Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра електричних
мереж та систем

"МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ЕНЕРГОСИСТЕМ"

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський) ОНП</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</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс / осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ЄКТС, 150 годин (лекції – 36 годин, практики – 18 годин, СРС – 96 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>Розклад на сайті: http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: Баженов Володимир Андрійович, канд. техн. наук, доцент 044 -204-48-18, v_bazenov@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NjE5OTkwMzc3NDgy?cjc=ycdkoje</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус навчальної дисципліни "Моделі оптимального розвитку енергосистем" складено відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" освітньої програми "Електроенергетика та електромеханіка".

Метою дисципліни "Моделі оптимального розвитку енергосистем" є придбання знань в області теорії великих систем, системного аналізу, економіко-математичних моделей і ознайомлення з основами застосування математичних методів для рішення задач оптимізації розвитку електроенергетичних систем. Основна увага присвячена питанням оптимізації структури генеруючих потужностей, оптимізації розвитку електростанцій і оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем.

Предмет навчальної дисципліни ґрунтується на прищепленні знань у студентів з проектування технічних об'єктів, виконання техніко-економічних обґрунтувань інженерних рішень; застосовуванні сучасних методів проектування електричних мереж різних класів номінальних напруг, що об'єднують такі об'єкти на паралельну

роботу; проведенню досліджень і аналізу отриманих результатів; ефективному використанню сучасних інтелектуальних, інформаційних комп'ютерно-інтегрованих технологій; виконанні проектно-конструкторської документації згідно з нормативними вимогами.

Аналіз ситуацій, які виникають при аналізі режимів роботи сучасних замкнених електричних мереж надвисоких напруг, завжди пов'язаний з рішенням систем алгебраїчних рівнянь високої розмірності, що характеризується значним ступенем нелінійності. Ці негативні фактори вимагають залучення суперсучасних математичних методів рішення нелінійних систем режимних рівнянь великої розмірності. Таким чином, вся сукупність реально діючих у енергетичних системах режимних факторів вимагають від бакалаврів глибоких знань математичного аналізу, теоретичної фізики електромагнітних процесів, уміння роботи на сучасних комп'ютерах та знання основ програмування рішень великого комплексу електротехнічних задач.

Для об'єктів діяльності, представлених електричними частинами станцій та підстанцій, розподільчими пристроями та електричними мережами різних рівнів ієрархії напруг, система компетенції студентів після вивчення дисципліни повинна спиратися на базові знання основ електротехніки у процесі виробництва, передачі, розподілу та споживання електроенергії; здатність використання найбільш ефективних методів електротехніки для розрахунків режимів роботи технологічного обладнання електричних мереж, станцій та підстанцій; базові знання електричної частини електростанцій та підстанцій, знання конструкцій, основних характеристик, принципів дії та режимів роботи електроустаткування електростанцій та підстанцій, володіти базовими знаннями про елементи конструкцій електротехнічного обладнання, особливості режимів роботи електричних мереж та систем різних класів номінальних напруг, якості електроенергії та методах її забезпечення, технічні та електрофізичні основи техніки високих напруг, принципи оперативного управління режимами електроенергетичних систем; ефективну діяльність з метою підвищеного ефективного використання, технічного обслуговування та ремонту електроустаткування електричних станцій, підстанцій, мереж та систем.

Предмет навчальної дисципліни "Моделі оптимального розвитку енергосистем" зорієнтований на закріплення у студентів уявлень про процеси в електричних мережах і системах та способи розрахунку і умови оптимального управління режимами електричних мереж і систем. Основні завдання навчальної дисципліни "Моделі оптимального розвитку енергосистем" подаються через систему знань, умінь і певного досвіду наведених у розділі І даної навчальної програми.

Компетенції:

ЗК02. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК07. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

ЗК09. Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням.

ФК2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК4. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК6. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електро-енергетиці, електротехніці та електромеханіці

ФК12. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електро-енергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів

Програмні результати навчання

ПРН01. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем.

ПРН02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні

ПРН03. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електро-механічних системах.

ПРН04. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

ПРН06. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

ПРН07. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН14. Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України.

ПРН26. Знати та розуміти підходи до розв'язання задач визначення напрямків оптимального розвитку електричних систем із застосуванням методів лінійного, нелінійного та дискретного програмування

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

Дисципліна відповідно до структурно-логічної схеми освітньо наукової програми підготовки магістра базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні освітніх компонентів «Електричні мережі і системи» та «Електричні мережі і системи. Курсовий проєкт».

Знання, отримані під час вивчення дисципліни, будуть корисними під час написання магістерської атестаційної роботи.

Технологічне спрямування даної дисципліни ґрунтується на реалізації вимог до підготовки кадрів, націлених на рішення основних передпроектних, економічних, технологічних, експлуатаційних і конструкторських задач, що виникають при проектуванні і експлуатації електричних мереж і систем різноманітних класів номінальної напруги.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОСИСТЕМ.

Тема 1.1. Електроенергетичні системи України. Розвиток і функціонування.

Роль методів оптимального планування і проектування в задачах розвитку економіки країни. Електроенергетичні системи (ЕЕС). Особливості енергосистем. Розвиток енергетики країн колишнього СРСР. Електроенергетика України. Структура енергосистем. Основні відомості про виробництво, розподіл і споживання електроенергії в енергосистемах України.

Характеристика паливно-енергетичного комплексу країни. Принципи формування єдиної енергетичної системи України. Ієрархічна структура електроенергетики країни. Характеристика задач оптимізації розвитку ЕЕС.

Тенденції розвитку енергетики. Організація керування розвитком електроенергетичних систем України. Особливості розвитку енергосистем: прогнозування навантажень і електроспоживання ЕЕС і енерговузлів, оптимізації розміщення і вибору потужностей електростанцій і оптимізації схем розвитку електричних мереж.

Тема 1.2. Системний підхід.

Загальні поняття про системний підхід і великі системи. Загальний критерій оптимальності розвитку економіки держави. Основні принципи системного підходу. Велика система і її найбільш істотні сторони і властивості.

Ієрархія і відносна відособленість систем. Передумови використання ієрархічної побудови систем. Великі розміри системи, Різномасштабність параметрів і похибок інформації. Принцип рівноточності. Територіальна і функціональна ієрархія систем. "Горизонтальні" і "вертикальні", прямі і зворотні зв'язки. Формальні умови допустимості відособленої оптимізації системи.

Тема 1.3. Критерій оптимальності розвитку електроенергетичних систем.

Критерій економічності. Постановка задачі порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень. Урахування обмеженості капіталовкладень. Прогнози умов тотожності ефекту і вибір розрахункових термінів. Узгодженість умов функцій локальної системи й економіки країни. Урахування чинника часу. Економічний критерій статичної системи. Об'єктивно обумовлені оцінки. Економічний критерій для динамічної системи на основі нормативних коефіцієнтів. Урахування чинника часу за допомогою нормативу Ен. Урахування чинника часу за допомогою нормативного коефіцієнта приведення Енп. Економічний критерій на основі двухресурсної функції національного доходу. Формули приведених витрат для статичної і динамічної системи.

Урахування багатокритеріальності розвитку системи. Приватні критерії як виразники окремих властивостей загального критерію оптимальності. Оптимальні плани для сукупності приватних критеріїв. Засоби рішення задачі оптимізації при наявності множини суперечливих приватних критеріїв.

Критерій надійності. Особлива роль критеріїв усталеності, режимної керованості і живучості при проектуванні складних енергосистем. Якісні і кількісні характеристики критеріїв надійності. Нормування надійності. Критерії якості електроенергії й охорони навколишнього середовища. Урахування критерію якості електроенергії при проектуванні енергосистем.

Тема 1.4. Математичні моделі для оптимізації розвитку електроенергетичних систем.

Математична модель системи. Оптимізаційні, оцінні й оптимізаційно-оцінні моделі. Властивості моделей різноманітних типів. Припустимі й оптимальні плани

Тема 1.5. Моделі прогнозування навантажень і електроспоживання.

Прогнозування вихідної інформації в задачах оптимального розвитку електроенергетичних систем. Методи прогнозування: екстраполяційні, експертні і економетричні. Їхня характеристика, застосовуваний математичний апарат. Прогнозування електричних навантажень, електроспоживання в енергосистемах. Прогнозування в системах з ієрархічною структурою. Визначення довірчих інтервалів прогнозних показників. Розрахункові терміни оптимізації. Моделі довгострокового, середньострокового і короткострокового планування (прогнозування). Адаптивний підхід.

Розділ 2. МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ І ВИБОРУ ГЕНЕРУЮЧИХ ПОТУЖНОСТЕЙ ЕНЕРГОСИСТЕМ.

Тема 2.1. Оптимізація генеруючих потужностей електроенергетичних систем.

Характеристика задач оптимізації структури енергосистеми. Паливно-енергетичний баланс економічного району. Розміщення виробництва. Принципи формування єдиної електроенергетичної системи країни. Оптимізація структури енергосистем. Співвідношення між потужностями КЕС, ГЕС, ТЕЦ і АЕС в енергосистемах. Доцільні встановлені потужності електростанцій і одиничні потужності блоків. Задача оптимізації розміщення і вибору потужності електростанцій в енергосистемі. Її місце в проблемі оптимізації структури енергосистем. Ієрархія задач визначення структури. Вимоги до моделей оптимізації потужностей, що генерують. Стисла характеристика існуючих моделей і методів.

Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей

Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей. Запис функції приведених витрат, формування цільової функції й обмежень лінійної моделі. Особливості оптимізації виробітки електроенергії електростанцій системи при упорядкуванні моделі. Основні поняття і визначення лінійного програмування. Геометрична інтерпретація задачі лінійного програмування. Характеристика симплекс-методу рішення задачі лінійного програмування. Основні етапи рішення - відшукування опорного й оптимального планів. Гідності і хиби лінійної моделі оптимізації структури потужностей, що генерують. Особливості упорядкування лінійної моделі оптимізації структури потужностей, що генерують, при динамічній постановці задачі.

Тема 2.3. Застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури генеруючих потужностей.

Застосування динамічного програмування для оптимізації структури генеруючих потужностей. Поняття про метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Беллмана і рекуррентні формули. Формування моделі оптимізації структури генеруючих потужностей. Запис обмежень. Блок-схема рішення задачі. Гідності і хиби застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури генеруючих потужностей.

Тема 2.4. Оптимізація розміщення і вибору параметрів генеруючих потужностей.

Оптимізація розміщення і вибору генеруючих потужностей. Місце задачі оптимізації розміщення і проблема розвитку паливно-енергетичного комплексу (ПЕК). Вимоги до моделей оптимізації генеруючих потужностей.

Застосування динамічного програмування для оптимізації розміщення вибору генеруючих потужностей теплових і атомних електростанцій. Рекуррентні формули. Формування моделі оптимізації генеруючих потужностей. Запис обмежень. Блок-схема рішення задачі. Гідності і хиби методу динамічного програмування для оптимізації розміщення і вибору потужностей станцій системи.

Розділ 3. МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Тема 3.1. Постановка та основні особливості задачі оптимізації розвитку електричних мереж.

Місце задачі планування оптимального розвитку електричних мереж в загальній задачі оптимізації ЕЕС. Щаблі напруги і параметри ліній. Метод підоптимізації і поетапний метод. Загальна характеристика методів оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Урахування динаміки розвитку електричних мереж при оптимізації. Основні етапи проектування електричних мереж. Урахування надійності мережі при економічній оптимізації.

Тема 3.2. Економічні інтервали і функції оптимальних витрат для елементів мережі.

Економічні інтервали і функції оптимальних витрат для елементів мережі. Скорочення розмірності задачі і зменшення різноманітності перемінних. Економічні інтервали потужності й оптимальні приведені витрати ліній електропередачі і трансформаторів. Побудова функцій оптимальних витрат для трьохобмоткових трансформаторів і автотрансформаторів. Засоби апроксимації функції приведених витрат. Упорядкування перехідної розрахункової схеми електричної мережі.

Тема 3.3. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем.

Метод упорядкованого винятку гілок. Алгоритм методу. Основні модифікації методу упорядкованого винятку гілок.

Математичний метод покоординатної оптимізації. Його модифікації, особливості. Метод поконтурної оптимізації. Упорядкування моделі електричної мережі. Алгоритм методу. Критерій закінчення процесу оптимізації. Поконтурна оптимізація динамічного графа.

Основи застосування динамічного програмування для оптимізації розвитку мереж енергосистем. Запис цільової функції. Рекуррентні співвідношення для пошуку оптимізаційного рішення. Блок-схема алгоритму методу.

Комбінаторний метод гілок і меж. Внутрішні і зовнішні оцінки. Застосування методу для рішення задачі оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Алгоритм методу.

Основні гідності і хибі різноманітних методів пошуку оптимальної конфігурації мережі.

Тема 3.4. Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем.

Загальна характеристика застосовуваних методів лінійного програмування. Приведення задачі оптимізації розвитку електричних мереж до задачі лінійного програмування. Метод найменших квадратів. Область застосування аналізованої групи методів.

Застосування методу для визначення оптимальної конфігурації електричних мереж. Транспортна задача. Упорядкування транспортної матриці. Алгоритм рішення транспортної задачі. Транспортна задача з проміжними перевезеннями. Метод економічних потенціалів. Алгоритм методу.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Баженов В.А. Моделі оптимального розвитку енергосистем. Навчальний посібник. Рекомендовано Методичною радою КПІ імені Ігоря Сікорського (протокол

№8 від 2.06.2023р.) для здобувачів ступеня магістра спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, Київ, 2023, 56 с.

2. Баженов В.А. Моделі оптимального розвитку електричних енергосистем. Курсова робота. Навчальний посібник. Рекомендовано Методичною радою КПП імені Ігоря Сікорського (протокол №9 від 22.07.2023р.) для здобувачів ступеня магістра спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, Київ, 2023, 53 с.

3. Баженов В.А. Паненко О.М., Янковська О.М. Моделі оптимального розвитку енергосистем : Навчальний посібник. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 78 с.

4. Баженов В.А. Янковська О.М. Моделі оптимального розвитку енергосистем Оптимізація структури генерувальних потужностей. Навчальний посібник. Практикум: Навчальний посібник. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 22 с.

5. Баженов В.А. Використання методу гілок і границь для оптимізації розвитку електричних мереж сучасних енергосистем. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2021. № 6 (158), с.71-78. -(фахове видання).

Додаткові:

6. Баженов В.А. Паненко О.М., Янковська О.М. Моделі оптимального розвитку енергосистем: Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни “Моделі оптимального розвитку енергосистем” для студентів всіх форм навчання та студентів іноземців спеціальності “Електричні системи та мережі”. К.: НТУУ”КПІ” (електронне видання), 2012. – 77 с.

7. Баженов В.А., Гижя В.А. Янковська О.М. Методи оптимізації режимів енергосистем: Метод. вказівки до викон. курсової роботи для студентів усіх форм навчання та студ.-іноземців спец. «Електричні системи і мережі». К.: НТУУ”КПІ” (електронне видання), 2013. – 28 с.

8. Баженов В.А., Кузнецов В.Г., Тугай Ю.И. Оптимизация режимов электрических сетей. – Киев: Наукова думка, 1992. 216 с.

9. Баженов В.А. Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних сучасних енергосистем. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2016. № 2, с.93-97.

10. Галузевий стандарт вищої освіти України. Освітньо-кваліфікаційна характеристика. Бакалавр. Галузь знань 0507 «Електротехніка та електромеханіка». Напрямок підготовки 6.050701 Електротехніка та електротехнології / Баженов В.А., Бардик Є. І., Безбереж'єв Ю.В. та інші Затверджений наказом Міністерства освіти та науки України № 1308 від 12 листопада 2014.-47с.

Навчальний контент

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)
1	Тема 1.1. Електроенергетичні системи України. Розвиток і функціонування. Роль методів оптимального планування і проектування в задачах розвитку економіки країни. Електроенергетичні системи
2	Тема 1.1. Електроенергетичні системи України. Розвиток і функціонування.

	<i>Електроенергетика України. Структура енергосистем.</i>
3	Тема 1.2. Системний підхід. <i>Загальні поняття про системний підхід і великі системи. Загальний критерій оптимальності розвитку всього народного господарства</i>
4	Тема 1.3. Критерій оптимальності розвитку електроенергетичних систем <i>Критерій економічності. Постановка задачі порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень.</i>
5	Тема 1.3. Критерій оптимальності розвитку електроенергетичних систем <i>Урахування багатокритеріальності розвитку системи.</i>
6	Тема 1.4. Математичні моделі для оптимізації розвитку електроенергетичних систем. <i>Математична модель системи. Оптимізаційні, оцінні й оптимізаційно-оцінні моделі.</i>
7	Тема 1.5. Моделі прогнозування навантажень і електроспоживання. <i>Прогнозування вихідної інформації в задачах оптимального розвитку електроенергетичних систем.</i>
8	Тема 1.5. Моделі прогнозування навантажень і електроспоживання. <i>Прогнозування електричних навантажень, електроспоживання в енергосистемах. Прогнозування в системах з ієрархічною структурою. Визначення довірчих інтервалів прогнозних показників.</i> Тема 2.1. Оптимізація генеруючих потужностей електроенергетичних систем. <i>Характеристика задач оптимізації структури енергосистеми. Паливно-енергетичний баланс економічного району. Розміщення виробництва.</i>
9	Тема 2.1. Оптимізація генеруючих потужностей електроенергетичних систем <i>Задача оптимізації розміщення і вибору потужності електростанцій в енергосистемі. Її місце в проблемі оптимізації структури енергосистем</i> Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей <i>Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей. Запис функції дисконтованих витрат, формування цільової функції й обмежень лінійної моделі. Особливості оптимізації виробітки електроенергії електростанцій системи при упорядкуванні моделі. Лінійні моделі оптимізації структури потужностей.</i>
10	Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей <i>Особливості оптимізації виробітки електроенергії електростанцій системи при упорядкуванні моделі. Лінійні моделі оптимізації структури потужностей.</i> Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей <i>Основні поняття і визначення лінійного програмування. Геометрична інтерпретація задачі лінійного програмування.</i>
11	Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей <i>Характеристика симплекс-методу рішення задачі лінійного програмування. Основні етапи рішення - відшукування опорного й оптимального планів</i> Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей <i>Основні етапи рішення - відшукування опорного й оптимального планів</i>
12	Тема 2.2. Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей <i>Гідності і хиби лінійної моделі оптимізації структури потужностей. Особливості упорядкування лінійної моделі оптимізації структури потужностей при динамічній постановці задачі.</i> Тема 2.3. Застосування методу динамічного програмування для оптимізації розвитку генеруючих потужностей. <i>Застосування динамічного програмування для оптимізації структури потужностей.</i>

	Поняття про метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Беллмана і рекуррентні формули. Формування моделі оптимізації генеруючих потужностей. Запис обмежень. Блок-схема рішення задачі. Гідності і хиби застосування методу динамічного програмування для оптимізації структури потужностей.
13	Тема 2.4. Оптимізація розміщення і вибору параметрів генеруючих потужностей Оптимізація розміщення і вибору потужностей. Місце задачі оптимізації розміщення і проблема розвитку паливно-енергетичного комплексу(ПЕК). Застосування динамічного програмування для оптимізації розміщення вибору генеруючих потужностей теплових і атомних електростанцій. Блок-схема рішення задачі. Гідності і хиби методу динамічного програмування для оптимізації розміщення і вибору потужностей станцій системи. Тема 3.1. Постановка та основні особливості задачі оптимізації розвитку електричних мереж. Місце задачі планування оптимального розвитку електричних мереж в загальній задачі оптимізації ЕЕС. Щаблі напруги і параметри ліній. Метод підоптимізації і поетапний метод. Загальна характеристика методів оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем.
14	Тема 3.1. Постановка та основні особливості задачі оптимізації розвитку електричних мереж. Урахування динаміки розвитку електричних мереж при оптимізації. Основні етапи проектування електричних мереж. Урахування надійності мережі при економічній оптимізації. Тема 3.2. Економічні інтервали і функції оптимальних витрат для елементів мережі. Економічні інтервали і функції оптимальних витрат для елементів мережі. Скорочення розмірності задачі і зменшення різноманітності перемінних. Економічні інтервали потужності й оптимальні дисконтовані витрати ліній електропередачі і трансформаторів. Засоби апроксимації функції дисконтованих витрат. Упорядкування перехідної розрахункової схеми електричної мережі.
15	Тема 3.3. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Метод упорядкованого винятку гілок. Алгоритм методу. Основні модифікації методу упорядкованого винятку гілок. Основні гідності і хиби різноманітних методів пошуку оптимальної конфігурації мережі. Тема 3.3. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Математичний метод покоординатної оптимізації. Його модифікації, особливості. Метод поконтурної оптимізації. Упорядкування моделі електричної мережі. Алгоритм методу. Критерій закінчення процесу оптимізації.
16	Тема 3.3. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Поконтурна оптимізація динамічного графа. Тема 3.3. Методи оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Комбінаторний метод гілок і меж. Внутрішні і зовнішні оцінки. Застосування методу для рішення задачі оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Алгоритм методу. Основні гідності і хиби різноманітних методів пошуку оптимальної конфігурації мережі
17	Тема 3.4. Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем. Загальна характеристика застосовуваних методів лінійного програмування. Приведення задачі оптимізації розвитку електричних мереж до задачі лінійного програмування.

	<i>Метод найменших квадратів. Область застосування аналізованої групи методів. Транспортна задача з проміжними перевезеннями. Метод економічних потенціалів. Алгоритм методу.</i>
18	МКР

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1,2	<i>Лінійна модель оптимізації структури генеруючих потужностей (4 години).</i>
3-4	<i>Симплекс-метод (4 години).</i>
5-6	<i>Приклад оптимізації структури генеруючих потужностей за допомогою симплекса-методу (4 години).</i>
7-8	<i>Приклад оптимізації генеруючих потужностей за допомогою динамічного програмування (4 годин).</i>
9	<i>Застосування градієнтних методів оптимізації розвитку генеруючих потужностей(2 години).</i>

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	62
2	<i>Підготовка до МКР</i>	4
3	<i>Підготовка до екзамену</i>	30
	<i>Разом</i>	96

Зазначаються види самостійної роботи (підготовка до аудиторних занять, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, розв'язок задач, написання реферату, виконання розрахункової роботи, виконання домашньої контрольної роботи тощо) та терміни часу, які на це відводяться.

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 відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях;*
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на Гугл-диск*

викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів;

- 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 «Автоматизований електропривод»;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Контрольні роботи

В семестрі виконується модульна контрольна робота.

Модульна контрольна робота з тем 2.2. “Лінійні моделі оптимізації структури генеруючих потужностей ”, 3.4. “Використання методів лінійного програмування для оптимізації розвитку електричних мереж енергосистем”. МКР має дві частини – побудова лінійної моделі та застосування симплекс-методу.

МКР – тривалістю 2 академічні години .

Ваговий бал МКР – 10.

Максимальна кількість балів за МКР = 10 балів

Критерії оцінювання

- повна відповідь на запитання (більше 90% матеріалу) 9 – 10 балів;
- неповна відповідь на запитання (від 50 до 90% матеріалу) 5 – 6 балів;
- відповідь містить менше 50 % необхідної інформації 3 бали;
- відсутність під час проведення МКР 0 балів.

9. Методичні рекомендації

Програма кредитного модулю складається з лекційної частини та самостійної роботи студентів. Важливою складовою частиною процесу вивчення матеріалу кредитного модуля є контрольована самостійна робота студентів у вигляді системи переліку спеціальних питань, МКР. Всі завдання цієї МКР орієнтовані на використання обчислювальної техніки.

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

Поточний контроль: експрес-опитування на лекціях, відповіді на практичних заняттях, МКР.

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

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 60 балів.

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях та практичних заняттях;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал лекції – 0.5.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 0.5 бала x 32 лекцій = 16 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на питання під час опитування – 0.5 бала.
- Студент, що з поважних причин пропустив лекцію, може бути додатково опитаний за темою пропущеної лекції і у разі правильної відповіді отримати 0.5 бала.

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на практичних заняттях

Ваговий бал практичного заняття – 2.0.

Максимальна кількість балів – 2.0 бала x 17 пр. = 34 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на питання під час опитування – 2.0 бала.
- Студент, що з поважних причин пропустив заняття, може бути додатково опитаний за темою пропущеного заняття і у разі правильної відповіді отримати 2.0 бала.

– Модульна контрольна робота

- Ваговий бал за одну МКР – 10

– Критерії оцінювання

- На модульній контрольній роботі студент має виконати 4 завдання. Завдання оцінюються від 0 до 3 балів в залежності від правильності вирішення; завдання 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

- Максимальна сума балів складає 40.
- Складання екзамену є обов'язковим, навіть якщо студент набрав на протязі семестру 60 балів. Необхідною умовою допуску до екзамену є стартовий рейтинг не менше 36 балів.
- Екзаменаційна робота складається з відповіді на три теоретичні запитання та одне практичне завдання.

– Критерії оцінювання екзамену

- Кожне запитання та практичне завдання оцінюються у 10 балів.
- Система оцінювання теоретичних питань:
 - - «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9-10 балів;
 - - «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 8 балів;

- - «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6-7 балів;
- - «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 6 балів) – 0 балів.
- Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:
- Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Менше 36	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри електричних мереж та систем ФЕА Володимиром Баженовим.

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.)



Програмування для мікропроцесорних систем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістр ОНП)																																		
Галузь знань	14 Електрична інженерія																																		
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка																																		
Освітня програма	Електроенергетика та електромеханіка																																		
Статус дисципліни	Вибіркова																																		
Форма навчання	очна(денна)																																		
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр																																		
Обсяг дисципліни	Кількість кредитів ECTS – 4, кількість годин – 120 (36 годин лекцій, 18 годин лабораторних робіт - за навчальним планом)																																		
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/ Модульні контрольні роботи																																		
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/ Розподіл годин за видами занять <table><tr><th>Лекції</th><th>Практичні заняття</th><th>Лабораторні заняття</th><th>Індивідуальні заняття</th><th>СРС</th><th>Всього</th></tr><tr><td>36</td><td>–</td><td>18</td><td>–</td><td>66</td><td>120</td></tr><tr><td>1 раз на тиждень</td><td>–</td><td>1 раз на 2 тижні</td><td>–</td><td></td><td></td></tr></table> Контрольні заходи <table><tr><th>Іспит</th><th>Залік</th><th>МКР (кількість)</th><th>РГР, РР, ГР (кількість)</th><th>ДКР (кількість)</th><th>Реферат (кількість)</th></tr><tr><td>–</td><td>+</td><td>1</td><td>–</td><td>–</td><td>–</td></tr></table>					Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Індивідуальні заняття	СРС	Всього	36	–	18	–	66	120	1 раз на тиждень	–	1 раз на 2 тижні	–			Іспит	Залік	МКР (кількість)	РГР, РР, ГР (кількість)	ДКР (кількість)	Реферат (кількість)	–	+	1	–	–	–
Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Індивідуальні заняття	СРС	Всього																														
36	–	18	–	66	120																														
1 раз на тиждень	–	1 раз на 2 тижні	–																																
Іспит	Залік	МКР (кількість)	РГР, РР, ГР (кількість)	ДКР (кількість)	Реферат (кількість)																														
–	+	1	–	–	–																														
Мова викладання	Українська																																		
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., ст. викладач, Тимохін Олександр Вікторович, tymokhin@ukr.net Практичні / Семінарські: – Лабораторні: ас. Тимохіна Анастасія Олександрівна, a.planida@ukr.net																																		
Розміщення курсу	Google classroom https://classroom.google.com/c/NTQ1NTIzMjgyNTI4?cjc=tgllly2k																																		

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна “Програмування для мікропроцесорних систем” (ПМПС) призначається для вивчення студентами апарату програмування низького (мова програмування *Assembler*) і прикладного (мова програмування *C*) рівнів із використанням операційних систем реального часу для вбудованих систем (операційна система *FreeRTOS*) в задачах для мікропроцесорних систем. Матеріал базується на сучасній і типовій архітектурі мікропроцесорних систем і включає широкий обсяг реальних електроенергетичних задач цього рівня (елементи пристроїв релейного захисту та обліку електроенергії, систем аналізу стану комутаційних апаратів підстанцій та ін.).

Метою навчальної дисципліни є формування та засвоєння студентами наступних компетентностей:

ЗК02. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ФК19. Здатність до розуміння та практичного застосування основних положень сучасної теорії керування та засобів автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів.

Предмет навчальної дисципліни – підходи до побудови мікропроцесорних систем керування; алгоритми функціонування мікропроцесорних систем на низькому рівні; формати представлення даних у мікропроцесорних системах; принципи інформаційної взаємодії складових мікропроцесорних систем керування.

Програмні результати навчання:

ПРН02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПРН03. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН23. Застосовувати положення сучасної теорії керування та засоби автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів з метою забезпечення ефективного керування їх режимними параметрами.

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

Даний кредитний модуль відповідно до структурно-логічної схеми ОКР «магістр» базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні таких дисциплін циклів математичної, природничо-наукової та професійної і практичної підготовки, дисциплін за вибором ВНЗ, як “Вища математика”, “Фізика”, “Цифрова електроніка в електроенергетиці”, “Теоретичні основи електротехніки”, “Релейний захист”, “Алгоритмізація та програмування електроенергетичних задач”. В свою чергу ПМПС забезпечує студентів технологічним апаратом у проектних і науково-дослідних роботах при виконанні дипломних проектів магістерських дисертацій.

Теоретичною і методологічною основою даного модулю є курси циклу професійної та практичної підготовки світоглядних дисциплін – математики, загальної фізики, інформатики, теоретичних основ електротехніки та промислової електроніки, що складають основний теоретичний фундамент для вивчення даного кредитного модулю.

Технологічне спрямування даного модулю ґрунтується на реалізації вимог до підготовки кадрів, встановлених освітньо-кваліфікаційною характеристикою для ОКР «магістр» освітньо-професійної програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем», націлених на рішення основних передпроектних, технологічних, експлуатаційних і конструкторських задач, що виникають в процесі виробництва та розподілу електроенергії. В цілому, це дозволяє озброїти СРС студента сучасними знаннями новітніх методів, засобів і способів розуміння принципів побудови та підходів до програмування сучасних мікропроцесорних систем та їх окремих складових частин.

Практичне спрямування кредитного модулю дисципліни «Програмування мікропроцесорних систем» зорієнтоване на прищеплення студентам умінь і навиків інженера-програміста мікропроцесорних систем, спроможного приймати самостійні творчі рішення при програмуванні та налагоджуванні сучасних мікропроцесорних систем, що використовуються в процесі виробництва та розподілу електроенергії.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Системи числення, формати даних для МП систем, структура програми на мові Assembler для мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega, робота із стандартними типами даних та периферійними пристроями на мові Assembler.

Тема 1.1. Системи числення. Арифметичні операції у різних системах числення. Одиниці інформації

Тема 1.2. Система команд мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega. Приклади програмування на мові Assembler.

Тема 1.3. Адресація, обмін інформацією між процедурами.

Тема 1.4 Периферійні пристрої, та робота із ними. Переривання від периферійних пристроїв.

Тема 1.5 Цілочисельне програмування, формат чисел з фіксованою крапкою.

Тема 1.6. Формат чисел з плаваючою крапкою, Стандартні операції для чисел із плаваючою комою на мові Assembler.

Розділ 2. Структура проекту програми на мові C, робота із периферійними пристроями на мові програмування C, використання операційної системи FreeRTOS на мікроконтролерах серії Atmel AVR ATmega.

Тема 2.1. Структура проекту програми на мові C, додавання операційної системи FreeRTOS до проекту для мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega.

Тема 2.2. Використання переривань в програмах на мові програмування C для мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega.

Тема 2.3. Системні об'єкти операційної системи FreeRTOS, поняття задачі, питанні синхронізації задач, потокозахищенність об'єктів та даних у операційній системі FreeRTOS.

Розділ 3. Апаратні інтерфейси мікропроцесорних систем

Тема 3.1. Інтерфейси UART та USART

Тема 3.2. Інтерфейс SPI

Тема 3.3. Інтерфейс I²C (TWI)

Тема 3.4. Інтерфейс USB

Тема 3.5. Інтерфейс Ethernet

Тема 3.6. Інтерфейс 1-wire Dallas

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Банін Д.Б., Банін М.Д. Конспект лекцій по курсу “Програмування для мікропроцесорних систем” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : https://ae.fea.kpi.ua/ae-files/doc/subjects/PMPS/Konspekt_PMPS.doc
2. Програмування для мікропроцесорних систем. Навчальний посібник до виконання лабораторних робіт [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Управління, захист та автоматизація енергосистем»

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Тимохін, А. О. Тимохіна. -Електронні текстові дані (1 файл: 819.13 Кбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 55 с. - Назва з екрана.

<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57296>

3. Смірнов В.В., Смірнова Н.В., Пархоменко Ю.М. Програмування мікроконтролерних систем : навчальний посібник ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 262 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL:

http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/10812/1/PMS_2021.pdf

4. Програмування для мікропроцесорних систем. Навчальний посібник до виконання розрахунково-графічної роботи [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Управління, захист та автоматизація енергосистем» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Тимохін, А. О. Тимохіна. - Електронні текстові дані (1 файл: 1.91 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 45 с. - Назва з екрана.

<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57300>

5. Програмування для мікропроцесорних систем. Навчальний посібник до виконання модульної контрольної роботи [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Управління, захист та автоматизація енергосистем» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Тимохін, А. О. Тимохіна. - Електронні текстові дані (1 файл: 1.02 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 21 с. - Назва з екрана.

<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57297>

Додаткова література

6. Mastering the FreeRTOS Real Time Kernel - a Hands On Tutorial Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : [https://www.freertos.org/fr-content-](https://www.freertos.org/fr-content-src/uploads/2018/07/161204_Mastering_the_FreeRTOS_Real_Time_Kernel-A_Hands-On_Tutorial_Guide.pdf)

[src/uploads/2018/07/161204_Mastering the FreeRTOS Real Time Kernel-A Hands-On Tutorial Guide.pdf](https://www.freertos.org/fr-content-src/uploads/2018/07/161204_Mastering_the_FreeRTOS_Real_Time_Kernel-A_Hands-On_Tutorial_Guide.pdf)

7. Reference Manual for FreeRTOS version 10.0.0 issue 1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : [https://www.freertos.org/fr-content-](https://www.freertos.org/fr-content-src/uploads/2018/07/FreeRTOS_Reference_Manual_V10.0.0.pdf)

[src/uploads/2018/07/FreeRTOS Reference Manual V10.0.0.pdf](https://www.freertos.org/fr-content-src/uploads/2018/07/FreeRTOS_Reference_Manual_V10.0.0.pdf)

8. Навчальний посібник з дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем», розділ «Програмування мікроконтролерів родини AVR» для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри Автоматики та управління у технічних системах / Укл.: А. О. Новацький – К: НТУУ „КПІ”, 2013 – 109с [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL :

<https://ist.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/05/%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%86%D0%91%D0%9D%D0%98%D0%9A-%D0%9F%D0%A0%D0%9E%D0%93%D0%A0%D0%90%D0%9C%D0%A3%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%9D%D0%AF-AVR.pdf>

9. Програмування мікроконтролерів AVR : [навчальний посібник] / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/2021/Tsirulnik_2018_111.pdf

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
	Змістовний модуль 1. Системи числення, формати даних для МП систем, структура програми на мові Assembler для мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega, робота із стандартними типами даних та периферійними пристроями на мові Assembler.

Тема 1.1. Системи числення. Арифметичні операції у різних системах числення. Одиниці інформації	
1.	Системи числення. Одиниці інформації. Поняття одиниці інформації та її роль при програмуванні мікропроцесорних систем. Поняття позиційних систем числення. Основи двійкової, восьмеричної, шістнадцяткової систем числення, Їх зв'язок із десятиковою системою числення. Поняття знаку і додаткового коду.
2.	Арифметичні операції у різних системах числення Принципи реалізації основних математичних операцій в двійковій, восьмеричній, шістнадцятковій системах числення.
Тема 1.2. Системи числення. Арифметичні операції у різних системах числення. Одиниці інформації	
3.	Система команд мікроконтролерів серії AVR ATmega Atmel. Приклади програмування на мові Assembler. Розгляд мікроконтролерів серії AVR ATmega фірми Atmel з точки зору програміста. Класи апаратно реалізованих команд мікроконтролерів серії AVR ATmega фірми Atmel. Приклади реалізації деяких базових операцій на мікроконтролерах серії AVR ATmega фірми Atmel
Тема 1.3. Адресація, обмін інформацією між процедурами.	
4.	Адресація, обмін інформацією між процедурами Принципи модульного програмування на мові Assembler. Принципи реалізації процедур та функцій на мові Assembler для мікроконтролерів серії AVR ATmega фірми Atmel
Тема 1.4. Периферійні пристрої, та робота із ними. Переривання від периферійних пристроїв.	
5.	Периферійні пристрої у системах на мікропроцесорах та мікроконтролерах та переривання у них. Поняття периферійного пристрою для систем на мікропроцесорах та мікроконтролерах. Організація вбудованих периферійних пристроїв у мікроконтролерах серії AVR ATmega фірми Atmel. Організація векторної системи переривань у мікроконтролерах серії AVR ATmega фірми Atmel
6.	Таймери як периферійні пристрої у мікроконтролерах серії AVR ATmega фірми Atmel. Таймери та їх можливості у мікроконтролерах серії AVR ATmega фірми Atmel. Основні режими їх роботи. Принципи налаштування таймерів у мікроконтролерах серії AVR ATmega фірми Atmel. Переривання таймерів мікроконтролерах серії AVR ATmega фірми Atmel.
Тема 1.5. Цілочисельне програмування, формат чисел з фіксованою крапкою.	
7.	Цілочисельне програмування, формат чисел з фіксованою крапкою.

	Відмінність у форматах цілих чисел та чисел із фіксованою крапкою. Область застосування чисел із фіксованою крапкою. Реалізація зберігання та роботи із цілими числами та числами із фіксованою крапкою на системах із різною розрядністю.
Тема 1.6. Формат чисел з плаваючою крапкою, Стандартні операції для чисел із плаваючою комою на мові Assembler	
8.	Формат чисел з плаваючою крапкою. Реалізація формату чисел із плаваючою комою одинарної та подвійної точності. Пакування та розпаковка чисел цілих чисел та чисел із плаваючою комою у формати із плаваючою комою. Реалізація основних математичних операцій для чисел із плаваючою комою 1. Алгоритмічна реалізація математичних операцій додавання та віднімання для чисел із плаваючою комою.
9.	Реалізація основних математичних операцій для чисел із плаваючою комою 2. Алгоритмічна реалізація математичних операції множення для чисел із плаваючою комою.
Змістовний модуль 2. Структура проекту програми на мові C, робота із периферійними пристроями на мові програмування C, використання операційної системи FreeRTOS на мікроконтролерах серії Atmel AVR ATmega	
Тема 2.1. Структура проекту програми на мові C, додавання операційної системи FreeRTOS до проекту для мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega	
10.	Структура проекту програми на мові C для мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega, додавання їх в проект. Структура проекту програми на мові C для мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega, склад вихідних кодів операційної системи FreeRTOS та додавання їх в проект, налаштування проекту на мові C для мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega для використання вихідних кодів операційної системи FreeRTOS Налаштування операційної системи FreeRTOS при використанні в проектах для мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega Основні принципи налаштування операційної системи FreeRTOS. Платформозалежна та платформонезалежна частини операційної системи FreeRTOS. Налаштування платформозалежної частини операційної системи FreeRTOS. Моделі роботи пам'яті та їх застосування при використанні операційної системи FreeRTOS.
Тема 2.2. Використання переривань в програмах на мові програмування C для мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega	

11.	Підходи до використання переривань в проектах на мові C Підходи до використання переривань в проектах на мові C для мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega, їх ініціалізація та програмування Узгодження апаратних переривань мікроконтролерів із операційної системи FreeRTOS Узгодження апаратних переривань мікроконтролерів серії Atmel AVR ATmega із операційної системи FreeRTOS. Використання функцій операційної системи FreeRTOS у перериваннях.
Тема 2.3. Системні об'єкти операційної системи FreeRTOS, поняття задачі, питанні синхронізації задач, потокозахищеність об'єктів та даних у операційній системі FreeRTOS.	
12.	Системні об'єкти операційної системи FreeRTOS Поняття задачі в операційній системі FreeRTOS. Їх створення та життєвий цикл. Пріоритети задач, параметри задач, тощо. Синхронізація в операційній системі FreeRTOS Поняття потокозахищеності. Потокозахищеність даних. Критичні секції. Потокозахищеність ресурсів. Об'єкти синхронізації.
Змістовний модуль 3. Апаратні інтерфейси мікропроцесорних систем	
Тема 3.1. Інтерфейси UART та USART	
13.	Інтерфейси UART та USART Принцип передачі даних по інтерфейсах UART та USART. Відмінності UART та USART. Основи роботи з UART та USART у мікроконтролерах серії AVR ATmega фірми Atmel
Тема 3.2. Інтерфейс SPI	
14.	Інтерфейс SPI Принцип передачі даних по інтерфейсу SPI. Основи роботи з SPI у мікроконтролерах серії AVR ATmega фірми Atmel
Тема 3.3. Інтерфейс I ² C (TWI)	
15.	Інтерфейс I²C (TWI) Принцип передачі даних по інтерфейсу I²C (TWI). Основи роботи з I²C (TWI) у мікроконтролерах серії AVR ATmega фірми Atmel
Тема 3.4. Інтерфейс USB	
16.	Інтерфейс USB Принцип роботи інтерфейсу USB. Особливості використання інтерфейсу USB у мікроконтролерах
Тема 3.5. Інтерфейс Ethernet	
17.	Інтерфейс Ethernet

	Принцип роботи інтерфейсу Ethernet. Особливості використання інтерфейсу Ethernet у мікроконтролераху Поняття MAC та PHY рівнів.
Тема 3.6. Інтерфейс 1-wire Dallas	
18.	Інтерфейс 1-wire Dallas Принцип передачі даних по інтерфейсу 1-wire Dallas. Основи роботи з 1-wire Dallas. Принципи програмної реалізації інтерфейсу 1-wire Dallas у мікроконтролерах серії AVR ATmega фірми Atmel

Практичні заняття

Не передбачені

Семінарські заняття

не передбачені

Лабораторні роботи

Мета циклу лабораторних робіт – вивчення на основних вузлів та блоків ЕОМ; опанування навиками самостійної роботи з мікро ЕОМ та окремими блоками ЕОМ; вміння проектувати та налаштовувати окремі вузли систем управління та засобів автоматизації.

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)
1.	Структура проекту програми на мові C, додавання операційної системи FreeRTOS.
2.	Основи організації та роботи із пам'яттю у операційних системах реального часу для мікроконтролерів
3.	МКР
4.	Об'єкти синхронізації в операційних системах реального часу
5.	Робота з таймером операційної системи
6.	Переривання в мікроконтролерах при використанні мови програмування C.

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять Літературні джерела: [1-9]	56
2	Підготовка до МКР Літературні джерела: [1]	4
4	Підготовка до заліку	6
	Загалом	66

Контрольна робота

- Метою контрольної роботи є закріплення та перевірка теоретичних та практичних знань із освітнього компоненту, набуття студентами практичних навичок роботи в різних системах числення та із стандартними типами даних.
- Модульна контрольна робота (МКР) виконується після вивчення Змістовного модулю 1. Кожний студент отримує індивідуальне завдання.

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 відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, виконання модульної контрольної роботи;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях, 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.
- політика дедлайнів та перескладань: Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів до моменту складання МКР. Студент зобов'язаний скласти МКР протягом семестру. Викладач призначає 1 додаткове складання МКР раз на 2 тижні для студентів, що не склали МКР вчасно. Перескладання результатів МКР не передбачено. Невчасне складання МКР передбачає штрафні бали у обсягу 20% від балів, виділених на МКР окрім випадків наявності поважних причин відсутності на МКР, що підтверджено документально;
- 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 (РСО)

Поточний контроль: МКР, виконання та захист лабораторних робіт.

Календарний контроль: проводиться двічі в семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: виконані та захищені всі лабораторні роботи та складена МКР, семестровий рейтинг більше 40 балів.

Поточний контроль:

1. Робота на лекціях:

Ваговий бал	2
Максимальна кількість балів на всіх лекційних заняттях	4

Критерій оцінювання за визначенням чотирьох рівнів:

<i>Правильна відповідь, розв'язання задачі</i>	<i>2</i>
<i>Відповідь або розв'язання задачі з незначними помилками</i>	<i>1</i>
<i>Активна участь у проведенні заняття</i>	<i>0,5</i>
<i>Неправильна або відсутня відповідь чи розв'язання задачі</i>	<i>0</i>

1. Модульна контрольна робота:

<i>Максимальна кількість балів за МКР (Ваговий бал)</i>	<i>25</i>
---	-----------

Критерій оцінювання:

<i>Розв'язання завдання 1</i>	<i>3</i>
<i>Розв'язання завдання 2</i>	<i>3</i>
<i>Розв'язання завдання 3</i>	<i>3</i>
<i>Розв'язання завдання 4</i>	<i>3</i>
<i>Розв'язання завдання 5</i>	<i>4</i>
<i>Розв'язання завдання 6</i>	<i>4</i>
<i>Розв'язання завдання 7</i>	<i>5</i>

Модульна контрольна робота складається з 7 практичних задач.

Ваговий бал задач згідно таблиці.

Максимальний бал за МКР – 25.

Критерії оцінювання

- *правильне розв'язання задачі – 100% від кількості балів за задачу;*
- *часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за задачу;*
- *часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за задачу;*
- *відсутність відповіді – 0 балів.*

2. Лабораторні роботи:

<i>Ваговий бал</i>	<i>7</i>
<i>Максимальна кількість балів за лабораторні роботи</i>	<i>35</i>

Ваговий бал лабораторної роботи - 7

Максимальний бал за всі лабораторні роботи – 35.

Критерії оцінювання

- *Оформлення протоколу – 1-2;*
- *Виконання завдання лабораторної роботи - 1-2;*
- *Відповідь на питання викладача/або виконання тестів у випадку дистанційного навчання – 0-3.*

Критерії зниження оцінок

- *Недоліки у оформленні протоколу – мінус 1 бал;*
- *Неправильне виконання завдання лабораторної роботи – мінус 1 бал;*
- *Несвоєчасне виконання лабораторної роботи без поважних причин – мінус 1 бал;*

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

3. Екзамен

Ваговий бал	40
-------------	----

Критерій оцінювання:

Теоретичне питання 1	11
Теоретичне питання 2	11
Теоретичне питання 3	11
Задача	7

Критерії оцінювання теоретичного питання

- студент дав вичерпну відповідь на питання, дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні – 10-11 балів;
- майже вичерпна відповідь, наявність незначних неточностей – 8-10 балів;
- часткова відповідь, показує знання, але недостатньо розуміє суть процесів, наявність незначних неточностей – 5-7 балів;
- часткова відповідь, недостатнє розуміння суті процесів, наявність значних помилок – 1-4 балів;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Критерії оцінювання задачі

- правильне розв'язання задачі – 7;
- часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 5-6;
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 1-4;
- відсутність відповіді – 0 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
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст. викладач, к.т.н., Тимохін Олександр Вікторович

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8 від 18.04.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №8 від 27.04.2023 р.)



Цифрові пристрої релейного захисту та автоматики

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістр ОНП)</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</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ECTS (18 годин лекцій, 18 годин практичних робіт - за навчальним планом)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/ 1 лекція (2 години) 1 раз на 2 тижні; 1 практична робота (2 години) 1 раз на 2 тижні.</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н. доц. Дмитренко Олександр Олексійович, 0672382408</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom https://classroom.google.com/c/NDEyMzk3MzQwMTk5?cjc=wddtkkl</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус освітнього компоненту «Цифрові пристрої релейного захисту та автоматики» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів ОНП з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма "Електроенергетика та електромеханіка".

Метою навчальної дисципліни є поглиблення та закріплення у студентів наступних компетентностей:

ЗК02. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.
ФК02. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і

автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ФК19. Здатність до розуміння та практичного застосування основних положень сучасної теорії керування та засобів автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів.

Предмет навчальної дисципліни –принципи побудови та алгоритми функціонування мікропроцесорних пристроїв релейного захисту (МП РЗА) та найбільш важливої ланки таких пристроїв - цифрових фільтрів, моделювання, проведення досліджень ефективності цифрових фільтрів, аналіз отриманих результатів із використанням сучасних інтелектуальних, інформаційних комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Програмні результати навчання, на поглиблення та покращення яких спрямована дисципліна:

ПРН03. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН05. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПРН23. Застосовувати положення сучасної теорії керування та засоби автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів з метою забезпечення ефективного керування їх режимними параметрами.

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 «Основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці», «Спеціальні питання з виробництва та розподілу електроенергії». Компетенції, знання та уміння, посилені в процесі вивчення дисципліни є необхідними для подальшого якісного виконання досліджень за темою магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на 4 розділів, а саме:

1. **Етапи розвитку мікропроцесорних пристроїв РЗА (МП РЗА). Функціональні особливості МП РЗА, переваги, недоліки**, в якому розглядаються етапи створення цифрових РЗА, докладно наводяться їх функціональні можливості та виконується порівняльний аналіз з можливостями пристроїв захисту попередніх поколінь - електромеханічних та мікроелектронних захистів.
2. **Структура апаратного забезпечення мікропроцесорних пристроїв РЗА**, в якому розглядаються принципи побудови та основи функціонування окремих модулів МП РЗА - лінійного перетворювача, мікропроцесорного блоку, блоків вводу/виводу дискретної інформації, блоку зв'язку, блоку індикації.
3. **Цифрові вимірювальні органи в МП РЗА**, де розглядаються базові принципи організації цифрової фільтрації.
4. **Використання цифрового реле в системах керування й моніторингу**, де розглядаються базові питання побудови апаратного забезпечення систем моніторингу та керування на основі МП РЗА.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. *Правила улаштування електроустановок* : 2017. – Офіц. вид. – К. :Форт : Мінпаливенерго України. 2017.
2. *Автоматика протиаварійного управління електроенергетичних систем: Підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка* / Є.І. Сокол, Г.А. Сендерович, О.Г. Гриб та ін.-Харків: ФОП Бровін О.В., 2020.- 216 с.
3. *Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка* / Є.І. Сокол, Г.А. Сендерович, О.Г. Гриб та ін. - Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. - 306 с. ISBN 978-617-7912-25-4
4. *Релейний захист і автоматика: Навч. посібник* / С.В.Панченко, В.С. Блиндюк, В.М.Баженов та ін.; за ред. В.М. Баженова. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – Ч. 1. – 250 с., рис. 41, табл. 20.
5. *Релейний захист і автоматика: Навч. посібник* / С.В. Панченко, В.С. Блиндюк, В.М.Баженов та ін.; за ред. В.М. Баженова. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – Ч. 2. – 276 с., рис. 48, табл. 19.

Додаткові:

6. *Цифрові пристрої релейного захисту та автоматики. Практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістр за освітньою програмою «Електроенергетика та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»* / О. О. Дмитренко, О.В. Хоменко. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,195 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 18 с. – Назва з екрана. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 02.06.2023 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол 9 від 29.05.2023 р.). <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57299>
7. Кідиба В.П. *Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник*. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013.-533 с.
8. *Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник* / О. С. Яндульський, О. О. Дмитренко ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 103 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/16600>
9. *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>

Навчальний контент

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)
	Розділ 1. Етапи розвитку мікропроцесорних пристроїв РЗА (МП РЗА). Функціональні особливості МП РЗА, переваги, недоліки.
1	Покоління пристроїв РЗА. Основні виробники пристроїв РЗА. Співвідношення пристроїв РЗА різних поколінь на електроенергетичних об'єктах України. Літературні джерела: [1-9]
2	Етап 1. Централізована концепція побудови системи релейного захисту й автоматики. Передумови виникнення. Переваги, недоліки централізованої концепції побудови системи РЗА. Етап 2. «Острівний» принцип побудови системи релейного захисту й автоматики. Передумови виникнення. Переваги, недоліки «острівного» принципу побудови системи РЗА. Етап 3. Розподілена концепція побудови системи РЗА на базі однофункціональних мікропроцесорних пристроїв. Передумови виникнення. Переваги, недоліки розподіленої концепції побудови системи РЗА на базі однофункціональних мікропроцесорних пристроїв. Етап 4. Розподілена концепція побудови багаторівневої системи РЗА на базі багатофункціональних мікропроцесорних пристроїв. Передумови виникнення. Переваги, недоліки розподіленої концепції побудови багаторівневої системи РЗА на базі багатофункціональних мікропроцесорних пристроїв. Функціональні особливості МП РЗА. Багатофункціональність, інформативність, зв'язок з вищим ієрархічним рівнем, самодіагностика. Особливості МП РЗА. Шляхи виконання самодіагностики. Переваги та недоліки МП РЗА у порівнянні з електромеханічними та мікроелектронними пристроями. Особливості проведення ремонтних робіт МП РЗА, працездатності. Літературні джерела: [1-9]
3	Загальна структура однопроцесорного МП пристрою РЗА. Діапазони вхідних аналогових сигналів. Лінійний перетворювач. Призначення. Призначення і різновиди вимірювальних органів МП РЗА. Призначення і різновиди тракту аналого-цифрового перетворення МП РЗА. Похибки тракту аналого-цифрового перетворення МП РЗА. Різновиди лінійних перетворювачів. Літературні джерела: [1-9]
4, 5	Блок дискретних входів і виходів. Вхідні перетворювачі дискретних сигналів МП РЗА, призначення і схемна реалізація. Вихідні релейні перетворювачі МП РЗА, призначення. Блок індикації. Принципи відображення інформації у МП РЗА. Одно- та багатопроцесорні МП РЗА. Блок живлення, призначення та спрощена схемна реалізація. Літературні джерела: [1-9]
	Розділ 4. Використання цифрового реле в системах керування й моніторингу
6, 7, 8	Підходи для використання цифрового реле в якості кінцевого пристрою збору інформації. Інтерфейси обміну цифрових реле. Паралельний інтерфейс, принципи організації. Послідовний інтерфейс, принципи організації. Послідовний інтерфейс RS-232C. Послідовний інтерфейс RS-485. Послідовний інтерфейс RS-422. Послідовний інтерфейс «струмова петля». Послідовний інтерфейс. Оптичне волокно. Використання стандарту Ethernet. Організація структурованої кабельної мережі. Підключення ЦР із інтерфейсом RS-485. Підключення ЦР із інтерфейсом RS-232. Підключення ЦР із оптичним послідовним інтерфейсом. Підключення ЦР, які використовують стандарт Ethernet. Літературні джерела: [1-9]

9	МКР
---	-----

Практичні заняття

№ з/п	Тема практичного заняття	Кількість годин
	Розділ 3. Цифрові вимірні органи в МП РЗА	
1-3	Моделювання алгоритму фільтру Фур'є залежно від числа вибірок миттєвих значень за період промислової частоти та при наявності у вхідному сигналі вищих гармонійних складових Літературні джерела: [6]	6
4-6	Моделювання алгоритму фільтру Фур'є при роботі обладнання в мережі із коливаннями частоти Літературні джерела: [6]	6
7-9	Моделювання алгоритму фільтру Фур'є при роботі мережі в перехідному режимі Літературні джерела: [6]	6
	ЗАГАЛОМ	18

Лабораторні заняття (відсутні)

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять Літературні джерела: [1-9]	74
2	Підготовка до МКР Літературні джерела: [1-9, додаток 1 до силабусу]	4
3	Підготовка до заліку	6
	ЗАГАЛОМ	84

Контрольна робота

- Метою контрольної роботи є закріплення та перевірка теоретичних знань із освітнього компоненту, набуття студентами практичних навичок самостійного проектування схем МП РЗА.
- Модульна контрольна робота (МКР) виконується після вивчення Розділів 1,2. Кожний студент отримує індивідуальне завдання.

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 відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, виконання модульної контрольної роботи;

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, 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.
- політика дедлайнів та перескладань: 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 (РСО)

Поточний контроль: МКР, відповіді на практичних заняттях.

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: виконані та захищені всі практичні роботи, семестровий рейтинг більше 30 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 та захист практичного завдання;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

виконання та захист практичних завдань	МКР	R
60	40	100

Якщо наприкінці семестру після проходження всіх контрольних заходів з дисципліни студент отримав не менше ніж 60 рейтингових балів, а також виконав умови допуску до семестрового контролю, він отримує позитивну оцінку відповідно набраних протягом семестру рейтингових балів.

Виконання практичних робіт

Ваговий бал – 20,0.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 20.0 бали * 3 = 60.0 балів.

Критерії оцінювання

- практичне завдання не виконано або протокол не представлений – повертається на відпрацювання або доопрацювання - 0 балів.
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана повністю помилковою – 12,0 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з суттєвими помилками – 12,1 - 13,0 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з несуттєвими помилками – 13,1 - 15,0 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту має ряд неточностей – 15,1 - 17,0 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту має одну неточність – 17,1 - 19,9 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, повна відповідь на питання за темою практичної роботи – 20 балів.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з однієї практичної задачі.

Ваговий бал задачі – 40.

Максимальний бал за МКР – 40.

Критерії оцінювання

- правильне розв'язання задачі – 100% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за задачу;
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за задачу;
- 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.

У разі, якщо сума рейтингових балів менше ніж 60, але виконані умови допуску до семестрової контролю з дисципліни, студент виконує на останньому за розкладом занятті залікову контрольну роботу. Також за бажанням, студент має право на участь у заліковій контрольній роботі з метою підвищення попередньої оцінки.

Форма семестрового контролю – залік

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань та двох практичних завдань (задач).

Критерії оцінювання залікової роботи

Ваговий бал кожної задачі – 30.

Ваговий бал кожного теоретичного питання – 20.

Максимальний бал за залікову роботу – 100.

Критерії оцінювання задачі

- правильне розв'язання задачі – 100% від кількості балів за задачу;*
- часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за задачу;*
- часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за задачу;*
- відсутність відповіді – 0 балів.*

Критерії оцінювання теоретичного питання

- студент дав вичерпну відповідь на питання, дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні – 18-20 балів;*
- майже вичерпна відповідь, наявність незначних неточностей – 15-17 балів;*
- часткова відповідь, показує знання, але недостатньо розуміє суть процесів, наявність незначних неточностей – 12-14 балів;*
- часткова відповідь, недостатнє розуміння суті процесів, наявність значних помилок – 1-11 балів;*
- відсутність відповіді – 0 балів.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус)

*складено доцентом кафедри автоматизації енергосистем,
к.т.н. Дмитренко О.О.*

*Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8
від 18.04.2023 р.)*

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №8 від 27.04.2023 р.)

Індивідуальні завдання на модульну контрольну роботу

Для заданих параметрів розробити структурну схему однопроцесорного цифрового реле. Вихідні дані відповідно варіанту приведені в табл. 1.

Табл. 1

Варіанти параметрів МП РЗА

№ вар.	Лінійний перетворювач	Кількість під діапазонів лінійного перетворювача	Кількість аналогових входів/АЦП	Аналогові входи за струмом	Аналогові входи за напругою	Кількість бінарних входів	Кількість вихідних реле	Кількість портів зв'язку
1	Змінної напруги без схеми вибірки	1	8/1	Ia,Ib,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc,3U0	8	8	2
2	TRUE RMS	1	3/1	Ia,Ic,3I0	-	2	2	1
3	Змінної напруги без схеми вибірки	2	6/1	Ia,Ib,Ic	Ua,Ub,Uc	6	4	1
4	TRUE RMS	1	3/1	-	Ua,Ub,Uc	4	2	2
5	Змінної напруги зі схемою вибірки	1	8/1	Ia,Ib,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc,3U0	4	8	2
6	TRUE RMS	1	8/2	Ia,Ib,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc,3U0	4	4	2
7	Змінної напруги зі схемою вибірки	1	6/1	Ia,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc	3	4	1
8	TRUE RMS	1	8/8	Ia,Ib,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc,3U0	2	2	1
9	Змінної напруги без схеми вибірки	1	8/4	Ia,Ib,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc,3U0	8	8	2
10	TRUE RMS	1	3/3	Ia,Ic,3I0	-	4	2	2
11	Змінної напруги без схеми вибірки	1	6/2	Ia,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc	4	4	1
12	TRUE RMS	1	3/3	-	Ua,Ub,Uc	3	2	1

13	Змінної напруги без схеми вибірки	1	4/4	Ia,Ib,Ic,3I0	-	2	2	1
14	TRUE RMS	1	6/2	Ia,Ic,3I0	Ua,Uc,3U0	2	4	1
15	Змінної напруги без схеми вибірки	1	3/3	-	Ua,Ub,Uc	3	2	1
16	Змінної напруги без схеми вибірки	1	8/1	Ia,Ib,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc,3U0	8	8	2
17	TRUE RMS	1	3/1	Ia,Ic,3I0	-	2	2	1
18	Змінної напруги без схеми вибірки	2	6/1	Ia,Ib,Ic	Ua,Ub,Uc	6	4	1
19	TRUE RMS	1	3/1	-	Ua,Ub,Uc	4	2	2
20	Змінної напруги зі схемою вибірки	1	8/1	Ia,Ib,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc,3U0	4	8	2
21	TRUE RMS	1	8/2	Ia,Ib,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc,3U0	4	4	2
22	Змінної напруги зі схемою вибірки	1	6/1	Ia,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc	3	4	1
23	TRUE RMS	1	8/8	Ia,Ib,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc,3U0	2	2	1
24	Змінної напруги без схеми вибірки	1	8/4	Ia,Ib,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc,3U0	8	8	2
25	TRUE RMS	1	3/3	Ia,Ic,3I0	-	4	2	2
26	Змінної напруги без схеми вибірки	1	6/2	Ia,Ic,3I0	Ua,Ub,Uc	4	4	1
27	TRUE RMS	1	3/3	-	Ua,Ub,Uc	3	2	1
28	Змінної напруги без схеми вибірки	1	4/4	Ia,Ib,Ic,3I0	-	2	2	1
29	TRUE RMS	1	6/2	Ia,Ic,3I0	Ua,Uc,3U0	2	4	1
30	Змінної напруги без схеми вибірки	1	3/3	-	Ua,Ub,Uc	3	2	1



ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ ТА ЗАСОБИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський ОНП)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	Електроенергетика та електромеханіка
Статус дисципліни	Вибіркові компоненти ОП. Цикл професійної підготовки.
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс / осінній семестр
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ECTS (36 год. лекцій, 18 год. лабораторних занять, 66 год. СРС – за навчальним планом)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/ 1 лекція (2 год.) 1 раз на тиждень; 1 лабораторне заняття (2 год.) 1 раз на 2 тижня.
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., Лавренова Дарина Леонідівна, d.lavrenova@kpi.ua , uran@fea.kpi.ua Практичні: к.т.н., Лавренова Дарина Леонідівна, d.lavrenova@kpi.ua , uran@fea.kpi.ua
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус освітнього компоненту «Інформаційно-управляючі системи та засоби збереження інформації в електроенергетиці» складена відповідно до освітньо-наукової (ОНП) програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», за освітньою програмою «Електроенергетика та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є закріплення студентами наступних програмних компетентностей:

ЗК02. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ФК02. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та

процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК04. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики,

електротехніки та електромеханіки.

ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ФК19. Здатність до розуміння та практичного застосування основних положень сучасної теорії керування та засобів автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів.

Предмет навчальної дисципліни – основні принципи побудови та особливості функціонування інформаційно-керуючих систем в електроенергетиці, принципи роботи із інформацією (протоколи передавання даних та керування базами даних).

Програмні результати навчання, на поглиблення та покращення яких спрямована дисципліна:

ПРН03. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН04. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

ПРН20. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами.

ПРН23. Застосовувати положення сучасної теорії керування та засоби автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів з метою забезпечення ефективного керування їх режимними параметрами.

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

Для успішного засвоєння програмного студент повинен володіти теоретичною базою підготовки рівня бакалавр за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», в тому числі «Вища математика», «Обчислювальна техніка та програмування», «Автоматизоване та автоматичне управління в енергосистемах», «Основи метрології та електричних вимірювань», «Електричні мережі і системи». А також повинен мати компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисциплін «Основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Інформаційно-керуючі системи.

Основні поняття про системи керування. Основні типи архітектури АСК. Системи SCADA. Архітектура систем SCADA. Основні характеристики систем SCADA. Методи підвищення надійності систем SCADA.

Розділ 2. Контроль та діагностика ІКС.

Основні поняття діагностики. Методи побудови алгоритмів діагностики. Основні поняття контролю. Достовірність процедури контролю. Методи корекції уставок. Адитивна корекція

уставок. Мультиплікативна корекція уставок. Контроль відносних величин. Адаптивні алгоритми корекції уставок.

Розділ 3. Промислові мережі.

Загальні поняття. Основні характеристики промислової мережі. Стандарти промислових мереж. Протоколи, застосовувані для електроенергетичних об'єктів. Протокол ModBus. Протокол Ethernet.

Розділ 4. Засоби збереження інформації в електроенергетиці.

Історія розвитку баз даних. Основні поняття баз даних. Основні етапи побудови інформаційної системи. Реляційна модель. Нормальні форми. Типи даних SQL. Таблиці. Зміна даних таблиць. Застосування запиту Select для отримання даних з однієї таблиці. Знайомство з функціями SQL. Створення запитів до даних декількох таблиць. Індеси. Блокування та одночасний доступ. Керування транзакціями. Права доступу. Загальні відомості про PL/SQL. Курсори. Збережені процедури та тригери. Збереження даних. Розподілені бази даних.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література:

1. Інформаційно-керуючі комплекси та системи: методичні рекомендації до самостійної роботи та виконання контрольних робіт для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" (освітні програми "Електротехнічні системи електроспоживання" та "Енергетичний менеджмент") / [уклад.: Н.Ю. Гарасьова, К.Г. Петрова, І.В. Савеленко], Центральнотехн. нац. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2022. – 54 с.
2. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навчальний посібник. / Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник М.А. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 332 с.
3. Матвійчук В.А., Рубаненко О.Є., Рубаненко О.О., Гунько І.О.: Інтелектуалізація електроенергетичних систем. Навчально-методичний посібник для підготовки студентів освітнього рівня «Магістр» в галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» – Вінниця, видавничий центр ВНАУ: 2019 р. – 109 с.
4. Електроенергетика України. Структура, керування, інновації : монографія / І. В. Хоменко, О. А. Плахтій, В. П. Нерубацький, І. В. Стасюк. – Харків: НТУ «ХПІ», ТОВ «Планета-Прінт», 2020. – 132 с.
5. Пупена О.М., Розроблення людино-машинних інтерфейсів та систем збирання даних з використанням програмних засобів SCADA/HMI. : Навч. посіб. Київ : Видавництво Ліра-К, 2020. — 594 с.

Додаткова література:

6. Дистанційний курс «Інформаційно-управляючі системи в електроенергетиці», розміщений на платформі дистанційного навчання "Сікорський" – режим доступу: <https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=4202>.
7. Засоби збереження інформації в енергетиці [Електронний ресурс]: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізації «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії» освітнього ступеня спеціаліст та магістр / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Д. В. Настенко, А. А. Марченко, О. В. Тимохін. – Електронні текстові дані (1 файл: 501,97 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 71 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19673>
8. Інформаційно-управляючі системи та засоби збереження інформації в електроенергетиці: Методичні вказівки до практичних занять для студентів освітнього ступеню «магістр» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізації

- «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії» всіх форм навчання / Уклад. Д. Л. Лавренова. – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – 25 с.
9. Буров Є.В. Комп'ютерні мережі: підручник / Є. В. Буров. – Львів: Магнолія 2006. – 262 с.
 10. Берко, А. Ю. Системи баз даних та знань. Кн.1. Організація баз даних та знань [Текст]: навч. посібник / А. Ю. Берко, О. М. Верес, В. В. Пасічник. – Львів : Магнолія-2006, 2011. – 456 с.
 11. Берко А.Ю., Верес О.М., Пасічник В.В. / Системи баз даних та знань. Книга 2. Системи управління базами даних та знань: навч. посібник (рек. МОН України) / А.Ю. Берко, О.М. Верес, В.В. Пасічник – Львів: «Магнолія-2006», 2013. – 680 с.
 12. Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення. ДСТУ 2470-94. – [Чинний]. – К.: Держспоживстандарт України, 1995. – 28 с. – (Державний стандарт України).
 13. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. ДСТУ 3004-95 – [Чинний]. – К.: Держспоживстандарт України, 1996. – 260 с. – (Державний стандарт України).
 14. Основні відомості про бази даних - Підтримка від Microsoft – Режим доступу: <https://support.microsoft.com/uk-ua/office/основні-відомості-про-бази-даних-a849ac16-07c7-4a31-9948-3c8c94a7c204>
 15. Володарський Є.Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник. / Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 219с.
 16. Основи теорії мереж передачі та розподілу даних: Навч. посіб. / І.А. Жуков, М.А. Виноградов, В.І. Дрововозов, Н.Ф. Халімон. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 272 с.
 17. Пупена О. М. Розроблення людино-машинних інтерфейсів та систем збирання даних з використанням програмних засобів SCADA/HMI.: Навч.посіб. / О. М. Пупена – К.: Видавництво Ліра-К, 2020. – 594 с.
 18. Гайдаржи В., Ізварін І. Бази даних в інформаційних системах: Навчальний посібник. / В. Гайдаржи, І. Ізварін – Тернопіль: Навчальна книга. – 2018.– 418 с.
 19. Jamie Chan. SQL: Learn SQL (using MySQL) in One Day and Learn It Well. SQL for Beginners with Hands-on Project. – 2018. – 166 p.
 20. Ben Forta. SQL in 10 Minutes a Day, Sams Teach Yourself: Sams Publishing; 5th edition. – 18 Aug. 2020. – 256 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вивчення дисципліни направлене на підготовку студентів до вирішення завдань з побудови та експлуатації інформаційно-керуючих систем для електроенергетичних об'єктів. Тому головна увага має приділятися набуттю студентами вміння вибудовувати структури ІКС, розробляти математичне забезпечення мікропроцесорних пристроїв ІКС, вміти застосовувати протоколи промислових мереж.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Тема 1.1. Основні поняття про системи керування. <u>Основні питання:</u> визначення; класифікація; поняття інтерфейс. Тема 1.2. Основні типи архітектури АСК. <u>Основні питання:</u> централізована, розосереджена, гнучка. Тема 1.2. Системи SCADA. <u>Основні питання:</u> завдання систем SCADA; особливості та вимоги до систем SCADA. Тема 1.3. Основні характеристики систем SCADA. <u>Основні питання:</u> технічні характеристики вартісні характеристики, експлуатаційні характеристики; етапи розробки систем SCADA.

	<u>Література</u>: [6, 11, 12] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
2	Тема 1.4. Архітектура систем SCADA. <u>Основні питання</u>: ієрархічна структура, узагальнена трирівнева архітектура. Тема 1.4. Методи підвищення надійності систем SCADA. <u>Основні питання</u>: архітектура клієнт-сервер; резервування серверів, мережі, зв'язку з контролерами, резервування на рівні завдань. <u>Література</u>: [3, 6, 11, 12] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
3	Тема 2.1. Основні поняття діагностики. <u>Основні питання</u>: визначення; побудова структурної схеми; побудова матриці станів та матриці несправностей. <u>Література</u>: [2, 6, 7, 8, 10] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
4	Тема 2.1. Методи побудови алгоритмів діагностики. <u>Основні питання</u>: визначення; побудова структурної схеми; побудова матриці станів та матриці несправностей. Тема 2.2. Методи корекції уставок. <u>Основні питання</u>: класифікація методів корекції уставок; оцінювання ефективності алгоритму корекції уставок. <u>Література</u>: [2, 6, 7, 8, 10] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
5	Тема 2.3. Достовірність процедури контролю. <u>Основні питання</u>: поняття достовірності контролю; оцінювання достовірності контролю; зменшення достовірності контролю за наявності адитивних та мультиплікативних похибок. Тема 2.4. Адаптивні алгоритми корекції уставок. <u>Основні питання</u>: оцінка контрольованої величини; кількість ітерацій адаптивного алгоритму корекції уставок. <u>Література</u>: [2, 6, 7, 8, 10] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
6	Тема 2.5. Адитивна корекція уставок. <u>Основні питання</u>: алгоритм адитивної корекції уставок; вибір опорного значення за адитивної корекції уставок. <u>Література</u>: [2, 6, 7, 8, 10] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
7	Тема 2.6. Мультиплікативна корекція уставок. <u>Основні питання</u>: алгоритм мультиплікативної корекції уставок; вибір опорного значення за мультиплікативної корекції уставок. <u>Література</u>: [2, 6, 7, 8, 10] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
8	Тема 2.7. Контроль відносних величин. <u>Основні питання</u>: основні поняття та вирішальне правило контролю відносних величин; логометричне перетворення. <u>Література</u>: [2, 6, 7, 8, 10] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
9	Тема 2.8. Адаптивні алгоритми корекції уставок. <u>Основні питання</u>: адаптивний алгоритм корекції уставок з ітерацією до вхідної величини; адаптивний алгоритм корекції уставок з ітерацією до вихідної величини.

	<u>Література</u>: [2, 6, 7, 8, 10] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
10	Тема 3.1. Загальні поняття промислових мереж. <u>Основні питання</u>: визначення, особливості інформаційної мережі промислової автоматики, вимоги до промислової мережі. Тема 3.2. Загальні поняття промислових мереж. <u>Основні питання</u>: визначення, особливості інформаційної мережі промислової автоматики, вимоги до промислової мережі. <u>Література</u>: [3, 6, 11, 12] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
11	Тема 3.3. Основні характеристики промислової мережі. <u>Основні питання</u>: архітектура клієнт-сервер; топологія мережі; повнота інформаційного обслуговування. Тема 3.4. Стандарти промислових мереж. <u>Основні питання</u>: типи протоколів та характеристики протоколів. Тема 3.5. Протоколи, застосовувані для електроенергетичних об'єктів. <u>Основні питання</u>: мережева модель підстанції за стандартом IEC 61850. <u>Література</u>: [3, 6, 11, 12] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
12	Тема 3.5. Протокол ModBus. <u>Основні питання</u>: основні параметри; фізичний рівень OSI протоколу ModBus: специфікація скрученої пари. <u>Література</u>: [3, 6, 11, 12] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
13	Тема 3.5. Протокол ModBus. <u>Основні питання</u>: основні параметри; фізичний рівень OSI протоколу ModBus: структура мережі під керівництвом протоколу ModBus; рівень ланки даних OSI протоколу ModBus; мережа за протоколом ModBus; Протокол Modbus TCP. <u>Література</u>: [3, 6, 11, 12] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
14	Тема 3.6. Протокол ModBus. <u>Основні питання</u>: основні параметри. <u>Література</u>: [3, 6, 11, 12] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
15	Тема 3.6. Протокол Ethernet. <u>Основні питання</u>: історія появи; основні параметри; фізичний рівень OSI протоколу Ethernet. <u>Література</u>: [3, 6, 11, 12] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
16	Тема 3.6. Протокол Ethernet. <u>Основні питання</u>: рівень ланки даних OSI протоколу Ethernet; продуктивність мережі Ethernet. <u>Література</u>: [3, 6, 11, 12] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
17	Тема 3.7. Протокол Ethernet. <u>Основні питання</u>: основні параметри. <u>Література</u>: [3, 6, 11, 12] <u>Допоміжні матеріали</u>*: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4202
18	МКР

* Допоміжні матеріали до лекційних, практичних та лабораторних занять доступні для завантаження виключно здобувачам, які зареєстровані на дистанційний курс «Інформаційно-управляючі системи та засоби збереження інформації в електроенергетиці» на Платформі дистанційного навчання «Сікорський» [6].

Практичні заняття – не передбачено

Лабораторні роботи.

№ з/п	Перелік лабораторних робіт	Кількість год.
1	Вивчення середовища Oracle. Oracle SQL Developer. <u>Мета роботи:</u> знайомство з СКБД Oracle та середовища розробки Oracle SQL Developer.	2
2	Створення, модифікація, перейменування і видалення таблиць. <u>Мета роботи:</u> навчитися створювати реляційну базу даних за допомогою SQL операторів.	2
3	Зміна даних в таблицях. Оператори Insert, Update та Delete. <u>Мета роботи:</u> отримати досвід застосування SQL операторів для модифікації даних таблиць в реляційній базі даних.	2
4	Вивчення оператора SELECT для однієї таблиці. Функції SQL. <u>Мета роботи:</u> навчитися отримувати дані з таблиць СКБД за допомогою оператора SELECT.	2
5	Вивчення оператора SELECT для декількох таблиці. Оператори Join, Union, Minus, Intersect. <u>Мета роботи:</u> навчитися працювати з мультитабличними запитами, та застосовувати оператори теорії множин.	2
6-7	Збережені процедури та тригери. <u>Мета роботи:</u> знайомство зі збереженими процедурами Oracle та навчитися застосовувати тригери.	4
8-9	Створення та використання функцій. <u>Мета роботи:</u> отримати досвід використання функцій.	4
ЗАГАЛОМ		18

Мета циклу лабораторних робіт – практична реалізація методів роботи із базами даних в середовищі Oracle, робота із синтаксисом SQL. На лабораторних заняттях студенти мають отримувати практичний досвід використання функцій та операторів SQL для роботи із базами даних.

Модульна контрольна робота (МКР)

Метою МКР є закріплення та перевірка теоретичних знань із освітнього компоненту, набуття студентами практичних навичок побудови алгоритмів діагностики та застосування алгоритмів корекції уставок.

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	46
2	Виконання РГР	10

2	Підготовка до МКР	4
3	Підготовка до заліку	6
	Загалом	66

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

Правила відвідування занять.

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 відповідні види навчальної активності на лекційних, практичних та лабораторних заняттях.

Відвідування лабораторних занять студентами є обов'язковими. У разі наявності у студента документа, що виправдовує неможливість його присутності на лабораторних роботах, йому надається можливість виконати роботи за графіком, погодженим з викладачем.

Правила поведінки на заняттях.

Студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на практичних та лабораторних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Під час виконання модульної контрольної роботи дозволяється користуватися джерелами інформації у паперовому чи електронному вигляді, але забороняється консультуватися зі сторонніми особами. За несамотійне виконання завдання (після консультації із іншими особами чи колективної наради) всі студенти отримують штрафні бали відповідно РСО дисципліни.

Під час заліку заборонено користуватися будь-якими джерелами інформації та консультуватися/радитися зі сторонніми особами.

Політика дедлайнів та перескладань.

Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено. У разі наявності у студента документа, що виправдовує неможливість своєчасного проходження модульної контрольної роботи, йому надається можливість дистанційно виконати роботу протягом тижня після його появи на заняттях.

Політика щодо академічної доброчесності.

Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<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 «Інформаційно-управляючі системи та засоби збереження інформації в електроенергетиці».

При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

Штрафні та заохочувальні бали

Вид завдання	Кількість балів
несамостійне виконання завдання МКР	- 1 бал за кожну «колективну нараду»

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

Поточний контроль: проводиться за результатами виконання студентами індивідуальних завдань та лабораторних робіт.

Вид завдання	%	Ваговий бал	Кількість	Загальний бал
Лабораторні роботи	35	5	7	35
РГР	25	25	1	25
Виконання МКР	40	40	1	40
Всього				100

Критерії оцінювання практичних завдань РГР:

При виконанні РГР студенти мають виконувати індивідуальні завдання за наступними темами:

- Побудова алгоритму діагностики методом половинного розбиття.
- Побудова алгоритму діагностики методом імовірність-час.
- Побудова алгоритму діагностики інженерним методом.
- Застосування алгоритму адитивної / мультиплікативної корекції уставок.
- Застосування адаптивного алгоритму корекції уставок.
- Протоколи TCP/IP.

Критерії:

- повний розв'язок задачі – 25 балів;
- розв'язок не повний, або є незначні помилки у розв'язку – 20,0...24,9 балів;
- розв'язок не повний, є незначні помилки у розв'язку – 15,0...19,9 балів;
- розв'язок не повний, є значні помилки у розв'язку – 10,0...14,9 балів;
- відсутність розв'язку – 0 балів.

Критерії оцінювання МКР:

МКР складається з 2 теоретичних запитань (максимально по 10 балів за кожну вірну відповідь) та 2 практичних задач (максимально по 10 балів за кожну вірну відповідь).

Критерії оцінювання теоретичного запитання:

- повна відповідь на запитання – 9,5...10,0 балів;
- неповна відповідь на запитання – 8,5...9,4 балів;
- неповна відповідь на запитання або наявні незначні помилки у відповіді – 7,5...8,4 балів;
- неповна відповідь на запитання або наявні значні помилки у відповіді – 6,5...7,4 балів;
- неповна відповідь на запитання та наявні значні помилки у відповіді – 6,0...6,4 балів;
- відповідь відсутня – 0 балів.

Критерії оцінювання практичних завдань:

- розв'язок повний – 9,5...10,0 балів;
- розв'язок не повний, або є незначні помилки у розв'язку – 8,5...9,4 балів;
- розв'язок не повний, є незначні помилки у розв'язку – 7,5...8,4 балів;
- розв'язок не повний, є значні помилки у розв'язку – 6,5...7,4 балів;
- відповідь із помилкою, є значні помилки у розв'язку – 6,0...6,4 балів;
- відсутність розв'язку – 0 балів.

Виконання та захист лабораторних робіт

Для допуску до поточної лабораторної роботи кожному студенту необхідно мати Протокол, оформлений відповідно до норм оформлення технічної документації, який має містити всі

необхідні пункти, відповідно до Навчальних посібників з лабораторного практикуму [7,8].
Лабораторні роботи виконуються побригадно, розрахунок та аналіз отриманих результатів проводяться індивідуально.

Ваговий бал – 5,0.

Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях – 5.0 бали * 7 = 35.0 балів.

Критерії оцінювання

- лабораторна робота не виконана або протокол не представлений – повертається на відпрацювання або доопрацювання - 0 балів.
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з суттєвими помилками – 3,0 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з несуттєвими помилками – 3,1 -3,9 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту має неточності – 4,0 - 4,9 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, повна відповідь на питання за темою лабораторної роботи – 5 балів.

УВАГА! Захист всіх лабораторних робіт є умовою допуску до складання екзамену. Студенти, що на момент консультації перед екзаменом не захистили лабораторні роботи, не допускаються до основної здачі та готуються до перескладання.

УВАГА! Для допуску до перескладання екзамену треба у визначений викладачем термін здати всі заборгованості по лабораторним роботам.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр (атестація) як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Проміжна атестація	Мінімальний бал для отримання позитивної атестайії	Максимальний можливий бал за виконання всіх вимог силабусу
I	18	30
II	36	60

Семестровий контроль: залік

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менший за 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують залікову роботу. При цьому всі попередньо набрані бали скасовуються і остаточною рейтинговою оцінкою визнається оцінка за залікову роботу (жорстка PCO). Залікова робота складається з 4 теоретичних запитання (максимально по 12,5 балів) та 4 практичних задач (максимально по 12,5 балів).

Критерії оцінювання кожного теоретичного запитання:

- повна відповідь на запитання – 10,0...12,5 балів;
- неповна відповідь на запитання – 7,0...9,9 балів;
- неповна відповідь на запитання, або наявні значні помилки у відповіді – 5,0...6,9 балів;
- відповідь незадовільна – 3,0...4,9 балів;
- відповідь відсутня – 0 балів.

Критерії оцінювання кожної практичної задачі:

- розв'язок повний – 10,0...12,5 балів;
- розв'язок не повний, або є незначні помилки у розв'язку – 7,0...9,9 балів;
- розв'язок не повний, є незначні помилки у розв'язку – 5,0...6,9 балів;
- розв'язок не повний, є значні помилки у розв'язку – 3,0...4,9 балів;
- відсутність розв'язку – 0 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
Не виконані умови допуску	Не допущено

Умови допуску до семестрового контролю: виконання та захист 7 лабораторних робіт, семестровий рейтинг більше 45 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № 7-177 від 01.10.2020 «Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті».

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшими викладачами кафедри АЕ, к.т.н., Лавреновою Дариною Леонідівною та Настенком Дмитром Васильовичем

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8 від 18.04.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №8 від 27.04.2023 р.)



ОСНОВИ ТА ЗАСОБИ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ. КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

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>Управління, захист та автоматизація енергосистем;</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>денна ОНП</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Кількість кредитів ECTS – 1.5, кількість годин - 45</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>к.т.н., ст. викладач, Тимохін Олександр Вікторович, tymokhin@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom. https://classroom.google.com/c/NTU2NzkyNTg0ODUz?cjc=7rkhu7</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус освітнього компоненту «Основи та засоби передачі інформації. Курсовий проект» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістра з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма «Електроенергетика та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування та засвоєння студентами наступних компетентностей:

ЗК02. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ФК01. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК06. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК10. Здатність керувати проектами і оцінювати їх результати.

ФК19. Здатність до розуміння та практичного застосування основних положень сучасної теорії керування та засобів автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів.

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:

ПРН03. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН05. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПРН20. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами.

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

ПРН22. Виконувати моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем в рамках проведення досліджень і вирішення практичних завдань.

ПРН23. Застосовувати положення сучасної теорії керування та засоби автоматизації електроенергетичних та електромеханічних об'єктів з метою забезпечення ефективного керування їх режимними параметрами.

ПРН24. Вміти вирішувати комплексні міждисциплінарні науково-практичні проблеми у сферах електроенергетичних та електромеханічних систем.

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», «Основи та засоби передачі інформації в електроенергетиці», «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

Дисципліна «Основи та засоби передачі інформації. Курсовий проект» складається з наступних етапів:

1. Отримання теми та завдання на курсовий проект. Формулювання завдання на курсовий проект і його деталізація.
2. Розрахунок об'ємів інформації для передачі інформації з підстанції на диспетчерський пункт
3. Вибір типу приєднання до високовольтної лінії електропередач
4. Вибір апаратури передачі на основі об'ємів інформації для передачі інформації з підстанції на диспетчерський пункт
5. Вибір високовольтного обладнання для підключення апаратури передачі до високовольтної лінії електропередач
6. Розрахунок загасання сигналу у високочастотному тракті по високовольтній лінії електропередач. Розрахунок пунктів переприйому та/або ВЧ обходів для забезпечення перекриття загасання ВЧ тракту.
7. Розрахунок розносу частот
8. Оформлення курсового проекту.
9. Подання курсового проекту на перевірку.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. *Основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці. Навчальний посібник до виконання курсового проекту. Частина 1 [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Управління, захист та автоматизація енергосистем» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. С. Яндульський, О. В. Тимохін, А. О. Тимохіна. - Електронні текстові дані (1 файл: 696.52 Кбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 39 с. - Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57292>*
2. *Основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці. Навчальний посібник до виконання курсового проекту. Частина 2 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Управління, захист та автоматизація енергосистем» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. С. Яндульський, О. В. Тимохін, А. О. Тимохіна. - Електронні текстові дані (1 файл: 1.74 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 62 с. - Назва з екрана, <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57293>*
3. *Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики: навч. посібник / уклад. : Ю.О. Ушенко, М.С. Гавриляк, М.В. Талах, В.В. Дворжак. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 308 с.*
4. *Алгоритми та засоби обробки сигналів : навч. посібн. / Ваврук Є., Лашко О., Попович Р. – Львів : СПОЛОМ, 2021. – 240 с. : іл. – Бібл.: с. 237–239*
5. *Теорія сигналів та електричних кіл. Теорія сигналів : конспект лекцій / укладачі : О. М. Кобяков, О. В. Д'яченко, І. Є. Бражник, Т. О. Протасова. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 125 с.*

Додаткові:

6. *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.*
7. *Design of Smart power grid. Renewable Energy systems/ Ali Keyrani. - John Weley. 2011- 566 с.*
8. *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.,*
9. *Power system SCADA and Smart grids/ Mini S. Thomas, John D. MC Donald.-CRC Press , 2015-316 с.*
10. *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>*
11. *Передача сигналів по розподільним електричним мережам. Монографія/ Смірнов Б.В., Ільїн А.А.- Київ.: Техвидавництво.2013-423 с.*
12. *Керування розподільними електричними мережами на основі інформаційно-керуючих систем / Яндульський А.С.,- дис.док.техн.наук.- Київ, 1997, 517 с.*
13. *Інноваційні пріоритети енергетичного комплексу України /під загальною редакцією Шидловського А.К.- Київ: Українські енциклопедичні знаки,2015р.-498 с., з іл.*
14. *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.*

15. Автоматичне регулювання в електричних системах [Текст] : підручник / О. С. Яндульський, І. П. Заболотний, В. П. Кобазев ; Держ. вищ. навч. закл.: Нац. техн. ун-т України "КПІ", Донец. нац. техн. ун-т. - Донецьк : Ноулідж, Донец. від-ня, 2010. - 190 с. : рис. - Бібліогр.: с. 189-190. - 500 прим. - ISBN 978-617-579-084-7
16. Теорія інформації та кодування: підручник/Жураковський Ю.Л., Полторак В.П.- К. Вища Школа, 2001-255 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Кожному студенту надається електрична схема підстанції напругою від 35кВ та технічне завдання на розробку системи передачі інформації з підстанції на диспетчерський пункт, що містить зайняті частоти, геометрію опор ліній електропередач, схематичну електромережу із позначенням проміжних пунктів.

В процесів виконання курсового проекту студенти повинні:

1. Розрахувати об'єми інформації для передачі інформації з підстанції на диспетчерський пункт
2. Вибирати тип приєднання до високовольтної лінії електропередач
3. Вибрати апаратуру передачі на основі об'ємів інформації для передачі інформації з підстанції на диспетчерський пункт
4. Вибрати високовольтне обладнання для підключення апаратури передачі до високовольтної лінії електропередач
5. Розрахувати загасання сигналу у високочастотному тракті по високовольтній лінії електропередач із урахуванням пунктів переприйому та/або ВЧ обходів для забезпечення перекриття загасання ВЧ такту.
6. Розрахувати рознос частот
7. Підготувати записку курсового проекту
8. Підготувати креслення із схематичним позначенням джерел інформації, структури ВЧ тракту та частотне розподілення ВЧ-трактів у частотному діапазоні

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	Отримання завдання на курсовий проект. Формулювання завдання на курсовий проект і його деталізація.	1
2.	Розрахувати об'єми інформації для передачі інформації з підстанції на диспетчерський пункт	2
3.	Вибрати апаратуру передачі на основі об'ємів інформації для передачі інформації з підстанції на диспетчерський пункт	4
4.	Вибрати високовольтне обладнання для підключення апаратури передачі до високовольтної лінії електропередач	4
5.	Розрахувати загасання сигналу у високочастотному тракті по високовольтній лінії електропередач із урахуванням пунктів переприйому та/або ВЧ обходів для забезпечення перекриття загасання ВЧ такту	18
6.	Розрахувати рознос частот	4
7.	Оформлення курсового проекту.	10
8.	Подання курсового проекту на перевірку і захист	2

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- 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 «Основи та засоби передачі інформації. Курсовий проект»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача;
- студенти зобов'язані відвідувати консультації з дисципліни «Основи та засоби передачі інформації. Курсовий проект»;
- студенти зобов'язані регулярно переглядати повідомлення в Google-класі, та/або спільному телеграм-каналі, а також оперативно на них реагувати;
- у випадку дистанційної форми навчання, студенти мають вчасно завантажувати розділи курсового проекту в Google клас для перевірки.

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

Рейтингова оцінка з курсового проекту має дві складові. Перша (стартова) характеризує роботу студента з курсового проектування та її результат – якість пояснювальної записки та графічного матеріалу. Друга складова - якість захисту студентом курсового проекту.

Розмір стартової складової дорівнює 60 балів, а складової захисту – 40 балів.

1. Стартова складова:

- своєчасне виконання календарного плану з курсового проекту – до 5-10 балів за кожний етап календарного графіку (всього максимум 40 балів за всі 5 етапів), за кожний тиждень запізнення штрафні бали по кожному пункту складають 20 % від максимуму;
- якість оформлення, виконання вимог нормативних документів – до 5 балів;
- якість графічного матеріалу і дотримання вимог ДСТУ – до 5 балів.

2. Складова захисту курсового проекту:

- ступінь володіння теоретичним матеріалом (2 теоретичні запитання по курсовому проекту) – до 20 балів;
- повнота висновків щодо виконаної роботи та рекомендацій щодо їх застосування – до 10 балів. Керівник курсового проекту має право відзначити оригінальність технічних рішень, активність та своєчасність виконання курсового проекту шляхом нарахування додаткових бонусних балів в розмірі до 10 балів.
- У випадку дистанційного навчання захист може бути проведено у вигляді тестування, яке сумарно оцінюється у 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
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст. викладач, к.т.н., Тимохін Олександр Вікторович

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8 від 18.04.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №8 від 27.04.2023 р.)



Спецпитання з виробництва та розподілу електроенергії

Силабус освітнього компоненту

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістр)</i>
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	УПРАВЛІННЯ, ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕНЕРГОСИСТЕМ
Статус дисципліни	Вибіркові, цикл професійної підготовки
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	45 годин / 1,5 кредитів ECTS (45 СРС, залік)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>Заколюдажний Володимир Васильович</i> , zakolodyazhny-fea@ill.kpi.ua
Розміщення курсу	Google Classroom https://classroom.google.com/c/NjEyMTE1OTU3NzE4?cjc=ycehfwx

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Спецпитання з виробництва та розподілу електроенергії. Курсовий проект» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми "Управління, захист та автоматизація енергосистем".

Метою навчальної дисципліни є закріплення у студентів наступних загальних та фахових спеціальних компетентностей: ЗК02 - здатність до використання загальних та комунікаційних технологій, ЗК03 - здатність використовувати знання у практичних ситуаціях, ЗК06 - здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями,

ФК01 - здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; ФК02. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ФК03. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ФК04 - здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці, ФК05 - здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, економічні та комерційні міркування,

що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; ФК06. Здатність керувати проектами і оцінювати їх результати.

ФК07. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів. ФК08. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові акти, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. ФК09. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем. ФК10. Здатність демонструвати обізнаність з питань інтелектуальної власності та контрактів в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. ФК11 - здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач, планувати, організовувати та проводити наукові дослідження в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, ФК12 - здатність 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, здатність керувати процесами та оцінювати їх результати, ФК13 - здатність до моделювання, розрахунку та аналізу параметрів перехідних електромагнітних процесів в електроенергетичних системах, ФК14 - здатність визначати типи протиаварійної автоматики та систем керування, необхідні для забезпечення функціонування електроенергетичного обладнання в нормальних та аварійних режимах, та виконувати розрахунки параметрів їх налаштування, ФК17 - здатність розуміти принципи організації та особливості функціонування інформаційно-управляючих систем та засобів збереження інформації в електроенергетиці.

Предмет навчальної дисципліни – розробка проекту релейного захисту системної та протиаварійної автоматики електричної мережі. Вибір пристроїв захисту та автоматики. Розрахунок уставок пристроїв захисту та автоматики. Розгляд методів другого порядку для моделювання і оптимізації ustalених режимів роботи ЕЕС, формування статистичних моделей, регулювання напруг і генерація реактивної потужності в електричній мережі, оптимізаційні задачі АСДУ.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна: РН02. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем; РН04 - реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електромеханічні і електротехнічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та подовження ресурсу, РН06 - здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності, РН09 - дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України, РН12. Демонструвати розуміння нормативно-правових актів, норм, правил та стандартів в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; РН15. Знати основні види інтелектуальних прав та способи їх захисту, методологічних та законодавчих основ створення об'єктів інтелектуальної власності, переліку основних відкритих міжнародних банків електронних ресурсів для забезпечення підтримки освітньої та науково-інноваційної діяльності, РН17 - вміти обирати засоби протиаварійної автоматики та систем керування, необхідних для забезпечення функціонування електроенергетичного обладнання в нормальних та аварійних режимах, та вміти визначити оптимальні параметри їх налаштування, знати типи протиаварійної автоматики та систем керування, принципи їх функціонування, методики розрахунку

параметрів їх налаштування; РН20. Знати і розуміти актуальні технічні та наукові проблеми, новітні підходи та сучасні методики проведення наукових досліджень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; вміти планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

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

При вивченні дисципліни використовуються знання з попередніх за навчальним планом дисциплін: основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці, автоматичне управління в енергосистемах. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни є необхідними для наукової роботи за темою магістерської дисертації, проходження практики та подальшого якісного виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна структурно складається з кількох розділів, а саме:

Розділ 1. Користуючись ПУЕ та вихідними даними вибрати обсяг і перелік релейного захисту та автоматики всіх елементів енергосистеми. Вибраний обсяг релейного захисту та автоматики елементів системи вказати на однолінійній схемі електропостачання умовним позначенням. Заданий фрагмент енергосистеми показати на кресленні пунктиром (див. рис. 2).

Розділ 2. Вибрати пристрої захисту для заданого фрагменту енергосистеми. Привести короткий технічний та функціональний опис вибраних пристроїв. Фрагменти вибираються з таблиці 1 та рис. 2. Типи пристроїв вказати на однолінійній схемі, поруч з приєднаннями, до яких вони відносяться.

Розділ 3. Для заданого фрагменту енергосистеми та обраних пристроїв захисту, виконати розрахунок уставок основних захистів (обладнання вищого класу напруги. Для станції – включно з генератором).

Розділ 4. Накреслити повну принципову схему однієї з застосовуваних схем автоматики (Розділ 4, АВР, АПВ, РПН, АРВ, АРКОН), вибрати уставки їх спрацювання і коротко описати їх призначення та принцип роботи.

Розділ 5. Провести розрахунок додаткових завдань по Розділу 4, відповідно свого варіанту.

Кількість годин: самостійна робота – 45 год.

Література: [1, 2, 3, 4]

Додаткові ресурси: [5, 6]

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література.

1. Конспект лекцій. «Спецпитання з виробництва та розподілу електроенергії. Частина 1. Проектування та експлуатація систем захисту, керування та автоматики». для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / Укл.: В.В. Заколюдажний, О.В. Хоменко – Київ: КПІ, 2023 –167 с.
2. Методичні вказівки до практичних робіт. «Спецпитання з виробництва та розподілу електроенергії. Частина 1. Проектування та експлуатація систем захисту, керування та автоматики». для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / Укл.: В.В. Заколюдажний, О.В. Хоменко – Київ: КПІ, 2023 – 26 с.

3. *Правила улаштування електроустановок* : 2017. – Офіц. вид. – К.: Форт, Мінпаливенерго України, 2017.
4. *Методичні вказівки до виконання курсового проекту. . «Спецітання з виробництва та розподілу електроенергії. Курсовий проект». для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / Укл.: В.В. Заколюдажний, О.О. Дмитренко, В.М. Хлистов – Київ: КПІ, 2023 – 70 с.*
5. *Навчальний посібник. Проектування електроенергетичних і електромеханічних систем та пристроїв. Релейний захист. Навчальний посібник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка, електромеханіка. / Є.І. Сокол, О.Г. Гриб, В.М. Баженов та ін. – Харків, ФОП Бровін О.В., 2020, 128 с.*

Додаткова література.

6. *Конспект лекцій з дисципліни «Електричні мережі та системи» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ Укл.: к.т.н., доцент Ключев О.В. – Кам'янське: ДДТУ, 2019, 196 стор.*

https://www.researchgate.net/publication/344830261_Projektuvanna_elektroenergeticnih_i_elektromehanicnih_sistem_ta_pristroiv_Relejniy_zahist

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Самостійна робота студентів

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Виконання курсового проекту Літературні джерела: [1-4]	40
2	Підготовка до заліку Літературні джерела: [1-4]	5
	ЗАГАЛОМ	45

Політика та контроль

6. 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.*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації 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. Штрафні бали нараховують за несвоєчасну подачу студентом лабораторних робіт.*

- політика дедлайнів та перескладань: 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 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.

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

Рейтингова оцінка з курсового проекту має дві складові. Перша (стартова) характеризує роботу студента з курсового проектування та її результат – якість пояснювальної записки та графічного матеріалу. Друга складова - якість захисту студентом курсового проекту.

Розмір стартової складової дорівнює 60 балів, а складової захисту – 40 балів.

1. Стартова складова:

- своєчасне виконання календарного плану з курсового проекту – до 5-10 балів за кожний етап календарного графіку (всього максимум 40 балів за всі 5 етапів), за кожний тиждень запізнення штрафні бали по кожному пункту складають 20 % від максимуму;
- якість оформлення, виконання вимог нормативних документів – до 5 балів;
- якість графічного матеріалу і дотримання вимог ДСТУ – до 5 балів.

2. Складова захисту курсового проекту:

- ступінь володіння теоретичним матеріалом (2 теоретичні запитання по курсовому проекту) – до 20 балів;
- повнота висновків щодо виконаної роботи та рекомендацій щодо їх застосування – до 10 балів. Керівник курсового проекту має право відзначити оригінальність технічних рішень, активність та своєчасність виконання курсового проекту шляхом нарахування додаткових бонусних балів в розмірі до 10 балів.
- У випадку дистанційного навчання захист може бути проведено у вигляді тестування, яке сумарно оцінюється у 40 балів.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № 7-177 від 01.10.2020 Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус)

склав Заколюдажний В.В.

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8 від 18.04.2023 р.)

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