



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>УПРАВЛІННЯ, ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕНЕРГОСИСТЕМ</i> |
| Статус дисципліни | <i>НОРМАТИВНІ, цикл професійної підготовки</i> |
| Форма навчання | <i>Заочна</i> |
| Рік підготовки, семестр | <i>1курс, весняний семестр</i> |
| Обсяг дисципліни | <i>180 годин / 6 кредитів ECTS (14 лек., 12 практичн., 154 СРС, залік)</i> |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | <i>Залік / МКР</i> |
| Розклад занять | <i>http://rozklad.kpi.ua/</i> |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | <i>Лектор: 1) Заколядзяжний Володимир Васильович, zakolodyazhny-fea@i111.kpi.ua, 2) Хоменко Олег Володимирович, hotenko-fea@i111.kpi.ua</i> |
| Розміщення курсу | <i>Google Classroom https://classroom.google.com/c/MjYwMjE4MDQwMTk3?cjc=ojlkswo (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

Програма навчальної дисципліни «Спецпитання з виробництва та розподілу електроенергії» складена відповідно до освітньо-професійної 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 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, ФК02 - здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методика, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; ФК06 - здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці, ФК09 - здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці, ФК16 - здатність до моделювання, розрахунку та аналізу

параметрів перехідних електромагнітних процесів в електроенергетичних системах, ФК17 - 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, ФК19 - здатність розуміти математичні підходи до принципів автоматичного регулювання в енергетичних системах, особливості функціонування пристроїв регулювання.

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:

PH02 - відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні, PH03 - опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електро-механічних системах, PH05 - аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах та системах, PH06 - реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електромеханічні і електротехнічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та подовження ресурсу, PH08 - враховувати правові та економічні аспекти наукових досліджень та інноваційної діяльності, PH12 - планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, PH14 - дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України, PH20 - виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами, PH21 - 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, методика розрахунку параметрів їх налаштування, PH23 - знати математичні засади принципів автоматичного регулювання в електроенергетичних системах та особливостей функціонування пристроїв регулювання, відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні..

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 розподілена на 2 частини, а саме:

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

Опис. 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

Література: [5, 6]

Додаткові ресурси: [1, 2]

Кількість годин: лекції – 7 годин, практичні – 12 год.

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.

Кількість годин: лекції – 7 годин, практичні – 0 год.

Література: [1-4]

Додаткові ресурси: [5]

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література.

1. 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>
2. 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 данні (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
3. 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.

4. 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: 4,473 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 108 с.
<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/49048>
5. Конспект лекцій. «Спеціалізація 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.
6. Спеціалізація з виробництва та розподілу електроенергії: Збірник задач і вправ для практичних занять [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, В.В. Заколюдажний. - Електронні текстові дані (1 файл: 2,444 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 45 с.
<https://drive.google.com/file/d/11Yg3sdlTvkfa5CwNhO3RR0UrwHCwzxeZ/view>
7. Правила улаштування електроустановок : 2017. – Офіц. вид. – К.: Форт, Мінпаливенерго України, 2017.

Додаткова література.

8. 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.
9. 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.
https://www.researchgate.net/publication/344830261_Projektuvanna_elektroenergeticnih_i_elektromehanicnih_sistem_ta_pristroiv_Relejnij_zahist

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) |
|-------|--|
| | Частина 1. Проектування та експлуатація систем захисту, керування та автоматики |
| 1 | Вступне заняття Літературні джерела: [5, 6] |
| 1 | Організація робіт у пристроях РЗА Літературні джерела: [5, 6] |
| 2 | Експлуатація кіл напруги пристроїв РЗА Літературні джерела: [5, 6] |
| 2 | Пристрої РЗА генераторів, блоків та автотрансформаторів Літературні джерела: [5, 6] |

| | |
|----|--|
| 3 | <i>Газовий захист Літературні джерела: [5, 6]</i> |
| 3 | <i>Диференційний захист шин станцій і підстанцій Літературні джерела: [5, 6]</i> |
| 4 | <i>Пристрої АВР 35-110 кВ. МКР Літературні джерела: [5, 6]</i> |
| | Частина 2. Розділ 1. Математичні моделі для аналізу і оптимізації режимів роботи ЕЕС |
| 4 | <i>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: струморозподіл в мережі, потокорозподіл, 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]</i> |
| | Частина 2. Розділ 2. Методи другого порядку в задачах моделювання і оптимізації режимів роботи ЕЕС |
| 5 | <i>Формування апроксимаційної моделі усталеного режиму роботи електричної мережі. 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, 4]</i> |
| 5 | <i>Методи другого порядку в оптимізаційних задачах. Апроксимаційна модель оптимізації. Узагальнений метод Ньютона. Загальний алгоритм оптимізації з використанням методів другого порядку. Літературні джерела: [1, 4]</i> |
| | Частина 2. Розділ 3. Статистичні моделі при аналізі режимів роботи ЕЕС |
| 6 | <i>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 двохфакторна та багатофакторна статистичні моделі. Квадратичні одно- та двох- факторні статистичні моделі. Приклади розрахунку моделей. Літературні джерела: [2]</i> |
| | Частина 2. Розділ 4. Регулювання напруги і реактивної потужності в електроенергетичній системі |
| 6. | <i>Вплив напруги на техніко-економічні показники споживачів та елементів електричної системи. Методи і засоби регулювання напруги Літературні джерела: [2, 3]</i> |
| | <i>Регулювання напруги трансформаторами з РПН. Закони регулювання напруги</i> |

| | |
|---|--|
| 7 | трансформаторами з РПН. Деякі технічні засоби регулювання напруги. Компенсація реактивної потужності в електричних мережах. Літературні джерела: [3] |
| Частина 2. Розділ 5. Оптимізаційні задачі АСДУ | |
| 7 | Технологічні питання оптимізації режимів роботи електричних мереж. Область допустимих режимів. Введення режимів в допустиму область. Оцінювання стану електричної системи. МКР Літературні джерела: [1, 3, 4] |

Лабораторні заняття – не передбачені

Практичні заняття

| № з/п | Тема практичного заняття | Кількість ауд. годин |
|-------|--|----------------------|
| 1 | Автоматичне форсування збудження і роззбудження синхронного генератора | 2 |
| 2 | Розрахунок релейного форсування турбогенератора ТГВ-300 при його роботі з машинним збуджувачем ВТ-1600 | 2 |
| 3 | Розрахунок режиму роботи АРЗ генератора ТВВ-165-2 | 2 |
| 4 | Розрахунок режимів роботи пристроїв струмового компаундування і узгодженого коректора | 2 |
| 5 | Розрахунок системи компаундування генератора | 2 |
| 6 | Влаштування несинхронного АПВ | 2 |
| | ЗАГАЛОМ | 12 |

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 |
|------|--|---------------------|
| 1 | Пристрої АВР 35-110 кВ Літературні джерела: [5, 6] | 2 |
| 2 | Основні захисти ПЛ 110-330 кВ Літературні джерела: [5, 6] | 2 |
| 3 | Резервні захисти ПЛ 110-330 кВ Літературні джерела: [5, 6] | 2 |
| 4 | Прискорення земляного захисту на паралельних лініях Літературні джерела: [5, 6] | 2 |
| 5 | Апаратура каналів протиаварійної автоматики і релейного захисту Літературні джерела: [5, 6] | 2 |
| 6 | Автоматичне повторне включення (ТАПВ, ШАПВ, ОАПВ) Літературні джерела: [5, 6] | 2 |

| | | |
|----|--|------------|
| 7 | Пристрій резервування відмови вимикачів (ПРВВ) Літературні джерела: [5, 6] | 2 |
| 8 | Мікропроцесорні пристрої РЗА ПЛ-330 кВ Літературні джерела: [5, 6] | 2 |
| 9 | Мікропроцесорні пристрої РЗА АТ 330/110 кВ Літературні джерела: [5, 6] | 2 |
| 10 | Режим заземлення нейтралей Літературні джерела: [5, 6] | 2 |
| 11 | Пристрої відбору напруги на лініях для АПВ і синхронізації Літературні джерела: [5, 6] | 2 |
| 12 | Поводження захисту при хитаннях і несинхронних вмиканнях. Літературні джерела: [5, 6] Модульна контрольна робота 1. | 2 |
| 13 | Підготовка до аудиторних занять Літературні джерела: [1-4] | 50 |
| 14 | Підготовка до практичних занять Літературні джерела: | 54 |
| 15 | Підготовка до МКР Літературні джерела: [1-4] | 20 |
| 16 | Підготовка до заліку Літературні джерела: [1-4] | 6 |
| | ЗАГАЛОМ | 154 |

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)

Поточний контроль: МКР.

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: позитивні оцінки (>59 балів) на календарному контролі і на кожному з 6 практичних 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 практичних завдань;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);

| Виконання 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.

Модульна контрольна робота.

Складається з розв'язання практичних задач.

Модульна контрольна робота складається з чотирьох практичних задач.

Ваговий бал задачі № 1 – 10 балів;

Ваговий бал задачі № 2 – 10 балів;

Ваговий бал задачі № 3 – 10 балів;

Ваговий бал задачі № 4 – 10 балів;

Максимальний бал за МКР – 40 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.

Виконання практичних робіт

Ваговий бал – 10,0.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 10.0 бали * 6 = 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 – 2,0 бали;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з суттєвими помилками – 2,1 - 3,0 бали;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з несуттєвими помилками – 3,1 - 5,0 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту має ряд неточностей – 5,1 - 7,0 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту має одну неточність – 7,1 - 9,9 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, повна відповідь на питання за темою практичної роботи – 10 балів.

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.

8. 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.)

Додаток № 1 до силябусу

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).

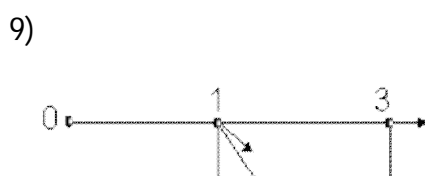
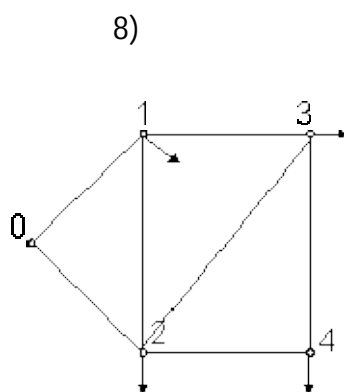
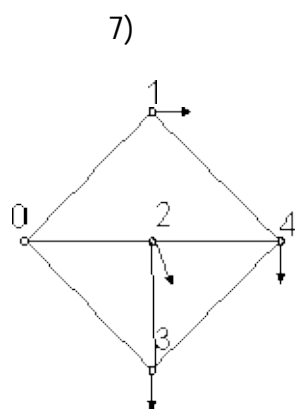
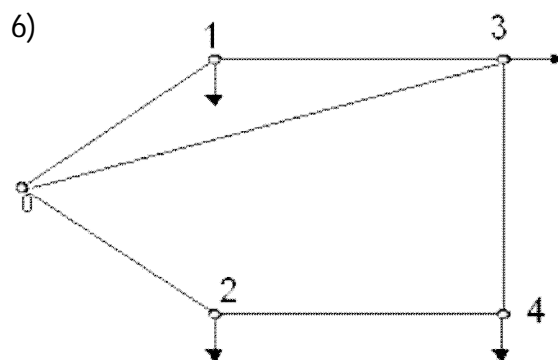
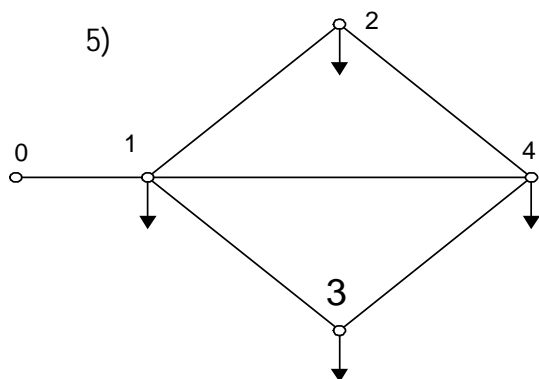
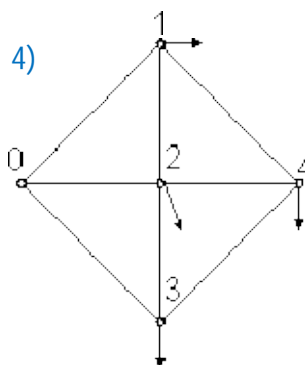
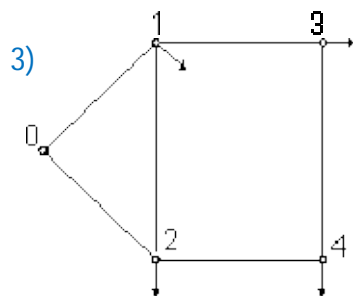
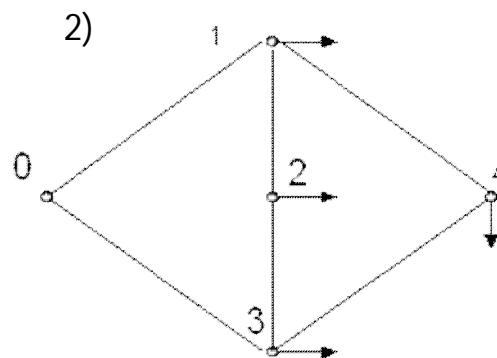
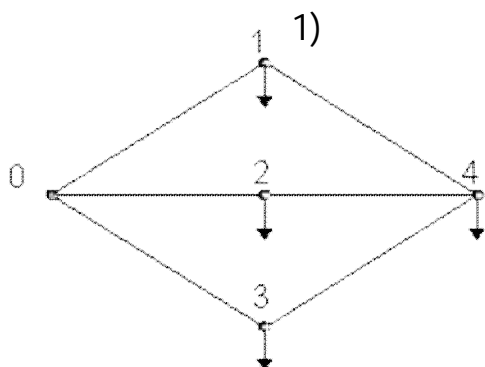
Відомі:

- схема електричної мережі (5 вузлів);
- напруга опорного вузла U_0
- провідності ділянок U_{ij}

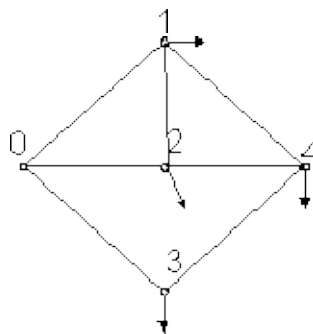


- активні потужності у вузлах P_1, P_2, P_3, P_4

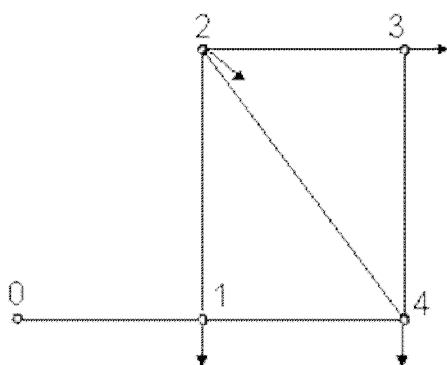
Варіанти схем електричної мережі:



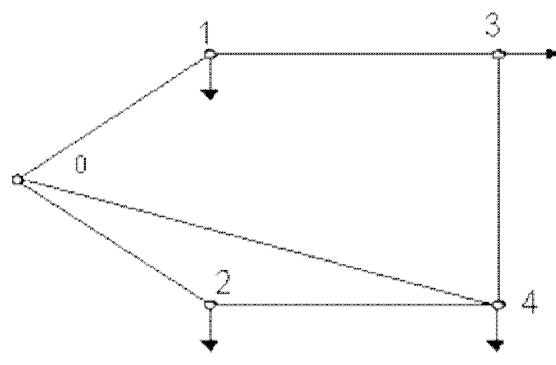
10)



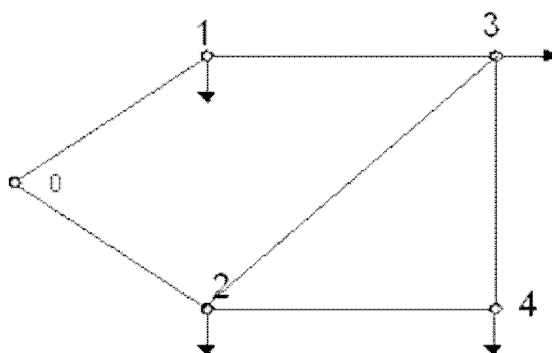
11)



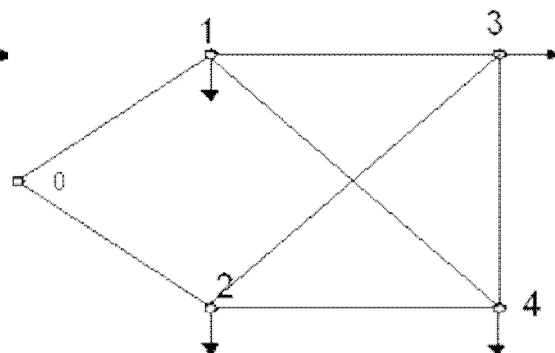
12)



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) сформувані *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) сформувані *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) сформувані *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 |
| P_{1t} | 11 | 14 | 15 | 20 | 13 | 10 | 11 | 12 | 10 | 16 |
| P_{2t} | 10 | 15 | 16 | 20 | 13 | 9 | 11 | 12 | 10 | 14 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ΔW_t | 21 | 22 | 22 | 26 | 21 | 17 | 21 | 21 | 19 | 22 |
| $P_{1п}$ | 6 | | | | | | | | | |
| $P_{2п}$ | 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) сформувані *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 |
| P_{1t} | 11 | 14 | 15 | 20 | 13 | 10 | 11 | 12 | 10 | 16 |
| P_{2t} | 10 | 15 | 16 | 20 | 13 | 9 | 11 | 12 | 10 | 14 |
| ΔW_t | 21 | 22 | 22 | 26 | 21 | 17 | 21 | 21 | 19 | 22 |
| $P_{1п}$ | 6 | | | | | | | | | |
| $P_{2п}$ | 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) сформувані *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 |
| P_{1t} | 11 | 14 | 15 | 20 | 13 | 10 | 11 | 12 | 10 | 16 |
| P_{2t} | 10 | 15 | 16 | 20 | 13 | 9 | 11 | 12 | 10 | 14 |
| ΔW_t | 21 | 22 | 22 | 26 | 21 | 17 | 21 | 21 | 19 | 22 |
| $P_{1п}$ | 6 | | | | | | | | | |
| $P_{2п}$ | 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) сформувані *двохфакторну лінійно-квадратичну* регресійну залежність втрат від навантаження ЛЕП, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати енергії при прогнозованому значенні потужностей $P_{Iп}$ і $P_{IIп}$.

| | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| t | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| P_{1t} | 10 | 14 | 14 | 20 | 13 | 10 | 11 | 12 | 10 | 16 |
| P_{2t} | 10 | 15 | 16 | 21 | 13 | 9 | 11 | 12 | 10 | 15 |
| ΔW_t | 21 | 22 | 22 | 26 | 21 | 17 | 21 | 21 | 19 | 22 |

| | |
|----------|----|
| $P_{1п}$ | 9 |
| $P_{2п}$ | 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) сформувані *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) сформувані *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) сформувані *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_{Π} | 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) сформувані *двохфакторну лінійно-квадратичну* регресійну залежність втрат від навантаження ЛЕП, визначити коефіцієнти регресії і обчислити сумарні втрати потужності при прогнозованому значенні потужностей $P_{1\Pi}$ і $P_{2\Pi}$.

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| t | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| P_{1t} | 21 | 24 | 25 | 26 | 23 | 19 | 18 | 22 | 19 | 26 |
| P_{2t} | 10 | 15 | 16 | 20 | 13 | 9 | 11 | 12 | 10 | 14 |
| $\Delta P_{\Sigma t}$ | 21 | 22 | 22 | 26 | 21 | 17 | 21 | 21 | 19 | 22 |
| $P_{1\Pi}$ | 16 | | | | | | | | | |
| $P_{2\Pi}$ | 11 | | | | | | | | | |

Варіант № 12

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

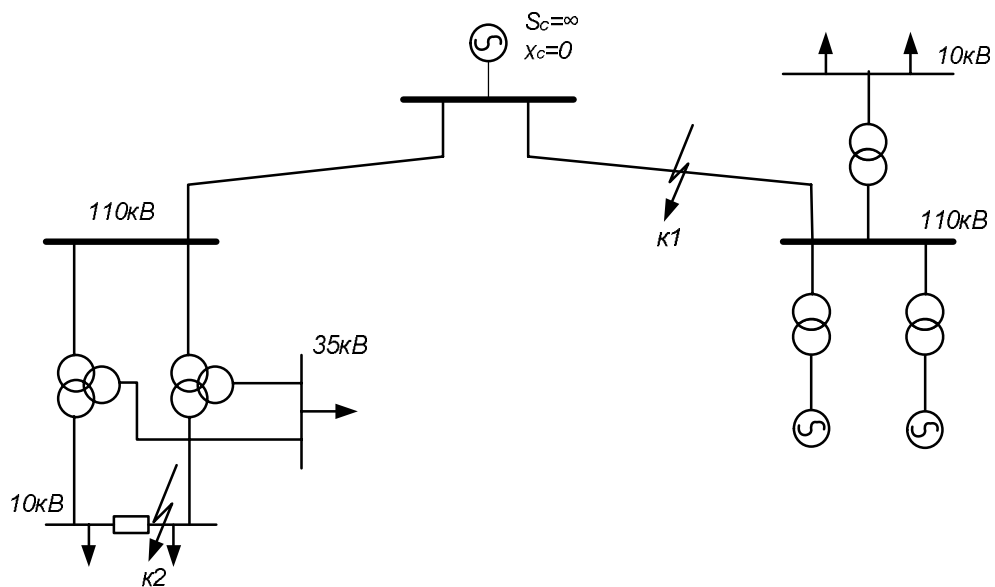
| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| t | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| P_{1t} | 12 | 13 | 14 | 20 | 13 | 10 | 11 | 12 | 10 | 15 |
| P_{2t} | 14 | 13 | 16 | 21 | 13 | 9 | 11 | 12 | 10 | 13 |
| $\Delta P_{\Sigma t}$ | 22 | 23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

Варіант № 13

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

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 $K2$.

