



Курсова робота з перехідних електромагнітних процесів в електроенергетичних системах

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

| | |
|---|--|
| Рівень вищої освіти | <i>Перший (бакалаврський)</i> |
| Галузь знань | <i>14 «Електрична інженерія»</i> |
| Спеціальність | <i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i> |
| Освітня програма | <i>Електричні станції (Power plants)</i> |
| Статус дисципліни | <i>Нормативна</i> |
| Форма навчання | <i>Очна(денна)/ дистанційна/змішана</i> |
| Рік підготовки, семестр | <i>IV курс, осінній семестр</i> |
| Обсяг дисципліни | <i>30 годин / 1 кредит ECTS</i> |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | <i>Залік/Захист курсової роботи</i> |
| Розклад занять | <i>Консультація – 1 раз на 2 тижні</i> |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | <i>Захист КР: к.т.н. Болотний Микола Петрович, nickolai.bolotnyi@lil.kpi.ua</i> |
| Розміщення курсу | <i>https://classroom.google.com/c/MjYxNDY2ODQxNzkz?cjc=5ilus47</i> |

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Курсова робота з перехідних електромагнітних процесів в електроенергетичних системах» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:

K05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

K08. Здатність працювати автономно.

K11. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР). K25. Здатність здійснювати розрахунки перехідних процесів в електроенергетичних системах для вибору та перевірки комутаційних апаратів та струмоведучих частин.

Програмні результати навчання:

PR10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.

PR21. Знати і розуміти методи розрахунку електромагнітних перехідних процесів при коротких замиканнях в електричних мережах.

PR23. Вміти застосовувати методи розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах.

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 «Перехідні електромеханічні процеси в електроенергетичних системах», «Електроенергетичні системи та мережі», «Експлуатація і режими роботи електричних станцій», «Електрична частина електричних станцій та підстанцій», «Релейний захист та автоматика енергосистем». Дисципліна “Курсова робота з перехідних електромагнітних процесів в електроенергетичних системах”, використовуючи відомі закони електротехніки, подає теорію електричних машин і трансформаторів, теорію автоматичного керування. При вивченні конструкції систем керування та режимів роботи електричних машин та електроенергетичної системи в цілому потрібні також знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, електроніки, основ метрології та електричним вимірюванням, загальні знання з інформатики, теорії перехідних процесів в електроенергетичній системі, розрахунку ustalених режимів, основ проектування електричної частини станцій та підстанцій, управління режимами електростанцій, теорії електричних машин, основ релейного захисту та автоматики енергосистем. Значну увагу приділено аналізу сфери застосування електричних машин; отримання досвіду моделювання несиметричних КЗ; отримання досвіду розрахунку стійкості складної системи; визначення заходів щодо зниження рівня струмів КЗ та підвищення стійкості енергосистеми. Дисципліна “Курсова робота з перехідних електромагнітних процесів в електроенергетичних системах” є базою при виконанні дипломного проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Перелік тем (варіантів вихідних даних)

В курсовій роботі необхідно виконати розрахунок параметрів елементів електроенергетичної системи в режимі короткого замикання відповідно до мети і завдань, викладених у [1].

До складу роботи входить:

1. Виконання розрахунків згідно умов завдання за своїм варіантом.
2. Приготування пояснювальної записки (ПЗ) з коротким описом завдання, методики розрахунків, з детальними розрахунками, підсумком (близько 20-30 сторінок).
3. Приготування рисунків спроектованих схем, вузлів та елементів (формат А4).
Окремі структурні частини, які обов'язково мають бути представлені в роботі:
 1. Складання заступної схеми. Приведення параметрів схеми до базисних умов. Спрощення заступної схеми і визначення коефіцієнтів струморозподілу.
 2. Обчислення діючого значення струму трифазного КЗ у початковий момент часу. Визначення ударного струму.
 3. Складання заступної схеми нульової послідовності. Визначення опору нульової послідовності елементів схеми. Визначення початкового значення періодичної складової струму при несиметричному КЗ. Побудова векторної діаграми при несиметричному КЗ.
 4. Визначення аперіодичної складової і повного струму КЗ у довільний момент часу.
 5. Підсумок за результатами виконання роботи.

У варіанті завдання вказується точка КЗ і шини підстанції (латинською літерою), де потрібно побудувати векторну діаграму. Основні вхідні дані для розрахунків за варіантами курсової роботи наведено у таблиці, інші необхідні параметри і матеріали вибрати відповідно до наведених прикладів, згідно [1]. Розрахункова схема складається на основі повної схеми електричної системи (рис. 1).

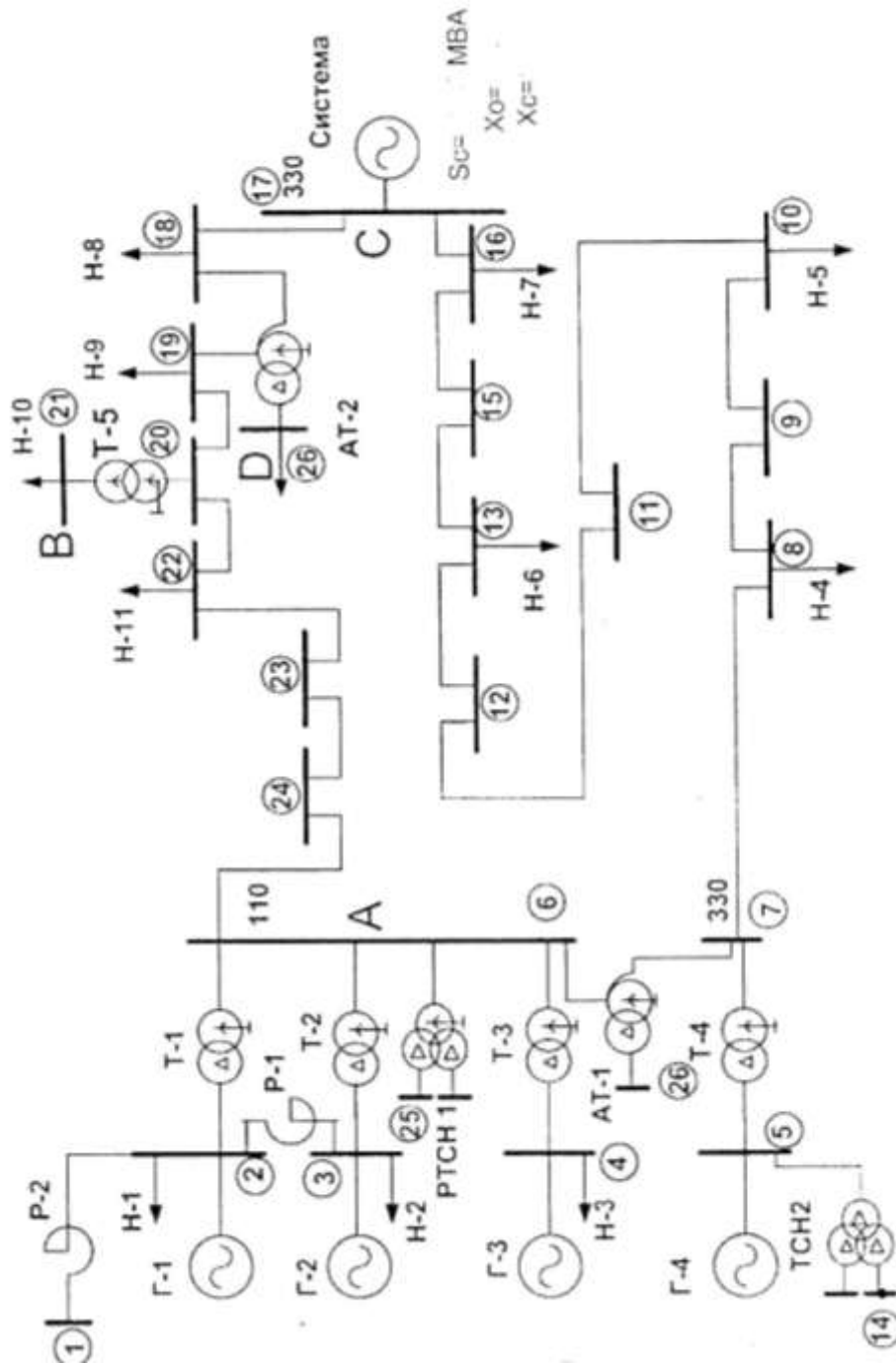


Рис.1 Схема електричної системи

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. *Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах: Курсова робота. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів всіх форм навчання спеціальності 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка /КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Є.І. Бардик, М.П. Болотний. – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 53 с.*

Додаткові:

2. *Перехідні електромагнітні процеси в електроенергетичних системах [Електронний ресурс]: навчальний посібник курсу лекцій для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ /КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Є.І. Бардик, М.П. Болотний – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 107 с*

3. *Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для ВНЗ / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка, 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.*
4. *Перехідні процеси в системах електропостачання: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / М. М. Черемісін, О. М. Мороз, О. Б. Єгоров, С. В. Швець. – Харків: ТОВ «В справі», 2016. – 260 с. – Бібліогр.: с. 254.*
5. *Сивокобиленко В. Ф., Василець С. В. Математичне моделювання перехідних процесів в електротехнічних комплексах шахтних електричних мереж : монографія. Луцьк : Вежа-Друк, 2017. 272 с.*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Навчальні заняття по дисципліні проводяться у вигляді консультацій, на яких, в тому числі, проводиться контроль виконання студентами календарного плану.

Консультація 1. Видача завдань, узгодження календарного плану роботи. Висвітлення особливостей самостійної роботи з літературними джерелами. Вимоги до змісту та оформлення курсової роботи.

Консультація 2. Відповіді на питання, які виникли при ознайомленні з джерелами літератури. Вибір параметрів електрообладнання (синхронні генератори, силові трансформатори, лінії електропередачі) досліджуваної системи згідно варіанта.

Консультація 3. Відповіді на питання, які виникли при силового електрообладнання. За розрахунковою схемою ЕЕС скласти заступну схему.

Консультація 4. Відповіді на питання, які виникли при складанні заступної схеми ЕЕС. Привести параметри схеми до базисних умов (базисну потужність задає керівник).

Консультація 5. Відповіді на питання, які виникли при приведенні параметрів схеми до базисних умов. Визначити еквівалентний опір схеми прямої послідовності для заданої точки короткого замикання. Визначити коефіцієнти струморозподілу схеми. Знайти початкове значення періодичної складової струму трифазного КЗ при ушкодженні в заданій точці, вважаючи ЕРС джерел живлення однаковими і рівними $E^ = 1,1$. Визначити ударний струм у точці КЗ.*

Консультація 6. Відповіді на питання, які виникли при виконанні задачі 1. Скласти заступну схему нульової послідовності. При відсутності шляху для протікання струмів нульової послідовності замінити групу з'єднання трансформатора, що примикає до точки КЗ, на Y_0/Y_0 . Визначити еквівалентний опір нульовий послідовності. Визначити початкове значення періодичної складової струму несиметричного КЗ (еквівалентний опір зворотної послідовності прийняти рівним еквівалентному опору прямої послідовності). Побудувати: векторні діаграми для напруг і струмів у точці КЗ; для напруг на шинах підстанції, вказаної у варіанті завдання.

Консультація 7. Відповіді на питання, які виникли при виконанні задачі 2. По типових кривих для моментів часу $t_1 = 0,0$ с; $t_2 = 0,1$ с; $t_3 = 0,5$ с; визначити періодичну складову струму трифазного КЗ.

Консультація 8. Відповіді на питання, які виникли в процесі розрахунку струмів КЗ методом типових кривих. Для заданих моментів часу визначити аперіодичну складову і повний струм трифазного КЗ.

Консультація 9. Відповіді на питання, які виникли при в процесі аналізу струмів КЗ задачі 1-3. Висвітлення особливостей розрахунку і побудови векторної діаграми синхронної машини . Узгодження графічної частини роботи та процедури проведення захисту.

Усі матеріали роботи повинні бути оформлені у відповідності з вимогами нормативної документації.

6. Самостійна робота студента

| №з/п | Вид самостійної роботи | Кількість годин СРС |
|------|--|---------------------|
| 1 | Самостійне опрацювання літературних джерел з тематики дисципліни | 5 |
| 2 | Виконання розрахунків за індивідуальним варіантом завдання | 15 |
| 3 | Формування пояснювальної записки курсової роботи | 8 |
| 4 | Захист курсової роботи | 2 |

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 бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності під час самостійного виконання етапів курсової роботи, за якість оформлення пояснювальної записки;
- обов'язковою умовою допуску до заліку є виконання всіх етапів курсової роботи;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за самостійне виконання етапів курсової роботи, передбачених 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 курсової роботи: допускається виключно індивідуальний захист курсових робіт. Оцінюється індивідуальний підхід кожного студента до вирішення поставлених перед ним задач;
- політика дедлайнів та перескладань: - несвоєчасне виконання етапів курсової роботи передбачає зменшення максимального балу, зазначеного у РСО за відповідний контрольний захід, до 75 %. Мінімальний бал не змінюється; - перескладання захисту курсових робіт не передбачено;
- правила призначення заохочувальних балів: - заохочувальні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за результатами участі у кафедральних, факультетських, інститутських та всеукраїнських науково-дослідних роботах з тематики дисципліни;
- 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 «Курсова робота з перехідних електромагнітних процесів 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 (PCO)

Поточний контроль: етапи виконання курсової роботи.

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

Семестровий контроль: захист курсової роботи, залік

Умови допуску до семестрового контролю: виконання всіх етапів курсової роботи та своєчасність виконання останніх двох етапів курсового проектування, семестровий рейтинг більше 30 балів.

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

- - своєчасність виконання графіку курсового проектування;
- - якість виконання пояснювальної записки (ПЗ);
- - якість виконання графічного матеріалу (ГМ);
- - якість захисту роботи.

| Своєчасність виконання | Якість ПЗ | Якість ГМ | Якість захисту |
|------------------------|-----------|-----------|----------------|
| 4 | 9 | 27 | 20 |

Своєчасність виконання етапів курсового проектування

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів за всі етапи курсового проектування – 4 бали * 9 = 36 балів. Мінімальна кількість балів за всі етапи курсового проектування – 4 бали * 9 * 60% = 22 бали.

Критерії оцінювання

Своєчасне виконання кожного з етапів курсової роботи оцінюється у 4 бали. Затримка виконання етапу курсового проектування на тиждень (крім останніх двох) оцінюється у 3 бали. Затримка виконання етапу курсового проектування на два і більше тижнів (крім останніх двох) оцінюється у 2,5 бали. Несвоєчасне виконання останніх двох етапів курсової роботи – 0 балів.

Якість виконання пояснювальної записки

Ваговий бал – 12.

Максимальний бал за якість виконання пояснювальної записки – 12 балів.

Критерії оцінювання

- повністю виконані всі розділи пояснювальної записки, виконані всі необхідні розрахунки, представлена вся необхідна теоретична частина обґрунтування розрахунків у обсязі не менш, ніж 90% потрібної інформації – 11...12 балів.
- пояснювальна записка виконана з певними недоліками, або розрахунки містять незначні неточності, або теоретичне обґрунтування розрахунків містить не менш ніж 75% потрібної інформації – 9...10 балів.
- пояснювальна записка містить недоліки, які не спотворюють її суть, розрахунки спрощені, або теоретичне обґрунтування розрахунків містять не менш ніж 60% потрібної інформації – 7...8 балів.
- пояснювальна записка не виконана, або виконана невчасно, або з суттєвими недоліками, або розрахунки не відповідають завданню, або відсутнє чи недостатнє теоретичне обґрунтування розрахунків – 0 балів.

Якість виконання графічного матеріалу

Ваговий бал – 12.

Максимальний бал за якість виконання графічного матеріалу – 12 балів.

Критерії оцінювання

- якісне виконання графічного матеріалу у повній відповідності до діючих стандартів та розрахунків, виконаних згідно індивідуального завдання – 11...12 балів.
- при виконанні графічного матеріалу допущені несуттєві недоліки стосовно оформлення або відповідності індивідуальному завданню – 9...10 балів.
- при виконанні графічного матеріалу були допущені недоліки, які несуттєво впливають на відображення результату теоретичних розрахунків, згідно індивідуального завдання та діючих стандартів – 7...8 балів.
- графічний матеріал не виконаний, або виконаний невчасно, або відсутня частина необхідного графічного матеріалу, згідно індивідуального завдання, або виконаний графічний матеріал не відповідає розрахунковій частині пояснювальної записки – 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 – захист курсової роботи, залік

На заліку студенти виконують захист курсової роботи перед комісією викладачів

Якість захисту курсової роботи

Ваговий бал – 40.

Максимальний бал за якість захисту курсової роботи – 40 балів.

Критерії оцінювання

- повна ґрунтовна доповідь про виконану курсову роботу, доведення вірності виконаних розрахунків, вільне орієнтування у виконаному графічному матеріалі, повні та вірні відповіді на задані запитання (містять не менш ніж 90% необхідної інформації) – 38...40 балів.
- доповідь про виконану курсову роботу містить несуттєві недоліки, або наявні несуттєві відмінності між результатами проведених розрахунків та графічною частиною роботи, достатньо повні відповіді на поставлені запитання (містять не менш ніж 75% необхідної інформації) – 30...37 балів.
- при доповіді про виконану курсову роботу допущені незначні неточності в обґрунтуванні теоретичних розрахунків або їх зв'язку з графічною частиною роботи, відповіді на поставлені запитання неповні, містять незначні помилки (містять не менш ніж 60% необхідної інформації) – 24...29 балів.
- пояснювальна записка або графічний матеріал не представлені до захисту, або під час доповіді про виконану курсову роботу допущені суттєві похибки, або наявні суттєві розбіжності між теоретичними розрахунками та графічною частиною проекту, або відповіді на поставлені запитання містять суттєві похибки чи недостатньо повні (містять менш ніж 60% необхідної інформації) – 0 балів.

Остаточний рейтинг студента складає сума балів отриманих за виконання всіх завдань, передбачених РСО, та за якість захисту курсової роботи на заліку.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| <i>Кількість балів</i> | <i>Оцінка</i> |
|----------------------------------|---------------------|
| <i>100-95</i> | <i>Відмінно</i> |
| <i>94-85</i> | <i>Дуже добре</i> |
| <i>84-75</i> | <i>Добре</i> |
| <i>74-65</i> | <i>Задовільно</i> |
| <i>64-60</i> | <i>Достатньо</i> |
| <i>Менше 60</i> | <i>Незадовільно</i> |
| <i>Не виконані умови допуску</i> | <i>Не допущено</i> |

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Болотним М.П.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА(протокол №9 від 18.05.2023 р)

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

Додаток 1

1. Аварійні режими в ЕЕС, їх наслідки та шляхи запобігання
2. Рівняння явнополюсної та неявнополюсної синхронної машини
3. Види перехідних процесів у ЕЕС, характерні ознаки можливих режимів
4. Визначення параметрів синхронних машин у початковий момент часу перехідного процесу
5. Види, причини, наслідки електромагнітних перехідних процесів у ЕЕС
6. Рівні припущень, що допускаються при математичному моделюванні синхронних машин
7. Похибки в розрахунках струму КЗ за точним та наближеним зведеннями показників елементів схеми заміщення короткозамкненого кола
8. Вплив двигунів та узагальненого навантаження на перехідний процес при КЗ у початковий момент часу
9. Основні причини пошкодження електротехнічного обладнання
10. Перехідні процеси в системі електропостачання при замиканні на затискачах синхронної машини з демпферними обмотками та без них
11. Призначення розрахунків струмів КЗ на різних ступенях розподілу електроенергії
12. Аналіз векторних діаграм асинхронних і синхронних машин в усталеному та надперехідному режимах
13. Вплив демпферних обмоток синхронних машин на перебіг перехідного процесу
14. Вплив АРЗ на характер перехідного процесу перебігу струму КЗ
15. Визначення струмів перехідного процесу в обмотках статора синхронної машини за допомогою рівнянь Парка-Горєва в операторній формі
16. Вплив електричної віддаленості точки КЗ на джерела живлення
17. Лінійне перетворення диференціальних рівнянь синхронних машин з трифазними обмотками та симетричним ротором
18. Визначення зміни повного струму та його складових при КЗ у різних точках ЕЕС
19. Усталені аварійні режими синхронних машин
20. Принципи складання схем заміщення електричних мереж для аналізу перехідних процесів

21. Джерела живлення місця КЗ та визначення створюваних ними струмів КЗ
22. Порівняння результатів розрахунку струму КЗ за його загальною та індивідуальною змінами для конкретної схеми ЕЕС
23. Особливості розрахунку струму КЗ для системи електропостачання підприємства
24. Розробка алгоритму та програми розрахунку струму КЗ у мережі напругою до 1 кВ для типової схеми електропостачання
25. Математичний апарат для розрахунку струмів КЗ у складних замкнених схемах з кількома джерелами
26. Особливості розрахунку струмів КЗ у складно замкнених схемах
27. Вплив електричної віддаленості точки КЗ на значення складових струму КЗ
28. Застосування методу симетричних складових при аналізі та розрахунку несиметричних КЗ
29. Опір прямої, зворотної та нульової послідовностей різних елементів
30. Складання схем заміщення для нульової послідовності та їх особливості
31. Види перехідних процесів у ЕЕС, характерні ознаки можливих режимів
32. Аналіз причин і наслідків виникнення несиметричних замикань в електричних мережах
33. Види, причини, наслідки електромагнітних перехідних процесів у ЕЕС
34. Побудова векторних діаграм при несиметричних замиканнях в електричних мережах
35. Похибки в розрахунках струму КЗ за точним та наближеним зведеннями показників елементів схеми заміщення короткозамкненого кола
36. Основні розрахункові співвідношення при несиметричних КЗ в одній точці та їх векторні діаграми струмів і напруг
37. Основні причини пошкодження електротехнічного обладнання
38. Особливості аналізу перехідних процесів при замиканнях в електричних мережах постійного струму
39. Призначення розрахунків струмів КЗ на різних ступенях розподілу електроенергії