



УСТАНОВКИ І ПРОЦЕСИ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Силабус освітнього компонента

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	14 – Електрична інженерія
Спеціальність	141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси (Electrotechnical devices and electrotechnological complexes)
Статус дисципліни	Обов'язкова (нормативна)
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	I курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	6 кредитів ECTS / 180 годин Аудиторних – 72 години: лекції – 54 годин; практичні – 18 годин самостійна робота – 108 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен / МКР
Розклад занять	1 лекція (2 години) 3 рази на 2 тижні; 1 практика (2 години) 1 раз на 2 тижні
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: член-кор. НАН України, д.т.н, професор, Щерба Анатолій Андрійович, e-mail: anat.shcherba@gmail.com
Розміщення курсу	Матеріали до курсу: https://classroom.google.com/c/NjEzOTM0MzU0ODUx?cjc=nfmigij

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус освітнього компонента «Установки і процеси електрофізичної технології» складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення у студентів наступних компетентностей: **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. **ФК14**. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем

Предметом дисципліни є конструкція, принципи роботи, фізичні явища та процеси в електротехнічних пристроях та електротехнологічних комплексах; типові математичні методи дослідження електротехнічних пристроїв та електротехнологічних комплексів; основні характеристики електротехнічних пристроїв та електротехнологічних комплексів.

Програмні результати навчання на формування та покращення яких спрямована дисципліна: **ПРН01.** Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електро-енергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем **ПРН21.** Організувати роботу та проводити координацію діяльності по забезпеченню електромагнітної сумісності технічних засобів на об'єктах електроенергетики. **ПРН22.** Використовувати сучасні методи моніторингу та діагностування стану ізоляції високовольтного електрообладнання в електричних системах та мережах, електричних станціях та підстанціях, на об'єктах альтернативної енергетики. **ПРН24.** Моделювати процеси в електротехнологічних комплексах та роботу електро-технічних пристроїв за допомогою систем автоматизованого проектування та розрахунку та прикладного програмного забезпечення.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Освітня компонента «Установки і процеси електрофізичної технології» є базовою дисципліною в структурі освітньої програми.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Математичні моделі процесів в об'єктах дослідження.

Тема 2. Багатоінтервальні процеси у напівпровідникових перетворювачах.

Тема 3. Стабілізація параметрів електричної енергії.

Тема 4. Сильні електричні поля у полімерній ізоляції кабелів надвисоких напруг.

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. Ю. В. Руденко, А. А. Щерба. Аналіз багатоінтервальних процесів у напівпровідникових перетворювачах. Київ: Про Формат, 2020. 352 с.
2. А.К. Шидловський, В.О. Новський, А.Ф. Жаркін. Стабілізація параметрів електричної енергії в трифазних системах напівпровідниковими коригуючими пристроями. Київ, Інститут електродинаміки НАН України. 2013. 378 с.
3. М.А. Щерба. Сильні електричні поля в полімерній ізоляції кабелів надвисоких напруг. Київ: Про Формат, 2019. 247 с.
4. Б. І. Мокін, О. Б. Мокін. Методологія та організація наукових досліджень: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2014. 180 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)
Тема 1. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ В ОБ'ЄКТАХ ДОСЛІДЖЕННЯ	
1	Лекція 1. Класифікація об'єктів дослідження Класифікація об'єктів дослідження з метою моделювання процесів в них в задачах прогнозу, оцінки стану та управління. Особливості моделювання статичних об'єктів дослідження. Математичні моделі лінійних детермінованих динамічних об'єктів з зосередженими параметрами і неперервними процесами в них. Математичні моделі лінійних детермінованих динамічних об'єктів з зосередженими параметрами і дискретними процесами в них.

2	Лекція 2. Математичні моделі нелінійних детермінованих динамічних об'єктів Математичні моделі нелінійних детермінованих динамічних об'єктів з зосередженими параметрами і неперервними процесами в них. Математичні моделі нелінійних детермінованих динамічних об'єктів з зосередженими параметрами і дискретними процесами в них. Математичні моделі лінійних стохастичних динамічних об'єктів з зосередженими параметрами і неперервними процесами в них. Математичні моделі лінійних стохастичних динамічних об'єктів з зосередженими параметрами і дискретними процесами в них.
3	Лекція 3. Особливості моделювання нелінійних стохастичних динамічних об'єктів Особливості моделювання нелінійних стохастичних динамічних об'єктів з зосередженими параметрами і неперервними та дискретними процесами в них. Особливості моделювання динамічних об'єктів з розподіленими параметрами. Особливості моделювання об'єктів з нечітко визначеними параметрами
4	Лекція 4. Ідентифікація синтезованих математичних моделей та оцінка їх адекватності процесам в об'єктах дослідження Ідентифікація математичних моделей статичних характеристик об'єктів дослідження. Ідентифікація математичних моделей детермінованих динамічних об'єктів з зосередженими параметрами і неперервними процесами в них. Ідентифікація математичних моделей детермінованих динамічних об'єктів з зосередженими параметрами і дискретними процесами в них.
5	Лекція 5. Ідентифікація математичних моделей стохастичних динамічних об'єктів Ідентифікація математичних моделей стохастичних динамічних об'єктів з зосередженими параметрами і неперервними процесами в них. Ідентифікація математичних моделей стохастичних динамічних об'єктів з зосередженими параметрами і дискретними процесами в них.
6	Лекція 6. Особливості ідентифікації моделей нелінійних динамічних об'єктів. Особливості ідентифікації математичних моделей нелінійних динамічних об'єктів. Особливості ідентифікації математичних моделей динамічних об'єктів з розподіленими параметрами. Оцінка адекватності математичних моделей процесам в об'єктах дослідження.
7	Лекція 7. Особливості експериментального дослідження об'єктів та процедур обробки його результатів Експеримент як спосіб створення бази даних. Вимоги до засобів вимірювання параметрів об'єктів і процесів під час їх експериментального дослідження. Обробка результатів експериментальних досліджень.
8	Лекція 8. Аналіз процесів в об'єктах дослідження з використанням їх математичних моделей Загальна характеристика етапу аналізу процесів в об'єктах дослідження. Характеристика обчислювальних можливостей ППП Mathcad і ППП MATLAB. Аналіз режимів в лінійних детермінованих об'єктах дослідження з неперервними процесами. Аналіз режимів в лінійних детермінованих об'єктах дослідження з дискретними процесами. Імітаційне моделювання процесів в об'єктах дослідження.
9	Лекція 9. Оптимізація параметрів та характеристик об'єктів дослідження Загальна характеристика 5-го етапу системного аналізу. Оптимізація режимних параметрів процесів в об'єктах дослідження. Пошук оптимальних умов протікання процесу в об'єктах дослідження на основі оптимальних планів активних експериментів
Тема 2. БАГАТОІНТЕРВАЛЬНІ ПРОЦЕСИ У НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ	
10	Лекція 10. Аналіз багатоінтервальних процесів у напівпровідникових перетворювачах Особливості аналізу електромагнітних процесів у напівпровідникових перетворювачах з високопотенціальними вузлами. Проблеми аналізу електромагнітних

	процесів у напівпровідникових перетворювачах для живлення електровакуумного обладнання. Особливості структур напівпровідникових перетворювачів з високопотенціальними вузлами для аналізу електромагнітних процесів.
11	Лекція 11. Огляд методів аналізу електромагнітних процесів Огляд методів аналізу електромагнітних процесів у напівпровідникових перетворювачах параметрів електроенергії
12	Лекція 12. Метод аналізу багатоінтервальних електромагнітних процесів у напівпровідникових перетворювачах Метод аналізу усталених електромагнітних процесів у напівпровідникових перетворювачах на основі усереднення в просторі станів. Точність розрахунку електромагнітних процесів у перетворювачах з еквівалентними RL – схемами заміщення.
13	Лекція 13. Аналіз точності розрахунку електромагнітних процесів у перетворювачах з еквівалентними RLC – схемами заміщення Аналіз точності розрахунку електромагнітних процесів у перетворювачах з еквівалентними RLC – схемами заміщення Розвиток методу усереднення в просторі станів для розрахунку багатоінтервальних процесів у напівпровідникових перетворювачах.
14	Лекція 14. Моделювання багатоінтервальних процесів у високочастотних перетворювачах за усередненими змінними Моделювання електромагнітних процесів у зворотноходових напівпровідникових перетворювачах з високопотенціальним трансформатором. Аналіз процесів у двотактних перетворювачах з урахуванням індуктивних параметрів їх високо- потенціального трансформатора.
15	Лекція 15. Вплив індуктивності розсіювання високопотенціального трансформатора Вплив індуктивності розсіювання високопотенціального трансформатора на вихідну потужність напівпровідникових перетворювачів. Розрахунок навантажувальних характеристик напівпровідникових перетворювачів з високопотенціальним трансформатором. Аналіз електромагнітних процесів і вибір граничних параметрів напівпровідникових перетворювачів з високопотенціальними вузлами.
Тема 3. СТАБІЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	
16	Лекція 16. Сучасний стан розробки методів і технічних засобів стабілізації параметрів електричної енергії в трифазних системах Порівняльний аналіз сучасного стану розробок у сфері створення перетворювальних пристроїв для стабілізації параметрів електричної енергії. Методи швидкодіючої стабілізації параметрів електричної енергії в трифазних системах з нестационарними та нелінійними однофазними навантаженнями.
17	Лекція 17. Способи керування напівпровідниковими коригуючими пристроями Способи керування напівпровідниковими коригуючими пристроями для швидкодіючої стабілізації параметрів електричної енергії. Нормативно-технічна база з питань забезпечення якості електричної енергії та ЕМС електроприймачів відповідно до сучасних європейських вимог.
18	Лекція 18. Забезпечення електромагнітної сумісності електроприймачів у трифазних незрівноважених системах Швидкодіюче зрівноважування режимів трифазної системи на основі застосування трансформаторно-ключових перетворювачів. Напівпровідникові коригуючі пристрої для зрівноважування струмів в електричних мережах зі змінними однофазними навантаженнями.
19	Лекція 19. Еквівалентні схеми електричних кіл з ідеальними чотириполюсниками. Еквівалентні схеми електричних кіл з ідеальними чотириполюсниками для синтезу нестационарних елементів швидкодіючих коригуючих пристроїв забезпечення ЕМС.

20	Лекція 20. Динамічна компенсація струмів вищих гармонік та нульової послідовності в трифазній чотирипровідній системі. Швидкодіюче зрівноважування режиму чотирипровідної системи на основі застосування напівпровідникових симетрокомпенсуючих пристроїв. Високочастотна компенсація струмів вищих гармонік і нульової послідовності на основі застосування реакторно-ключових перетворювачів.
21	Лекція 21. Слідкуючий тиристорно-реакторний компенсатор несинусоїдальних струмів. Слідкуючий тиристорно-реакторний компенсатор несинусоїдальних струмів у незрівноваженій чотирипровідній системі. Напівпровідникові ключові імітатори змінної напруги для визначення сприйнятливості електроприймачів до впливу кондуктивних завад у СЕП і умов відповідності нормованим рівням ЕМС.
22	Лекція 22. Вплив енергетичних процесів у однофазних мостових вентильних перетворювачах на параметри якості електроенергії. Визначення вхідних та вихідних струмів ключових мостових перетворювачів. Енергетичні процеси в мережевих мостових перетворювачах змінної напруги на постійну. Аналіз електромагнітних процесів у мережевих мостових перетворювачах змінної напруги на постійну з урахуванням особливостей режимів їх роботи.
Тема 4. СИЛЬНІ ЕЛЕКТРИЧНІ ПОЛЯ У ПОЛІМЕРНІЙ ІЗОЛЯЦІЇ КАБЕЛІВ НАДВИСОКИХ НАПРУГ	
23	Лекція 23. Математичне моделювання розподілу електричних полів у реальних діелектриках Методи математичного моделювання електричних полів та аналіз процесів електрофізичної деградації полімерних діелектриків. Водні триїнги та інші електрофізичні механізми старіння сучасної полімерної ізоляції високовольтних кабелів. Змінення конфігурації триїнгів у полімерній ізоляції при різних прикладених напругах. Змінення діелектричних характеристик зшитої поліетиленової ізоляції при виникненні електрофізичних механізмів її деградації. Методи підвищення діелектричних властивостей зшитої поліетиленової ізоляції високовольтних кабелів. Шляхи удосконалення розрахункових моделей електричного поля в полімерній ізоляції надвисоковольтних кабелів.
24	Лекція 24. Електричні поля і взаємозалежні електрофізичні процеси у полімерній ізоляції силових кабелів Умови виникнення нелінійних електричних характеристик сучасної полімерної ізоляції силових кабелів. Особливості сильного взаємного зв'язку електрофізичних процесів в ЗПЕ ізоляції з провідними мікродефектами. Фізико-математична постановка задачі розрахунку електричного поля в нелінійній ЗПЕ ізоляції. Розрахунок взаємозв'язаних електрофізичних процесів деградації ізоляції надвисоковольтних кабелів. Ступінь прояву та особливості нелінійних властивостей ЗПЕ ізоляції надвисоковольтних кабелів в залежності від конфігурації водних мікродефектів.
25	Лекція 25. Збурення електричного поля водними мікровключеннями Порівняльний аналіз збурень ЕП при лінійних і нелінійних властивостях ЗПЕ ізоляції. Передумови виникнення груп близько розташованих мікровключень в полімерній ізоляції. Збурення ЕП близько розташованими водним і повітряним мікровключеннями. Електричне поле при перехідному процесі зміни конфігурації водних мікровключень в рідкому діелектрику. Залежність збурення електричного поля від подрібнення водних включень у ЗПЕ ізоляції. Додаткові підсилення електричного поля при потраплянні "малих" водних включень в поле "великого".
26	Лекція 26. Збурення електричного поля водними триїнгами Збурення ЕП при появі на поверхні мікровключення нерозгалуженого водного триїнга. Збільшення густини струму в ЗПЕ ізоляції при зміні поперечного перерізу водних мікродефектів. Збурення ЕП близько розташованими мікровключенням і водним триїнгом.

	Збурення ЕП водним триїнгом конфігурації "нитки перлів". Порівняння збурень поля циліндричним триїнгом і триїнгом конфігурації "нитка перлів".
27	Лекція 27. Збурення електричного поля при проростанні водного триїнга Вплив степеню розгалуженості водного триїнга на характер збурення електричного поля в ЗПЕ. Розрахунок електромеханічних сил в ЗПЕ ізоляції кабелів біля водних мікродефектів при їх поширенні. Вплив конфігурації водного триїнга на густину струму в його каналі та збурення електричного поля в ізоляції. Загальні висновки про збурення електричного поля водними мікрровключеннями в ЗПЕ ізоляції.

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
Тема 1. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ В ОБ'ЄКТАХ ДОСЛІДЖЕННЯ	
1	Практика 1. Побудова математичних моделей нелінійних детермінованих об'єктів
2	Практика 2. Оцінка адекватності математичних моделей процесам в об'єктах дослідження
3	Практика 3. Аналіз процесів в об'єктах дослідження, оптимізація параметрів та характеристик об'єктів дослідження
Тема 2. БАГАТОІНТЕРВАЛЬНІ ПРОЦЕСИ У НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ	
4	Практика 4. Аналіз багатоінтервальних електромагнітних процесів у напівпровідникових перетворювачах
5	Практика 5. Моделювання багатоінтервальних процесів у високочастотних перетворювачах за усередненими змінними
Тема 3. СТАБІЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	
6	Практика 6. Керування напівпровідниковими коригуючими пристроями
7	Практика 7. Забезпечення електромагнітної сумісності електроприймачів у трифазних незрівноважених системах
Тема 4. СИЛЬНІ ЕЛЕКТРИЧНІ ПОЛЯ У ПОЛІМЕРНІЙ ІЗОЛЯЦІЇ КАБЕЛІВ НАДВИСОКИХ НАПРУГ	
8	Практика 8. Моделювання розподілу електричних полів у реальних діелектриках
9	Практика 9. Аналіз збурень електричного поля водними мікрровключеннями і триїнгами

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи
1	Підготовка до аудиторних занять
2	Підготовка до МКР
3	Підготовка до екзамену

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;

- **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-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за вказівкою викладача;
- **правила призначення заохочувальних балів:** заохочувальні не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у наукових конференціях;
- **політика дедлайнів та перескладань:** несвоєчасне написання МКР (крім пропусків через хворобу при наданні довідки від лікаря) передбачають множення максимального балу за певний вид активності на коефіцієнт 0,75. Мінімальний бал не змінюється. Допускається одне перескладання кожної МКР за бажанням студента у встановлені строки.
- **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.

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

Поточний контроль: МКР, відповіді на заняттях.

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

Умови успішного проходження календарного контролю: повне виконання навчального плану дисципліни на дату контролю.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: повне виконання навчального плану дисципліни.

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

- виконання МКР;
- відповідей на заняттях;
- виконання залікової роботи

№з/п	Контрольний захід	Макс. бал	Кільк.	Всього
1.	МКР	40	1	40
2.	Відповіді на заняттях	10	2	20
3.	Екзамен	40	1	40
	РАЗОМ			100

Модульна контрольна робота

Максимальний бал за МКР – 40 балів, мінімальний – 40 балів * 60% = 24 бали.

Критерії оцінювання:

- повні відповіді на теоретичні питання за темою роботи – (0,9..1) * 40 балів;
- неповні відповіді на теоретичні питання – (0,89..0,75) * 40 балів;

- часткові відповіді на теоретичні питання або відсутність відповідей на окремі питання – $(0,74..0,6) * 40$ балів;
- невірні відповіді на більшість теоретичних питань за темою роботи – 0 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль зазначено у додатку 1 до силабусу

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри теоретичної електротехніки ФЕА, член-кор. НАН України, д.т.н. Щербою А.А.

Ухвалено кафедрою теоретичної електротехніки (протокол № 18 від 25.06.2025)

Погоджено Методичною комісією факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 6 від 27.06.2025)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

Тема 1. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ В ОБ'ЄКТАХ ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Класифікація об'єктів дослідження
2. Математичні моделі нелінійних детермінованих динамічних об'єктів
3. Особливості моделювання нелінійних стохастичних динамічних об'єктів
4. Ідентифікація синтезованих математичних моделей та оцінка їх адекватності процесам в об'єктах дослідження
5. Ідентифікація математичних моделей стохастичних динамічних об'єктів
6. Особливості ідентифікації моделей нелінійних динамічних об'єктів
7. Особливості експериментального дослідження об'єктів та процедур обробки його результатів
8. Аналіз процесів в об'єктах дослідження з використанням їх математичних моделей
9. Оптимізація параметрів та характеристик об'єктів дослідження

Тема 2. БАГАТОІНТЕРВАЛЬНІ ПРОЦЕСИ У НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ

10. Аналіз багатоінтервальних процесів у напівпровідникових перетворювачах
11. Огляд методів аналізу електромагнітних процесів
12. Метод аналізу багатоінтервальних електромагнітних процесів у напівпровідникових перетворювачах
13. Аналіз точності розрахунку електромагнітних процесів у перетворювачах з еквівалентними RLC – схемами заміщення
14. Моделювання багатоінтервальних процесів у високочастотних перетворювачах за усередненими змінними
15. Вплив індуктивності розсіювання високопотенціального трансформатора

Тема 3. СТАБІЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

16. Сучасний стан розробки методів і технічних засобів стабілізації параметрів електричної енергії в трифазних системах
17. Способи керування напівпровідниковими коригуючими пристроями
18. Забезпечення електромагнітної сумісності електроприймачів у трифазних незрівноважених системах
19. Еквівалентні схеми електричних кіл з ідеальними чотириполюсниками
20. Динамічна компенсація струмів вищих гармонік та нульової послідовності в трифазній чотирипровідній системі
21. Слідкуючий тиристорно-реакторний компенсатор несинусоїдальних струмів
22. Вплив енергетичних процесів у однофазних мостових вентильних перетворювачах на параметри якості електроенергії

Тема 4. СИЛЬНІ ЕЛЕКТРИЧНІ ПОЛЯ У ПОЛІМЕРНІЙ ІЗОЛЯЦІЇ КАБЕЛІВ НАДВИСОКИХ НАПРУГ

23. Математичне моделювання розподілу електричних полів у реальних діелектриках
24. Електричні поля і взаємозалежні електрофізичні процеси у полімерній ізоляції силових кабелів
25. Збурення електричного поля водними мікровключеннями
26. Збурення електричного поля водними триїнгами
27. Збурення електричного поля при проростанні водного триїнга