



ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ МАТЕРІАЛИ

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 системи і мережі Управління, захист та автоматизація енергосистем</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, 2 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредити ECTS / 90 годин (лекцій – 4 години, лабораторних занять – 4 години)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/модульна контрольна робота, захист лабораторних робіт</i>
Розклад занять	<i>2 лекції, 2 лабораторних заняття</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лекції, лабораторні роботи: канд. техн. наук, доцент, Кириленко Катерина Всеволодівна, katakyr20@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/Mjc0MTUwMTQ4NDI0?cjc=avursty</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Вивчення навчальної дисципліни "Електротехнічні матеріали" сприяє формуванню спеціаліста, здатного виконувати роботу дослідника, конструктора, технолога та експлуатаційника електротехнічного, електромеханічного та електроенергетичного обладнання, забезпечуючи його високу якість та надійність в експлуатації, ефективне використання та кваліфіковане технічне обслуговування.

Метою вивчення дисципліни "Електротехнічні матеріали" є формування та закріплення у студентів наступних компетентностей:

(K07) працювати в команді; (K13) вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг; (K15) вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики; (K16) вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямовано навчальну дисципліну: (PRO7) здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Дисципліна "Електротехнічні матеріали" відноситься до професійно-орієнтованих дисциплін, що є обов'язковими для бакалавратів електромеханічного напрямку підготовки. Вона забезпечує сприйняття таких подальших дисциплін, як "Основи метрології та електричних вимірювань", "Електричні мережі та системи", "Електричні машини", "Релейний захист і автоматизація енергосистем", "Електрична частина станцій та підстанцій", та ін.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна містить 5 розділів.

Розділ 1. Вступ. Місце і роль дисципліни в підготовці бакалаврів-електротехніків. Визначення електротехнічних термінів. Загальні відомості про будову речовини, електротехнічні матеріали і їх класифікацію за різними критеріями..

Розділ 2. Діелектрики. В цьому розділі розглядаються поляризація і електропровідність діелектриків, діелектричні втрати, пробій діелектриків, фізико-хімічні, механічні і радіаційні властивості діелектриків та основні діелектричні матеріали.

Розділ 3. Провідникові матеріали. Класифікація і основні властивості провідникових матеріалів. Провідникові матеріали різного електротехнічного призначення.

Розділ 4 Напівпровідникові матеріали. Цей розділ включає загальну характеристику і розгляд основних властивостей напівпровідників, а також інформацію про основні напівпровідникові матеріали.

Розділ 5. Магнітні матеріали. Основні відомості про магнітні властивості матеріалів. Процеси в магнітних матеріалах. Намагнічування ферромагнетиків. Магнітом'які і магнітотверді магнітні матеріали..

4. Навчальні матеріали та ресурси

ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

1. Електротехнічні матеріали: Курс лекцій. Частина 1. Діелектричні матеріали. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмами «Електричні станції», «Електричні системи і мережі», «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси», «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії», «Електричні машини і апарати», «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність», «Управління, захист та автоматизація енергосистем» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», уклад.: В. М. Кириленко, К.В. Кириленко, В.М. Головка – Київ : КПІ ім Ігоря Сікорського, 2021. – 224 с. Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45608>
2. Електротехнічні матеріали: лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. М. Кириленко, К. В. Кириленко, М. О. Будько. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,71 Мбайт). – Київ : КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 74 с. – Назва з екрана. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48371>
3. Електротехнічні матеріали: оформлення звітів з лабораторних робіт [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / КПІ ім Ігоря Сікорського ; уклад.: К. В. Кириленко, В. М. Кириленко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,34 Мбайт). – Київ : КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 23 с. – Назва з екрана. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48385>

4. Колесов С.М., Колесов І.С. Електроматеріалознавство: підручник. – К.: «Видавництво Дельта», 2008. – 516 с.
5. Конструкційні та функціональні матеріали / Бабак В.П., Байса Д.Ф., Різак В.М., Філоненко С.Ф. У двох частинах. – К.: Техніка. – Ч.1, 2003. – 344 с.; ч.2, 2004. – 368 с.
6. Фізичне матеріалознавство: Навч. посіб. / Ю.М. Поплавко, Л.П. Переверзєва, С.О. Воронов, Ю.І. Якименко. - К.: НТУУ «КПІ», 2007. – Ч. 2: Діелектрики. - 392 с.

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

1. Електротехнічні матеріали: навч. посібн. / А.С. Головченко, Д.В. Ципленков, А.А.Колб, А.В. Ніколенко; Мін-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка» - Дніпро: НТУ «ДП», 20212. – 184 с.
2. ДСТУ 2843–94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення.
3. ДСТУ 2815-94 "Електричні й магнітні кола та пристрої. Терміни і визначення".
4. ДСТУ 2725–94. Матеріали магнітні. Терміни та визначення.

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	<p>Загальні відомості про електротехнічні матеріали. Поняття про електротехнічні матеріали. Класифікація матеріалів в зв'язку з їх властивостями і областями використання. Поняття про провідникові, напівпровідникові, діелектричні та магнітні матеріали.</p> <p>Природа поляризації речовини. Діелектрична проникність. Її залежність від частоти, температури і других зовнішніх факторів. Методи вимірювання діелектричної проникності. Електропровідність. Питома об'ємна і поверхнева провідність. Електропровідність газів, її природа і залежність від напруженості електричного поля. Електропровідність рідин. Електропровідність твердих діелектриків. Вплив домішок. Роль вологості. Залежність від температури. Діелектричні втрати. Повні і питомі втрати. Природа і види діелектричних втрат. Залежність від частоти і температури, агрегатного стану речовини і діелектричних параметрів. Методи визначення тангенса кута діелектричних втрат.</p> <p>Пробій діелектриків. Визначення і основні характеристики пробою. Пробивна напруга і електрична міцність. Пробій газів в однорідному і неоднорідному електричному полях. Залежність пробивної напруги від тиску і величини іскрового проміжку. Газу з підвищеною електричною міцністю. Пробій рідких діелектриків і механізм цього явища. Пробій твердих діелектриків. Закономірності теплового і електричного пробою. Електрохімічний пробій. Пробій неоднорідного діелектрика. Іонізаційний пробій. Поверхневий пробій. Методи визначення електричної міцності діелектриків.</p> <p>Механічні, фізико-хімічні властивості та теплові властивості діелектриків: Вплив радіоактивних випромінювань на діелектрики. Зміна властивостей діелектриків внаслідок дії навколишнього середовища.</p> <p>Газоподібні діелектричні матеріали. Використання газоподібних діелектриків в електротехніці та енергетиці. Рідкі діелектрики. Трансформаторна, конденсаторна і кабельна олива, синтетичні рідкі діелектрики. Використання рідких діелектриків в електротехніці та енергетиці. Тверді діелектрики. Природні смоли, полімери, пластмаси. Еластомери. Компаунди. Електроізоляційні лаки, емалі і клеї. Волокнисті</p>

	<p>матеріали: органічні і неорганічні, просочені і непросочені. Монокристалічні діелектрики і матеріали на їх основі для електротехнічного використання. Скло, його класифікація. Електротехнічна кераміка: електротехнічна порцеляна, конденсаторна кераміка та ін.</p> <p>Література: 1, с. 6-224; 4; с. 4-33, 66-217; 5, с. 3-10; 108-272 6, с. 5-12</p>
2	<p>Напівпровідникові матеріали.</p> <p>Загальні відомості і класифікація. Основні параметри, які характеризують властивості напівпровідникових матеріалів (тип провідності, ширина забороненої зони, рухливість носіїв зарядів і др.). Р-п – перехід в напівпровідниках. Використання напівпровідникових матеріалів для діодів, тріодів, терморезисторів, фоторезисторів, тензорезисторів, варисторів, датчиків Холла, для термоелементів та ін. Германій і кремній. Матеріали системи $A^{IV}B^{IV}$, $A^{III}B^{VI}$, $A^{II}B^{VI}$. Багатофазні напівпровідникові матеріали. Оксидні напівпровідники, карбід кремнію.</p> <p>Провідникові матеріали.</p> <p>Загальна характеристика провідникових матеріалів, питомий опір металів і сплавів. Залежність електричних властивостей металів від зовнішніх факторів. Класифікація провідникових матеріалів. Провідникова мідь її властивості і застосування. Провідникові бронзи і латуні. Алюміній, його властивості і застосування. Провідникові сплави на алюмінієвій основі. Срібло, золото, платина, паладій. Надпровідники і кріопровідники. Використання матеріалів високої провідності в проводах і кабелях. Загальні вимоги і класифікація провідникових сплавів за застосуванням. Сплави високого електроопору. Термопарні матеріали. Сплави для технічних резисторів. Жаростійкі сплави. Тугоплавкі метали і сплави. Сплави різного призначення. Контактні матеріали. Залізо, біметали. Припої і флюси. Неметалічні провідники.</p> <p>Магнітні матеріали.</p> <p>Призначення і класифікація магнітних матеріалів. Намагнічування магнітних матеріалів. Основні характеристики. Динамічна петля гістерезису. Динамічна, амплітудна і комплексна магнітні проникності. Магнітні втрати, їх розрахунок і шляхи зменшення цих втрат. Точки Кюрі магнітних матеріалів. Вплив хімічного складу, структури, механічної обробки і термообробки на магнітні властивості матеріалів. Магнітом'які матеріали в електротехніці. Магнітом'які матеріали для магнітопроводів. Особливості використання магнітом'яких матеріалів в електрообладнанні. Магнітотверді матеріали для постійних магнітів і магнітної пам'яті. Характеристики петлі гістерезису. Питома магнітна енергія. Стабільність постійних магнітів. Старіння магнітних матеріалів.</p> <p>Література: 4, с.310-346, с.265-346; 5, с.11-30; с.48-107; с.273-327,</p>

Лабораторні роботи

№	Короткий зміст лабораторної роботи
1	<p>Дослідження електропровідності твердих діелектриків.</p> <p>Мета роботи – дослідити вплив складу і структури матеріалу та факторів навколишнього середовища на значення питомих об'ємного – ρ_v та поверхневого – ρ_s опорів твердих діелектриків.</p> <p>Завдання на роботу</p> <p>1. Визначити ρ_v і ρ_s сухих твердих діелектриків при кімнатній температурі (об'єкти досліджень визначає викладач) і оцінити вплив складу і макроструктури на електропро-</p>

	<p>відність полярних і неполярних однорідних, волокнистих та композиційних діелектриків.</p> <p>2. Визначити ρ_v і ρ_s зволжених твердих діелектриків при кімнатній температурі і оцінити вплив вологи на електропровідність полярних і неполярних однорідних, волокнистих та композиційних діелектриків, порівнявши отримані результати з результатами п.1.</p> <p>3. Підготувати звіт з роботи з врахуванням мети роботи, основних і додаткових завдань, наведених у методичних вказівках з конкретних розділів роботи.</p> <p>Література [2], с. 11-15; [3], с. 7-12.</p>
2	<p>Дослідження електричної міцності діелектриків.</p> <p>Мета роботи – дослідити загальні закономірності пробою газоподібних, рідких та твердих (за вказівкою викладача) діелектриків.</p> <p>Завдання на роботу</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ознайомитися з інструкцією з техніки безпеки при високовольтних випробуваннях і отримати допуск до виконання роботи. 2. Дослідити залежність пробивної напруги повітря від тиску в однорідному електричному полі. 3. Побудувати графіки залежності пробивної напруги та електричної міцності повітря від тиску та пояснити їх. 4. Визначити у неоднорідному електричному полі значення пробивної напруги повітряного проміжку при різних відстанях між електродами. 5. Побудувати та пояснити залежність пробивної напруги та електричної міцності від відстані між електродами. 6. Визначити електричну міцність трансформаторного масла. Оцінити вплив домішок та зволоження на електричну міцність масла. 7. Підготувати звіт з роботи з врахуванням мети роботи, основних і додаткових завдань, наведених у методичних вказівках з конкретних розділів роботи. <p>Література [2], с. 25-29; [3], с. 17.</p>

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Вивчення лекційного матеріалу	56
2	Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, побудова графіків, оформлення звітів.	8
3	Виконання домашньої контрольної роботи	12
4	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 лабораторних заняттях. Відпрацювання лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;
- 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 classroom.google 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 захисту індивідуальних завдань: захист модульної контрольної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки МКР. Написання МКР є обов'язковим для допуску до заліку;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали.
- 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 «Електротехнічні матеріали»;
- 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)

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
Порушення принципів академічної доброчесності	Усунено

Рейтинг студентів з дисципліни складається з балів за виконання таких робіт:

- виконання і захист 2 лабораторних робіт;
- написання домашньої контрольної роботи;
- семестровий контроль - залік.

Система рейтингових (вагових) балів та критеріїв оцінювання

1. **Виконання лабораторної роботи** (підготовка до виконання лабораторної роботи, проведення експериментів, оформлення звіту і захист лабораторної роботи).

Ваговий бал – 20.

Максимальна кількість рейтингових балів: $20 \times 2 = 40$.

Критерії оцінювання:

- своєчасне і повне виконання лабораторної роботи (повністю оформлений звіт з виконаної роботи, задовільне оформлення розрахунково-графічної частини, повний аналіз результатів і змістовні висновки за результатами роботи), вичерпні відповіді на запитання питання, чітке визначення всіх понять; величин
20
- незначні помилки в розрахунково-графічній частині або неповні відповіді на запитання 15-19
- Неповне або неправильне виконання (відсутні завдання, суттєві помилки в розрахунках неправильні відповіді на запитання) 0...14

2. Домашня контрольна робота:

Ваговий бал – 60

Критерії оцінювання:

- Правильне і повне виконання 60
- Правильне, але неповне виконання (неповні відповіді або незначні помилки в розрахунках) 40...59
- Неповне або неправильне виконання (відсутні завдання, неправильні відповіді на теоретичні запитання, або суттєві помилки в розрахунках) 0...39

3. 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 – 10

Оцінюється викладачем від 0 до 10 балів в залежності від якості підготовленого матеріалу.

Розмір шкали рейтингу $R=100$ балів.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до заліку: виконання і захист всіх лабораторних робіт, написання домашньої контрольної роботи.

Студенти, які не набрали 60 балів або бажають підвищити свою оцінку виконують залікову контрольну роботу, при цьому набрані бали 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 процесів в електротехнічних матеріалах і принципів їх використання – 75...84 **бали**;
- припускаються суттєві помилки, неповне розуміння основних понять і суті процесів в електротехнічних матеріалах і принципів їх використання – 60...74 **бали**.
- Незнання матеріалу, нерозуміння основних понять і процесів в електротехнічних матеріалах – **менше 60 балів**

9. Додаткова інформація з навчальної дисципліни

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль.

1. Загальна характеристика сфер застосування електротехнічних матеріалів
2. Зв'язок між видами хімічних зв'язків у молекулах і конденсованій речовині і властивостями електротехнічних матеріалів
3. Основні положення зонної теорії твердих тіл і класифікація електротехнічних матеріалів в рамках цієї теорії.
4. Поляризація діелектриків. Основні фізичні і технічні параметри, які характеризують поляризацію.
5. Основні види та механізми поляризації, їхні особливості. Класифікація діелектриків за видами поляризації.
6. Особливості спонтанної поляризації та її залежність від температури та частоти.
7. Залежність діелектричної проникності діелектриків з різною структурою від температури та частоти.
8. Діелектрична проникність сумішей двох або більшого числа діелектриків, які не утворюють один з одним хімічні сполуки.
9. Основні класи активних діелектриків, особливості їх поляризації та області застосування.
10. Електропровідність твердих діелектриків. Вплив зовнішніх факторів на об'ємний та поверхневий питомі опори, методи їх вимірювання.
11. Електропровідність газів, несамостійна та самостійна провідність газів, струм насичення в газах.
12. Діелектричні втрати, механізми діелектричних втрат, повні і питомі втрати, кут діелектричних втрат.
13. Схеми заміщення діелектрика з втратами, векторні діаграми і вирази для $\operatorname{tg}\delta$ для них та можливості застосування схем заміщення.
14. Види діелектричних втрат в залежності від структури і властивостей діелектриків.
15. Вплив зовнішніх факторів на діелектричні втрати.
16. Загальна характеристика явища пробою діелектриків. Види пробою.
17. Фізика електричного пробою в однорідному полі.
18. Вплив електронегативності газів на їхню електричну міцність.
19. Залежність електричної міцності газів від тиску і відстані між електродами. Закон Пашена.
20. Теорія теплового пробою діелектриків.
21. Вплив характеристик діелектрика і зовнішніх факторів на пробивну напругу при тепловому пробойі.
22. Часткові розряди в діелектриках і характеристики їхньої інтенсивності.
23. Особливості і закономірності іонізаційного пробою.
24. Вологість, гігроскопічність, змочуваність, вологопроникність діелектричних матеріалів і їх вплив на експлуатаційні характеристики ізоляції.
25. Класи нагрівостійкості електричної ізоляції, температурний індекс і профіль нагрівостійкості ізоляційних матеріалів.
26. Вплив радіоактивного опромінювання на електричні, механічні та теплові властивості діелектриків.
27. Практичне значення теплопровідності, термостійкості, стійкості до термоудару та температурного коефіцієнту розширення електроізоляційних матеріалів.
28. Характеристика електроізоляційних властивостей повітря та інших газоподібних діелектриків.
29. Природні та синтетичні рідинні електроізоляційні матеріали, їхні властивості, особливості та основні області застосування.

30. Класифікація твердих діелектриків за різними критеріями, особливості та області застосування твердих діелектриків.
31. Властивості та області застосування слюд (мусковіту та флогопіту). Основні групи матеріалів на основі слюд, їхні властивості та області застосування.
32. Електроізоляційне скло і матеріали на його основі.
33. Найважливіші типи керамічних електроізоляційних матеріалів та області їхнього застосування.
34. Класифікація і області застосування полімерних діелектриків і пластмас.
35. Основні полімерні діелектричні матеріали, їхні властивості і застосування.
36. Еластомери, їхні властивості і застосування.
37. Лаки, емалі і компаунди, їхні властивості і застосування.
38. Волокнисті електроізоляційні матеріали (органічні і неорганічні), їхні властивості і застосування.
39. Загальна характеристика активних діелектриків.
40. Загальна характеристика провідникових матеріалів і їх застосування.
41. Основні властивості провідникових матеріалів.
42. Провідникові матеріали високої провідності: властивості і застосування.
43. Провідникові матеріали високого опору: властивості і застосування.
44. Термопарні матеріали: властивості і застосування.
45. Припої і провідникові матеріали для електричних контактів: властивості і застосування.
46. Надпровідникові і кріорезистивні матеріали: властивості і застосування.
47. Загальна характеристика і класифікація напівпровідників.
48. Вплив зовнішніх факторів на електропровідність напівпровідників.
49. Термоелектричні явища в напівпровідниках і їхні застосування.
50. Магнітоелектричні явища в напівпровідниках і їхні застосування.
51. P-n перехід в напівпровідниках, його властивості і застосування.
52. Магнітні властивості речовини і загальна класифікація магнітних матеріалів.
53. Магнітом'які матеріали, їхні властивості і застосування.
54. Магнітотверді матеріали, їхні властивості і застосування.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри відновлюваних джерел енергії, канд. техн. наук Кириленко К.В.

Ухвалено кафедрою ВДЕ (протокол № 10 від 17.05.2022)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 16.06.2022)