



Випробування електричних апаратів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	Випробування електричних апаратів (TESTING OF ELECTRICAL APPLIANCES)
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=9f535d05-ccd4-4f3a-983e-966c052418db
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор філософії Ткачук Ігор Валерійович, 0979885124 Лабораторні роботи: доктор філософії Ткачук Ігор Валерійович, 0979885124
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Випробування електричних апаратів» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістра з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів теоретичних знань та практичних навичок, достатніх для успішного виконання професійних обов'язків у сфері сучасних методів випробувань електричного обладнання, організації оптимальних процедур перевірки його технічного стану, а також методів та засобів пошуку несправностей.

Предмет навчальної дисципліни – є електричні апарати низької напруги, які широко використовуються в різних галузях промисловості, таких як будівництво, верстатобудування, аерокосмічна техніка, автономна енергетика. Програмні результати навчання:

Компетенції: (ЗК1-10) Здатність застосовувати знання на практиці; Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; Здатність спілкуватися іноземною мовою; Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій; Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; Здатність приймати обґрунтовані рішення; Готовність та здатність високоякісно виконувати роботу як самостійно так і колективно та приймати рішення в межах своїх професійних знань та компетенцій;

Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня; Здатність діяти соціально відповідально та свідомо. (ФК 2, 4-6, 10-13, 17) Здатність вирішувати практичні задачі із залученням апарату вищої математики, загальної фізики та теоретичної електротехніки; Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики; Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу; Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії; Усвідомлення необхідності підвищення енергоефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування; Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; Готовність до надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах; Здатність ідентифікувати, одержувати й розміщати необхідні дані, планувати й проводити аналітичні і експериментальні дослідження та моделювання електричних машин і апаратів, критично оцінювати дані й робити висновки; Здатність ефективно використовувати нові технології в процесі модернізації та реконструкції електричного обладнання, електричних машин та апаратів, електричного транспорту, електричних пристроїв, систем та комплексів.

Знання: чому необхідно вимірювати коефіцієнт абсорбції (PI/DAR) та які норми для сухої та вологої ізоляції. Уміння: розраховувати мінімально допустимий опір заземлювального пристрою для конкретної установки.

Досвід: студент повинен самостійно проводити комплекс профілактичних випробувань силового трансформатора 0,4 кВ.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини». При вивченні високоенергетичних постійних магнітів потрібні також знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, основам метрології та електричним вимірюванням. Значну увагу приділено аналізу сфери застосування високоенергетичних постійних магнітів та їх впливу на розвиток різноманітних галузей промисловості; передує вивченню дисциплін «Автоматизований електропривід», «Проектування електромеханічних систем».

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на 4 Блоки, а саме:

Блок 1: Основи діагностики та нормативна база

Блок 2: Діагностика ізоляції

Блок 3: Випробування силового обладнання

Блок 4: Спеціальні види випробувань

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Rao S. *Testing, Commissioning, Operation and Maintenance of Electrical Equipment*. 6th ed. New Delhi : Khanna Publishers, 1991. 350 p.
2. Gill P. *Electrical Power Equipment Maintenance and Testing*. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2008. 640 p.
3. Singh T. *Installation, Commissioning and Maintenance of Electrical Equipment*. New Delhi : S.K. Kataria and Sons, 1998. 420 p.

4. Норми випробування електрообладнання : ДСТУ EN 61230:2019 (IEC 61230:2019, IDT). [Чинний]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 45 с.

5. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-2025). 9-те вид., переробл. та допов. Харків : Гриф, 2025. 800 с.

Навчальний контент

4. 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	Загальні відомості про випробування електрообладнання Пошкодження та несправності, їх причини. Технічний стан електрообладнання. Види випробувань (приймально-здавальні, профілактичні, типові, сертифікаційні). Нормативні документи літературні джерела [1], с.8-29.
2	Безпека праці при проведенні випробувань Правила безпеки при роботі на електричних установках. Види інструктажів. Захисні засоби. Процедури ізоляції та блокування (Lock-out/Tag-out). Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом літературні джерела [1], с.38-54;
3	Випробування ізоляції Вимірювання опору ізоляції (мегомметри). Випробування підвищеною напругою промислової частоти. Випробування ізоляції постійною напругою. Визначення коефіцієнта абсорбції та поляризаційного індексу (PI, DAR) літературні джерела [2],с.57-89.
4	Діагностика трансформаторної олії Фізико-хімічні випробування олії (електрична міцність, тангенс кута діелектричних втрат, вологість, кислотне число). Хроматографічний аналіз розчинених газів (ХАРГ) літературні джерела [2], с.77-101.
5	Випробування силових трансформаторів Вимірювання опору обмоток постійному струму. Визначення коефіцієнта трансформації та групи з'єднань. Вимірювання напруги (струму) короткого замикання та втрат. Вимірювання струму та втрат холостого ходу. Випробування бака на щільність літературні джерела [4],с.11-26
6	Випробування комутаційних апаратів Випробування вимикачів (масляних, елегазових, вакуумних): визначення часу власного та повного відключення, перевірка синхронності ходу контактів, випробування ізоляції. Випробування контакторів та пускачів. Перевірка розчеплювачів автоматичних вимикачів

	літературні джерела [5], с.56-74
7	Теплові випробування та нагрів Випробування на нагрівання. Вимірювання перевищення температури. Термографічний контроль обладнання (тепловізори) літературні джерела [5], с.26-44
8	Електромагнітна сумісність та якість електроенергії Аналіз якості електроенергії. Вимірювання коефіцієнта гармонік. Перевірка спрацювання пристроїв захисного відключення (ПЗВ/RCD) літературні джерела [1], с.4-20.

Лабораторні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Вимірювання опору ізоляції обмоток електричних машин, кабелів та проводки (мегомметр).
2	Випробування трансформаторної олії на пробій (визначення електричної міцності) та інші види випробувань олії.
3	Визначення груп з'єднань та фазозсуву в трифазному трансформаторі.
4	Вимірювання опору заземлення різними методами (метод амперметра-вольтметра, використання вимірювача опору заземлення).

5. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	12
2	Розв'язок завдань	8
3	Підготовка до заліку	10

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. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах, участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання практичних завдань.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання лабораторних робіт передбачають нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту 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 «Монтаж та експлуатація електричних машин – 1»;
- 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: експрес-опитування, здача лабораторних робіт

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за роботу на лабораторних та лекційних заняттях, модульний контроль, семестровий рейтинг більше 40 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання двох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Здача лабораторних робіт	Rc	Rзал	R
16	54	70	30	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 2 бали * 8 = 16 балів. Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 2;
Здача лабораторних робіт

Ваговий бал — 6. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях дорівнює: 3 бали*4 = 24 балів.

Критерії оцінювання:

- 2 бали — допуск до виконання лабораторної роботи,
- 2 бали — правильність виконання розрахунків та оформлення протоколу,
- 2 бали — захист лабораторної роботи.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал — 15. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює: $15 \text{ балів} * 2 = 30$ балів. Критерії оцінювання:

- 15 балів - повна обґрунтована відповідь,
- 8 ... 10 балів - недостатньо обґрунтована відповідь,
- 6...7 балів - наявність 1- 2 помилок,
- 3 бали - необґрунтована відповідь з помилками.

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

Форма семестрового контролю – залік

Залікова робота складається із теоретичних запитань, виконаних в формі тестувань.

Критерії оцінювання заліку

Рейтинг $R_c \geq 0,6 * R$, тобто 70 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) * R$, тобто 28 – 41 балів – студенти складають залік.

Максимальний рейтинг заліку $R_z = 30$ балів.

Рейтинг заліку $R_z = 23 - 30$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг заліку $R_z = 15 - 22$ бали – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть електромагнітних процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг заліку $R_z = 6 - 14$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку $R_z \leq 6$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента) Перелік

тем, які виносяться на семестровий контроль

Основи роботи електричних двигунів:

1. Класифікація випробувань електрообладнання (приймально-здавальні, профілактичні, типові, сертифікаційні)
2. Нормативно-правова база випробувань (ПТЕ, ПБЕ, ДСТУ, ІЕС, ІЕЕЕ)
3. Безпека праці при проведенні випробувань (організаційні та технічні заходи, Lock-out/Tag-out)
4. Вимірювання опору ізоляції (мегомметр, методика, норми)
5. Оцінка зволоженості ізоляції (коефіцієнт абсорбції DAR, поляризаційний індекс PI)
6. Випробування ізоляції підвищеною напругою (промислової частоти, випрямленою, вимірювання струму витоку)
7. Діагностика трансформаторної олії (електрична міцність, тангенс кута діелектричних втрат, вологість, ХАРГ)
8. Випробування силових трансформаторів (опір обмоток, коефіцієнт трансформації, група з'єднань)
9. Випробування силових трансформаторів (струм та втрати холостого ходу, напруга та втрати короткого замикання)
10. Випробування масляних вимикачів (опір контактів, час відключення, синхронність)
11. Випробування вакуумних та елегазових вимикачів (вакуумна щільність, тиск елегазу, ізоляція)

12. Випробування контакторів, пускачів та автоматичних вимикачів (розчеплювачі, час спрацювання, напруга втягування)
13. Випробування кабельних ліній (випробування підвищеною напругою, опір ізоляції, пошук місця пошкодження)
14. Випробування повітряних ліній (стан ізоляторів, стріли провисання проводів)
15. Вимірювання опору заземлювальних пристроїв (методи, петля "фаза-нуль", норми)
16. Теплові випробування та термографічний контроль (нагрівання, перевищення температури, тепловізор)
17. Випробування на електромагнітну сумісність (якість електроенергії, коефіцієнт гармонік)
18. Випробування пристроїв захисного відключення (струм та час спрацювання ПЗВ/RCD)
19. Організація профілактичних випробувань (графіки, оцінка стану, прогнозування ресурсу)

Технологічні інновації:

Використання програмного забезпечення для моделювання двигунів.

Вплив цифровізації на розвиток систем керування.

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 доктором філософії кафедри електромеханіки ФЕА, старшим викладачем Ткачуком І.В.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА(протокол № від р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № від р.)

¹ Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.