



# КУРСОВИЙ ПРОЕКТ З ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

## 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>УПРАВЛІННЯ, ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕНЕРГОСИСТЕМ (CONTROL, PROTECTION AND AUTOMATION OF ELECTRICAL POWER SYSTEM)</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>45 годин / 1.5 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=32cb6fe0-b262-493d-a255-c4f3ea0f959c">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=32cb6fe0-b262-493d-a255-c4f3ea0f959c</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>к.т.н., доц. Гайденко Юрій Антонович, 0675061948 ст. викладач Дубчак Євген Михайлович, 0992231107 ст. викладач Котлярова Вікторія Володимирівна, 0509952028</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=860</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програма «Курсовий проект з електричних машин» 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 отримання теоретичних і практичних знань процесів електромеханічного перетворення енергії та формування у студентів здатностей:

K12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

K15. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

K17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання

K22. Здатність розуміти особливості функціонування обладнання електроенергетичних систем у сфері виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії.

K27. Здатність розробляти проекти автоматизованих систем керування технологічними процесами на базі мікропроцесорної техніки, систем релейного захисту та автоматики електричних підстанцій та станцій, систем передачі інформації в електроенергетиці

**Предмет навчальної дисципліни** – конструкція, принципи роботи, фізичні явища та процеси в трансформаторах; типові методи проектування силових трансформаторів з масляним охолодженням; основні характеристики трансформаторів.

**Програмні результати навчання:**

ПРО1. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПРО3. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПРО5. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПРО7. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПР20. Знати особливості функціонування обладнання електроенергетичних систем і розуміти положення нормативної документації та особливості виконання проектних розрахунків у сфері виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії.

## 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», «Теоретична механіка» та «Теоретичні основи електротехніки». Дисципліна «Курсовий проект з електричних машин», використовуючи відомі закони електротехніки, подає теорію трансформаторів. При вивченні конструкції та режимів роботи трансформаторів потрібні також знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, електроніки, основ метрології та електричних вимірювань. Значну увагу приділено аналізу сфери застосування трансформаторів та їх впливу на розвиток різноманітних галузей промисловості; передує вивченню дисциплін «Електрична частина станцій та підстанцій», «Електричні системи та мережі», «Релейний захист та автоматизація енергосистем», «Техніка високих напруг».

## 3. Зміст навчальної дисципліни

**Проектування силового трансформатора**, до якого увійшли питання про призначення та класифікацію трансформаторів, основи теорії роботи трансформатора при холостому ході, короткому замиканні та під навантаженням, про підхід до попереднього обрання основних електромагнітних навантажень та визначення геометричних співвідношень у залежності від матеріалів магнітопроводу та обмоток, обрання конструкції магнітопроводу та обмоток, розрахунку втрат та напруги короткого замикання, зусиль при короткому замиканні, втрат та струму неробочого ходу, вибір виду та кількості радіаторів та тепловий розрахунок трансформатора, перевірку та корегування відхилень від заданих значень втрат та напруги короткого замикання, зусиль при короткому замиканні, втрат та струму неробочого ходу.

## 4. Навчальні матеріали та ресурси

**Основні інформаційні ресурси:**

1. Красніков В.М., Сулейманов В.М., Давидов О.М. Електричні машини. Електромеханічні перетворювачі енергії. – Київ, Норіта-плюс, 2007.
2. Андрієнко В.М., Куєвда В.П. Електричні машини: Навч. посіб. – К.: НУХТ, 2010. – 366 с. ISBN 978-966-612-090-1.

3. Васьковський Ю.М., Гайдено Ю.А., Коваленко М.А. Математичне моделювання електричних машин з постійними магнітами: Навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (Гриф університету № 6; дата 12.06.2017) К.: КПІ імені Ігоря Сікорського, 2017.– 193 с. ISBN 978-966-622-269-8;
4. Тягові електричні машини електрорухомого складу: навчальний посібник /В. М. Безрученко, В. К. Варченко, В. В. Чумак. - Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. - 252 с. – ISBN 966-8471-00-8.
5. Електричні машини і трансформатори /підручник за заг. Ред. В. І. Мілих. – Х.: ХПІ, 2017. – 452 с.
6. Електричні машини і апарати: навчальний посібник / Ю.М. Куценко, В.Ф. Яковлев та ін. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 449 с.
7. Методические указания к выполнению курсового проекта «Трёхфазный силовой масляный трансформатор общего назначения» по дисциплинам «Проектирование электрических машин» и «Электрические машины» для студентов – иностранцев. / Сост. Н.Г.Анпилогов, А.Н.Давыдов, В.В.Чумак, И.И.Шахова – К.: НТУУ «КПИ», 2003. – 67с.

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компоненту)

Особливість навчальної дисципліни «Електричні машини курсовий проект» полягає в тому, що при її вивченні потрібно володіти не тільки математичними методами розрахунків, графічними редакторами та системами САПР, але й розуміти фізичну суть електромагнітних явищ та процесів.

Вивчення кожного розділу повинно починатись з постановки проблеми, її зв'язку з практичними потребами та з законами суспільного розвитку, а надалі – як вирішення проблем проектування разом зі студентами.

Рекомендовано студентам розрахунки вести в середовищі MathCAD для автоматизації розрахунків при змінах геометричних розмірів проводу, обмоток, магнітопроводу та електромагнітних навантажень.

Графічну частину студент може виконувати вручну, або за допомогою засобів AutoCAD, або Compass, або CorelDraw

Застосування рейтингової системи оцінки знань не тільки по результатах захисту, а також по ритмічності роботи, своєчасному виконанні розрахунків та їх корегуванні для входження у межі допустимих відхилень від заданих параметрів, якість виконання пояснювальної записки та графічної частини є додатковою мотивацією для студентів по вивченню матеріалу дисципліни та своєчасному та якісному виконанню проекту.

#### Графік виконання курсового проекту

Тиждень семестру	Назва етапу роботи	Навчальний час	
		Ауд <sup>1</sup>	СРС
1.	Отримання завдання на курсовий проект. Розробка технічних вимог, опис конструкції.		2
2.	Вибір головних розмірів, визначення діаметру та довжини стрижня магнітопроводу.		2
3.	Розрахунок розмірів обмоток нижчої напруги та вищої напруги.		2
4.	Розрахунок втрат короткого замикання.		4
5.	Розрахунок напруги короткого замикання.		6
6.	Корегування електромагнітних навантажень та співвідношень розмірів обмоток та магнітопроводу для входження у межі		3

	<i>допустимих відхилень втрат та напруги короткого замикання.</i>		
7.	<i>Розрахунок електромеханічних зусиль при короткому замиканні.</i>		3
8.	<i>Розрахунок втрат та струму неробочого ходу.</i>		3
9.	<i>Тепловий розрахунок трансформатора.</i>		4
10.	<i>Виконання графічної частини.</i>		6
11.	<i>Оформлення пояснювальної записки.</i>		6
12.	<i>Захист курсового проекту.</i>		4
	<i>Всього</i>		45

## 6. Самостійна робота студента

<b>№ з/п</b>	<b>Назва розділу, теми (окремого питання), що виноситься на самостійне опрацювання</b>	<b>Кількість годин СРС</b>
1.	<i>Технічні вимоги, опис конструкції трансформатора</i>	2
2.	<i>Розрахунок головних розмірів, визначення діаметру та довжини стрижня магнітопроводу.</i>	2
3.	<i>Розрахунок геометричних розмірів витків обмоток нижчої напруги та вищої напруги згідно з обраною конструкцією.</i>	2
4.	<i>Розрахунок втрат короткого замикання та принцип їх корегування.</i>	4
5.	<i>Розрахунок напруги короткого замикання та її корегування.</i>	6
6.	<i>Розрахунок електромеханічних зусиль при короткому замиканні.</i>	3
7.	<i>Розрахунок втрат та струму неробочого ходу та їх корегування.</i>	3
8.	<i>Розрахунок перепаду температури в обмотках, мастилi, на поверхні баку трансформатора та радіаторів, розрахунок розмірів баку, підбір конструкції та кількості радіаторів, розрахунок поверхні конвекції та випромінювання, кінцевий перепад температури обмоток відносно повітря, корегування та кількості радіаторів</i>	3
9.	<i>Виконання ескізів головної ізоляції, витків обмоток, вишини та діаметрів обмоток, схеми регулювання напруги, ескізу зусиль при короткому замиканні, ескізу перерізу стрижня та ярма магнітопроводу, ескізу для визначення розмірів баку, радіаторів, поверхонь охолодження, та збирального креслення з повздовжнім та поперечним перерізами.</i>	4
10.	<i>Формулювання висновків, порівняння результатів розрахунків з завданням, та причини і наслідки відхилень.</i>	6
11.	<i>Оформлення пояснювальної записки та креслення.</i>	6
12.	<i>Підготовка до захисту.</i>	4
	<i>Всього</i>	45

## 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;*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності під час проектування. 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 індивідуальних завдань: захист курсового проекту з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки КП (за умови дотримання календарного плану виконання КП);*

- 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 з дисципліни «Електричні машини», участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання РГР та несвоєчасний захист лабораторних робіт;
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання КП та несвоєчасний захист передбачають нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на захист, його результат оцінюється у 0 балів;
- 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 «Електричні машини»;
- 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:** експрес-опитування на консультаціях після виконання кожного етапу роботи.

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

**Семестровий контроль:** залік.

**Умови допуску до семестрового контролю:** мінімально позитивна оцінка виконання графіку роботи над проектом, семестровий рейтинг більше 30 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 консультаціях;
- виконання графіку робіт з проектування;
- якість оформлення креслення та пояснювальної записки КП;
- відповіді при захисті курсового проекту.

Експрес-опитування	Виконання графіку робіт	Оформлення креслення	Оформлення пояснювальної записки	Rc	Rзах	R
10	10	20	20	60	40	100

### **Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях**

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів на всіх консультаціях – 1 бали \* 10 = 10 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання 1 – 1.

### **Виконання графіку проектування**

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів за всі етапи проектування дорівнює  $1 \times 10 = 10$  балів.

Критерії оцінювання

- повне виконання етапу роботи, 10 балів;
- незначні затримки з виконанням етапу роботи – 4 ... 8 балів;
- суттєві затримки з виконанням етапу роботи – 1 ... 3 балів;
- затримки з виконанням етапу роботи більш за десять тижнів – 0 балів.

### **Оформлення креслення**

Оформлення складального креслення має бути з виконанням усіх вимог що до комплектності, розмірів, відповідності до розрахунків.

Критерії оцінювання

- відсутність зауважень – 20 балів;
- малосуттєві зауваження (наявність незначних помилок) – 15-19 балів;
- суттєві зауваження (наявність значних графічних помилок) – 5-14 балів;
- невідповідність креслення розрахункам – 0 балів.

### **Оформлення пояснювальної записки**

Оформлення пояснювальної записки має бути з виконанням усіх вимог що до правил оформлення технічної документації.

Критерії оцінювання

- відсутність зауважень – 20 балів;
- малосуттєві зауваження (наявність незначних помилок) – 15-19 балів;
- суттєві зауваження (наявність значних графічних помилок) – 5-14 балів;
- Невідповідність розрахунку та креслення – 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 – залік (захист)**

Залікова робота складається з відповіді на два теоретичних запитання

Критерії оцінювання захисту

Рейтинг  $R_c \geq 0,6 * R$ , тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг  $R_c$  в межах  $(0,4 - 0,59) * R$ , тобто 40 – 59 балів – студенти складають залік.

Максимальний рейтинг заліку  $R_z = 40$  балів.

Рейтинг заліку  $R_z = 33 - 40$  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  $R_z = 25 - 32$  балів – 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  $R_3 = 16 - 24$  балів – студент частково відповідає на питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку  $R_3 \leq 15$  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**

1. Призначення та класифікація трансформаторів.
2. Основні варіанти конструкції сучасних силових трансформаторів. Конструкція магнітопроводів і обмоток трансформаторів.
3. Схеми та групи з'єднання обмоток трансформаторів.
4. Принцип дії та електричні співвідношення в ідеальному трансформаторі.
5. Рівняння електрорушійних сил трансформатора.
6. Рівняння намагнічуючих сил.
7. Приведений трансформатор.
8. Схема заміщення трансформатора.
9. Намагнічуючий струм трансформатора.
10. Струм холостого ходу трансформатора.
11. Втрати холостого ходу трансформатора.
12. Холостий хід трансформатора.
13. Дослід холостого ходу трансформатора.
14. Режим і дослід короткого замикання реального трансформатора
15. Як покращити втрати  $K_3$ , напругу  $K_3$ , на що впливають ці показники.
16. Як покращити втрати  $H_X$ , струм  $H_X$ , на що впливають ці показники.
17. Як покращити охолодження трансформатора.
18. Робота трансформатора під навантаженням.
19. Зміна вторинної напруги трансформатора при навантаженні.
20. Зовнішня характеристика трансформатора.
21. Втрати і коефіцієнт корисної дії трансформатора.
22. Паралельна робота трансформаторів. Умови включення на паралельну роботу.
23. Пояснити, що відбувається при порушенні умов включення трансформаторів на паралельну роботу.

**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** старшим викладачем кафедри електромеханіки ФЕА Дубчаком Є.М.,

старшим викладачем кафедри електромеханіки ФЕА Котляровою В.В.

**Ухвалено** кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 14 від 25.05.2022 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>2</sup> (протокол № 10 від 16.06.2022 р.)

---

<sup>2</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.