



Турбо- гідрогенератори

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	
Спеціальність	<i>G3 «Електрична інженерія»</i>
Освітня програма	<i>ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ (ELECTRIC MACHINES AND APPARATUS)</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль / контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доц. Цивінський Сергій Станіславович, 0984424965</i> Лабораторні: <i>к.т.н., доц. Цивінський Сергій Станіславович, 0984424965</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Турбо- гідрогенератори» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістра за спеціальністю G3 «Електрична інженерія».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей використовувати основні закони електротехніки та електромеханіки при проектуванні електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ); ознайомлення студента з особливостями будови та роботи потужних синхронних машин таких як турбогенератори і гідроенергетичні машини, машинами які виробляють основну масу електричної енергії.

Предмет навчальної дисципліни – конструкції основних вузлів і систем забезпечення таких потужних синхронних машин як турбогенератори і гідроенергетичні машини, режимів роботи турбогенераторів і гідроенергетичних машин.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (ЗК1, 3, 5, 6) Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу, Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово, Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. (ФК 11, 19, 20, 22, 24, 25, 27) Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР), Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування, Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові

технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці, 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 здійснювати теплові розрахунки електричних машин і трансформаторів, виконувати їх моделювання та аналіз, Здатність здійснювати розрахунки механічної частини електричних машин і апаратів, механічних перехідних процесів, розраховувати параметри електричних машин і апаратів, виконувати їх моделювання та аналіз, Здатність вирішувати комплексні практичні задачі, пов'язані з розробкою фізичних й математичних моделей досліджуваних машин, приводів, систем, процесів, явищ і об'єктів у професійній сфері, розробляти методики та організовувати проведення експериментів з аналізом результатів.

Знання: про основні закони електротехніки та електромеханіки, щодо основ проектування та послідовності проектування електричних машин та трансформаторів загального призначення; про фізичні явища та процеси в електричних машинах та трансформаторах, їх принципи роботи та конструктивні особливості; про розробку фізичних та математичних моделей електричних машин та трансформаторів, математичні методи розрахунку параметрів, характеристик та режимів роботи електричних машин та трансформаторів; про методи і основні правила експлуатації електричних машин та трансформаторів.

Уміння: проводити розрахунки електричних машин та трансформаторів загального призначення різних типів, використовувати основні закони електротехніки та електромеханіки при поясненні принципів функціонування електромеханічних перетворювачів енергії; використовувати математичні методи при розрахунку параметрів, характеристик та режимів роботи електричних машин та трансформаторів; вибору електричних машин та трансформаторів для конкретних умов їх експлуатації; виконувати типові розрахунки параметрів, характеристик та режимів роботи електричних машин і трансформаторів, аналізу та опису сталих та перехідних процесів в системах та мережах, в яких застосовуються електричні машини та трансформатори.

Досвід: аудиторної та самостійної роботи при засвоєнні нового матеріалу; використання набутих знань при розв'язанні задач типового характеру; самостійного виконання курсового проекту "Трифазний силовий трансформатор загального призначення".

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», «Теоретичні основи електротехніки» та «Електричні машини». Дисципліна, використовуючи відомі закони електротехніки, подає теорію проектування електричних машин і трансформаторів. При вивченні конструкції та режимів роботи електричних машин та трансформаторів потрібні також знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, електроніки, основ метрології та електричним вимірюванням. Значну увагу приділено аналізу сфери застосування електричних машин та їх впливу на розвиток різноманітних галузей промисловості; передую вивченню дисциплін «Електричні мікромашини», «Спеціальні електричні машини», «Монтаж та наладка електромеханічних пристроїв», «Випробування, експлуатація та ремонт електромеханічних пристроїв», а також при виконанні бакалаврських і магістерських атестаційних робіт.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на 2 розділи, а саме:
Турбогенератори

Тема 1.1. Типи турбогенераторів. Основні чинники, визначаючі конструкцію ТГ. ТГ з різними системами охолодження. Асинхронізовані ТГ.

Тема 1.2. Конструкція статора ТГ. Корпус статора. Осердя статора. Обмотка статора. Торцеві щити. Повітроохолоджувачі і газоохолоджувачі. Опорні плити та фундамент

Тема 1.3. Конструкція ротора ТГ. Осердя і вал ротора. Конструкція обмотки ротора. Пазові клини та демпферна система ротора. Бандаж ротора. Контактні кільця та щітковий апарат. Підшипники. Ущільнення вала.

Тема 1.4. Експлуатаційні системи та пристрої ТГ. Газопостачання ТГ. Система водяного охолодження. Система масло постачання. Системи збудження. Контрольно-вимірювальні та захисні пристрої.

Тема 1.5. Режим роботи ТГ. Пуск ТГ. Нормальні режими роботи. Анормальні режими роботи. Аварійні режими роботи.

Тема 1.6. Модернізація ТГ. Модернізація осердя статора. Модернізація систем охолодження. Модернізація ротора.

Гідрогенератори

Тема 2.1. Основні чинники, визначаючі конструкцію ГГ. Особливості конструкції ГГ. Компонівка ГГ.

Тема 2.2. Статор ГГ. Корпус. Осердя та деталі його кріплення. Фундамент.

Тема 2.3. Обмотка статора ГГ. Типи обмоток. Конструкція обмоток. Схеми обмоток.

Тема 2.4. Ротор ГГ. Конструктивні типи. Вали. Остови. Ободи. Полюси. Струмопідвіди. Кріплення обода і основа ротора.

Тема 2.5. Хрестовина ГГ. Хрестовина ГГ підвісного типу. Хрестовина ГГ парасолько подібного типу. Компонівка вузлів, розташованих в зонах хрестовин.

Тема 2.6. Режим роботи ГГ. Нормальні режими роботи. Анормальні режими роботи. Аварійні режими роботи.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Проектування електромеханічних перетворювачів енергії. Трансформатори. Основи автоматизованого проектування електричних машин - 1 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електричні машини і апарати» / О. М. Давидов, С. С. Цивінський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 16 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 171 с.
2. Лябук М.Н. Розрахунок і конструювання силових трансформаторів. Навчальний посібник / М.Н. Лябук. – Луцьк. РВВ ЛДТУ, 2004. – 198 с.
3. Основи автоматизованого проектування електричних машин. Частина 1. Практичні заняття [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньою програмою «Електричні машини і апарати» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В. Чумак, С.С. Цивінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,04 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022 - 50 с.
4. Дистанційний курс «Основи автоматизованого проектування електричних машин-1 КП» <https://do.ipk.kpi.ua>

Додаткові:

1. Електричні машини і трансформатори : навч. посібник / М. О. Осташевський, О. Ю. Юр'єва; за ред. В. І. Мілих. – Харків : ФОП Панов А. М., 2017. – 452 с.
2. Андрієнко В.М., Куєвда В.П. Електричні машини: Навч. Посіб. – К.: НУХТ, 2010. – 366 с.
3. Красніков В.М., Сулейманов В.М., Давидов О.М. Електричні машини. Електромеханічні перетворювачі енергії. – Київ, Норіта-плюс, 2007.

4. *Transformer Design Principles: With Applications to Core-Form Power Transformers*, Robert M. Del Vecchio, Bertrand Poulin, Pierre T. Feghali, Dilipkumar M. Shah, Rajendra Ahuja, CRC Press; 2nd edition, June 2, 2010, 636 pages, ISBN: 978-1439805824
5. *Power Transformer Design Practices*, Fang Zhu, Baitun Yang, CRC Press; 1st edition, March 22, 2021, 282 pages, ISBN: 978-0367418434
6. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов: Учебное пособие для вузов.- 5-е изд., вузов.- 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1986-528с.
7. Постников И.М. Проектирование электрических машин.-Киев: Гостехиздат УССР, 1960.- 910с.

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.	Тема 1.1. Типи турбогенераторів. Основні чинники, визначаючі конструкцію ТГ. ТГ з різними системами охолодження. Асинхронізовані ТГ. дистанційний курс https://do.ipk.kpi.ua
2.	Тема 1.2. Конструкція статора ТГ. Корпус статора. Осердя статора. Обмотка статора. Торцеві щити. Повітроохолоджувачі і газоохолоджувачі. Опорні плити та фундамент. дистанційний курс https://do.ipk.kpi.ua
3.	Тема 1.3. Конструкція ротора ТГ. Осердя і вал ротора. Конструкція обмотки ротора. Пазові клини та демпферна система ротора. Бандаж ротора. Контактні кільця та щітковий апарат. Підшипники. Ущільнення вала. дистанційний курс https://do.ipk.kpi.ua/
4.	Тема 1.4. Експлуатаційні системи та пристрої ТГ. Газопостачання ТГ. Система водяного охолодження. Система масло постачання. Системи збудження. Контрольно-вимірювальні та захисні пристрої. дистанційний курс «Основи автоматизованого проектування електричних машин-1» лекція 4 https://do.ipk.kpi.ua
5.	Тема 1.5. Режим роботи ТГ. Пуск ТГ. Нормальні режими роботи. Анормальні режими роботи. Аварійні режими роботи. дистанційний курс «Основи автоматизованого проектування електричних машин-1» лекція 5 https://do.ipk.kpi.ua
6.	Тема 1.6. Модернізація ТГ. Модернізація осердя статора. Модернізація систем охолодження. Модернізація ротора. дистанційний курс https://do.ipk.kpi.ua
7.	Тема 2.1. Основні чинники, визначаючі конструкцію ГГ. Особливості конструкції ГГ. Компоновка ГГ. дистанційний курс https://do.ipk.kpi.ua
8.	Тема 2.2. Статор ГГ. Корпус ГГ. Осердя та деталі його кріплення. Фундамент. дистанційний курс https://do.ipk.kpi.ua
9.	Тема 2.3. Обмотка статора ГГ. Типи обмоток статора ГГ. Конструкція обмоток. Схеми обмоток. дистанційний курс https://do.ipk.kpi.ua
10.	Тема 2.4. Ротор ГГ. Конструктивні типи роторів ГГ. Вали. Остови. Ободи. Полюси. Струмопідвіди. Кріплення обода і основа ротора. дистанційний курс https://do.ipk.kpi.ua

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
11.	Тема 2.5. Хрестовина ГГ. Хрестовина ГГ підвісного типу. Хрестовина ГГ парасолько подібного типу. Компонування вузлів, розташованих в зонах хрестовин. дистанційний курс https://do.ipk.kpi.ua
12.	Тема 2.6. Режим роботи ГГ. Нормальні режими роботи. Анормальні режими роботи. Аварійні режими роботи. дистанційний курс https://do.ipk.kpi.ua

Лабораторні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1.	Створення технічної документації системи охолодження турбогенератора Створення специфікації паза статора турбогенератора Створення специфікації паза ротора турбогенератора Створення креслення та специфікації бандажного вузла ротора турбогенератора Створення креслення загального виду гідрогенератора
2.	Розв'язання задач з визначення фазних напруг та струмів, розрахункових потужностей за вихідними даними. літературні джерела [3] с.22 дистанційний курс «Основи автоматизованого проектування електричних машин-1» https://do.ipk.kpi.ua
3.	Розв'язання задач, які використовують вихідні дані ЕМПЕ для знаходження розрахункової потужності. літературні джерела [3] с.5 дистанційний курс «Основи автоматизованого проектування електричних машин-1» https://do.ipk.kpi.ua
4.	Розв'язання задач з використанням залежності розрахункової потужності від основних розмірів, електромагнітних навантажень та частоти обертання (мережі). літературні джерела [3] с.8 дистанційний курс «Основи автоматизованого проектування електричних машин-1» https://do.ipk.kpi.ua
5.	Вплив окремих чинників на величину розрахункової потужності. літературні джерела [3] с.8 дистанційний курс «Основи автоматизованого проектування електричних машин-1» https://do.ipk.kpi.ua

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	Підготовка до аудиторних занять	4
2.	Виконання лабораторних робіт	6
3.	Підготовка до МКР	4
4.	Підготовка до заліку	4

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 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.*
- *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: експрес-опитування, МКР, виконання лабораторних робіт

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: 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 лекціях;*
- *розв'язання задач на практичних заняттях;*
- *виконання трьох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).*

Експрес-опитування	Розв'язання задач	МКР	Rc	Rзал	R
5	25	30	60	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –
 $1 \text{ бали} * 5 = 5 \text{ бали}$.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1;

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях –
 $5 \text{ бали} * 5 = 25 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання

- самостійне розв'язання задач, вільне володіння темою заняття – 5;
- розв'язання задач за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 3;

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з трьох частин:

Ваговий бал кожної частини МКР – 10.

Максимальний бал за МКР – $10 * 3 = 30$.

Критерії оцінювання

- правильне розв'язання – 10 балів;
- часткове розв'язання, наявність незначних помилок – 5 балів;
- відсутність відповіді – 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

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання заліку

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 $R_z = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на залікові питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку $R_z \leq 15$ 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. Асинхронізовані ТГ.
2. Ізоляція обмотки статора.
3. Матеріали які використовуються для охолодження ТГ.
4. Ізоляція обмотки ротора.
5. Ущільнення вала.

6. Система безпеки при водневому охолодженні.
7. Система безконтактного збудження.
8. Аварійні режими роботи ТГ.
9. Система комп'ютерного моніторингу роботи ТГ.
10. Компоновка ГГ.
11. Способи підвищення жорсткості корпусу ГГ.
12. Способи охолодження осердя ГГ.
13. Ізоляція обмотки статора ГГ.
14. Ізоляція обмотки ротора ГГ.
15. Остови ГГ.
16. Способи кріплення полюсів ГГ.
17. Компоновка вузлів, розташованих в зонах хрестовин.
18. Аварійні режими роботи ГГ.

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 доцентом кафедри електромеханіки ФЕА, к.т.н., Цивінським С.С.

Ухвалено кафедрою електромеханіки факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 16 від 25.06.2025 р.)

Погоджено навчально-методичною комісією факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 6 від 27.06.2025 р.)