



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма

Електроенергетика

Рівень освіти

Бакалавр

Семестр

5

Інститут

ННІ електроенергетики, електроніки та електромеханіки

Кафедра

Електричні машини (126)

Тип дисципліни

Спеціальна (фахова), Обов'язкова

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Шевченко Валентина Володимирівна

Valentya.Shevchenko@khp.edu.ua

доктор технічних наук, доцент, професор кафедри електричних машин

Має більше 300 наукових та методичних публікацій, 5 монографій, 3 наукових посібника, 10 патентів. Має звання «ING-PAED IGIP» (Міжнародний педагог в галузі інженерної педагогіки IGIP). Викладає дисципліни Електричні машини, Електричні машини і апарати, Надійність і діагностика, Електричні генератори для ГЕС і міні-ГЕС, Перспективи використання надпровідності в електромеханіці.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна вивчає питання призначення, класифікації, устрою та принципу дії електричних машин (ЕМ) та трансформаторів, особливості їхньої роботи, виконується дослідження різних режимів, характеристики; вивчає питання складання програми вибору обладнання, експлуатації, виконання монтажу та обслуговування; діагностики і випробувань, визначення можливості подальшої експлуатації.

Мета та цілі дисципліни

Метою вивчення дисципліни є підготовка бакалаврів за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, що передбачає формування бази теоретичних і практичних знань майбутніх спеціалістів в області виготовлення, монтажу, експлуатації електричних машин (ЕМ), методів і засобів вимірювання параметрів ЕМ як в процесі виробництва, так і в процесі експлуатації. Знати принцип дії та основні характеристики ЕМ; вибирати необхідні ЕМ для електрообладнання промислових підприємств, проводити перевірку їхньої працездатності, знати як проводити пуск, гальмування, регулювання і реверс ЕМ.

Загальна кількість годин – 180, з них 48 годин лекцій, 16 годин лабораторних робіт, 16 годин практичних занять, 100 годин самостійної роботи, консультації. Підсумковий контроль – іспит.

Компетентності

- K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- K03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- K05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- K06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- K07. Здатність працювати в команді.
- K08. Здатність працювати автономно.
- K11. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР).
- 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.
- K19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.
- K20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.
- K23. Здатність розробляти прості конструкції електроенергетичних і електротехнічних об'єктів та оцінити механічну міцність розроблених конструкцій.

Результати навчання

- ПР01. 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.
- ПР03. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
- ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.
- ПР08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.
- ПР09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.
- ПР10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.
- ПР11. Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань.
- ПР15. Розуміти та демонструвати добру професійну, соціальну та емоційну поведінку, дотримуватись здорового способу життя.
- ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.
- ПР18. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.
- ПР20. Вирішувати професійні задачі з проектування, монтажу та експлуатації електроенергетичних, електротехнічних, електромеханічних комплексів та систем.
- ПР22. Знати та вміти розробляти прості конструкції електроенергетичних і електротехнічних об'єктів та оцінювати механічну міцність розроблених конструкцій

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 180 год. (6 кредитів ECTS): лекції – 48 год., лабораторні роботи – 16 год., практичні роботи – 16 год., самостійна робота – 100 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Вступ до спеціальності; Вища математика; Загальна фізика; Інформатика, обчислювальна техніка та програмування; Теоретична механіка; Теоретичні основи електротехніки; Електротехнічні матеріали; Основи метрології та електричних вимірювань; Основи електроніки; Теорія автоматичного керування; Комп'ютерна графіка та програмування.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Використовуються різні методи навчання, що використовують на лекційних, лабораторних та практичних заняттях відповідно до змісту робочої програми та з метою активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів при вивченні дисципліни (активні форми проведення занять, методи взаємодії між викладачем та студентами): лекція, лекція-діалог, лекційне опитування, лабораторні та практичні заняття, інженерний семінар, співбесіда, консультація. Поточний контроль реалізується у формі опитування на лекціях та консультаціях, при проведенні вхідного контролю та контролю виконання індивідуального завдання (РГ), при проведенні контрольних (модульних) робіт. Контроль вивчення розділів робочої програми, розділів, що освоюються під час самостійної роботи студента, проводиться шляхом перевірки конспектів та написання контрольної роботи. Семестровий контроль – екзамен (по екзаменаційних білетах), відповідно до навчального плану, з урахуванням результатів поточної успішності, в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою, в терміни, що встановлені навчальним планом.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Трансформатори

Тема 1.1. Тема 1. Основні закони електромеханіки. Закон електромагнітної індукції. Закон повного струму. Електротехнічні матеріали, що використовуються в електромашинобудуванні. Класи нагрівостійкості ізоляційних матеріалів. Призначення трансформаторів. Конструкція і принцип дії трансформатора. Класифікація трансформаторів.

Тема 1.2. Схеми та групи з'єднання обмоток трифазних трансформаторів. Приведений трансформатор. Дослід неробочого ходу трансформатора. Дослід лабораторного короткого замикання трансформатора. Визначення номінальних параметрів трансформатора по результатам дослідів неробочого ходу та лабораторного короткого замикання.

Тема 1.3. Схеми заміщення, рівняння та векторні діаграми трансформатора. Робота трансформатора при номінальному навантаженні. Характеристики трансформатора. Зовнішня характеристика трансформатора. Втрати та ККД трансформатора

Тема 1.4. Умови включення трансформаторів на паралельну роботу. Аналіз невиконання однієї з умов включення трансформаторів на паралельну роботу. Перехідні процеси в трансформаторах. Перехідний процес при раптовому короткому замиканні трансформатора. Перенапруга в трансформаторах.

Тема 1.5. Сучасні напрямки вдосконалення трансформаторів. Використання аморфних сталей для осердь трансформаторів. Розвиток систем охолодження трансформаторів (використання елегазів, криогенного охолодження, обмоток з високотемпературних надпровідників).

Тема 2. Загальні питання машин змінного струму

Тема 2.1. Поняття «електрична машина». Принцип оборотності ЕМ. Конструкція машин змінного струму. Класифікація ЕМ різного типу.

Тема 2.2. Обмотки статора машини змінного струму. Отримання обертового магнітного поля. ЕРС та МРС обмоток змінного струму.

Тема 2.3. Високі гармоніки в струмі статора машини змінного струму. Спектр гармонік. Засоби боротьби (зменшення) високих гармонік в струмі статора машини змінного струму. Скорочення та розподіл обмоток. Обмотковий коефіцієнт.

Тема 3. Асинхронні машини

Тема 3.1. Конструкція і принцип дії асинхронної машини в генераторному режимі та в режимі двигуна. Робота асинхронної машини з нерухомим та рухомих ротором. Рівняння і схема заміщення асинхронного двигуна (АД). Векторні діаграми АД в різних режимах роботи.

Тема 3.2. Втрати та ККД АД. Побудова енергетичної діаграми АД. Електромагнітний момент АД. Робочі характеристики асинхронного двигуна. Регулювання частоти обертання АД. Реверс АД.

Тема 3.3. Пуск АД. Проблеми та шляхи вирішення проблем пуску. Використання скін-ефекту як засіб поліпшення пускових характеристик АД. Глибокопазні та двокліткові АД.

Тема 3.4. Конструкція фазного ротора АД. Пояснення необхідності використання фазного ротора АД. Розрахунок пускових реостатів АД з фазним ротором в разі обмеження пускових струмів або збільшення пускового моменту.

Тема 3.5. Однофазні АД. Проблеми пуску, схеми та вибір пускових і робочих конденсаторів. Серії АД. Використання міді для обмоток роторів АД.

Тема 4. Синхронні машини

Тема 4.1. Конструкція і принцип дії синхронного генератора (СГ). Конструкції роторів СГ. Способи збудження СГ.

Тема 4.2. Реакція якоря в СГ. Рівняння МРС синхронного генератора. Векторні діаграми СГ.

Тема 4.3. Характеристики СГ з урахуванням конструкції ротора та різних типів навантаження: характеристика неробочого ходу, короткого замикання, зовнішня характеристика, навантажувальна та регульовальна. Кутова характеристика синхронних турбо- та гідрогенераторів.

Тема 4.4. U-подібні характеристики СГ. Коливання СГ. Робота СГ з перевантаженням, система автоматичного регулювання збудження (АРЗ).

Тема 4.5. Паралельна робота СГ з мережею. Умови включення СГ на паралельну роботу з мережею при точній та грубій синхронізації. Синхроскопи. Пуск та зупинка СГ на блоці електростанції (гідро-підйом, валоворотний пристрій).

Тема 4.6. Регулювання активної та реактивної потужності СГ при паралельній роботі. Статична та динамічна стійкість СГ. Раптове КЗ СГ. Підшипникові струми: причини появи, захист СГ від підшипникових струмів.

Тема 4.7. Принцип дії синхронного двигуна (СД). Конструкція і принцип дії СД. Проблеми і способи пуску СД. Регулювання частоти обертання СД.

Тема 4.8. Рівняння напруги та векторна діаграма СД. Робочі характеристики СД. U-подібні характеристики СД. Синхронний компенсатор.

Тема 5. Машини постійного струму

Тема 5.1. Конструкція та принцип дії машин постійного струму (МПС). Схеми включення обмоток збудження МПС. ЕРС обмотки якоря МПС. Електромагнітний момент МПС.

Тема 5.2. Комутація в МПС. Засоби поліпшення комутації. Реакція якоря в МПС. Засоби боротьби з дією реакції якоря. Обмотки якоря МПС.

Тема 5.3. Принцип дії генератора постійного струму (ГПС). Характеристики ГПС. Основне рівняння ГПС. Особливості роботи ГПС паралельного збудження, умови самозбудження.

Тема 5.4. Характеристики двигунів постійного струму (ДПС). Основне рівняння ДПС. Проблеми і способи пуску ДПС. Робочі характеристики ДПС з урахуванням схеми включення обмотки збудження. Засоби регулювання частоти обертання двигунів постійного струму. Способи гальмування двигунів постійного струму.

Теми практичних занять

Тема 1. Розрахунок номінальних параметрів трифазного трансформатора по результатам дослідів неробочого ходу та лабораторного короткого замикання.

Тема 2. Комплектні трансформаторні підстанції (КТП): комплектування, місце встановлення, забезпечення магнітної сумісності елементів КТП.

Тема 3. Побудова схеми трифазної обмотки статора. Розрахунок обмоткового коефіцієнту обмотки.

Тема 4. Розрахунок реостатів для пуску асинхронного двигуна з фазним ротором

Тема 5. Нові класи ефективності АД (код ІЕ). Система класифікації енергоефективності АД (EFF3, EFF2, EFF1).

Тема 6. Аналіз U -подібних характеристик синхронного генератора. Побудова кутових характеристик синхронних турбо- та гідрогенераторів.

Тема 7. Проведення аналізу пуску та зупинки синхронного генератора на блоці електростанції (гідропідйом, валоворотний пристрій). Підшипникові струми.

Тема 8. Захист розрахункового завдання

Теми лабораторних робіт

Тема 1. Дослідження трифазного трансформатора

Тема 2. Дослідження включення трифазних трансформаторів на паралельну роботу

Тема 3. Дослідження робочих характеристик трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором

Тема 4. Дослідження робочих характеристик трифазного асинхронного двигуна з фазним ротором

Тема 5. Частотне керування частоти обертання асинхронного двигуна

Тема 6. Дослідження характеристик синхронного генератора

Тема 7. Дослідження паралельної роботи синхронного генератора з мережею.

Тема 8. Дослідження генератора постійного струму з паралельним збудженням

Самостійна робота

Індивідуальні завдання. «Розрахунок характеристик трансформаторів і електричних машин». Розрахункове завдання слід виконувати згідно з методичними вказівками [15].

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Мілих В. І., Шавьолкін О. О. Електротехніка, електроніка та мікропроцесор-на техніка: Підручник / За ред. В. І. Мілих. – Київ: «Каравела», 2007. – 688 с.
2. Остащевський М. О., Юр'єва О. Ю. Електричні машини і трансформатори: навч. посібник / за ред. В. І. Мілих. – Харків: ФОП Панов А. М., 2017. – 452 с.
3. Андрієнко В.М., Куєвда В.П. Електричні машини: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навч. за напрямом підгот. «Електротехніка та електротехнології». – Київ: НУХТ, 2010. –366 с.
4. Загірняк М.В., Невзлін Б. І. Електричні машини: підручник – Київ: Знання, 2009. – 399 с.
5. Белікова Л.Я., Шевченко В.П. Електричні машини : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – Одеса: Наука і техніка, 2012. – 478 с.

Додаткова література

6. Розрахунок характеристик трансформаторів і електричних машин. Контрольні питання, розрахункові завдання і методичні вказівки з дисципліни «Електричні машини» для студентів спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» /уклад. Шевченко В. В., Дунєв О. О. – Харків: НТУ «ХПІ», 2023. – 32 с.
7. Вибір числа і потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій. Адреса доступу: <https://studfile.net/preview/9111324/page:5/>
8. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Енергетична безпека». – Національна рада з відновлення України від наслідків війни, 2022. – 164 с. Адреса доступу: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/energy-security.pdf>
9. Electrical Machines. Fundamentals of Electromechanical Energy Conversion. By Jacek F. Gieras. – Published December 18, 2020 by CRC Press. – Copyright Year 2017. – 450 p. URL: <https://www.routledge.com/Electrical-Machines-Fundamentals-of-Electromechanical-Energy-Conversion/Gieras/p/book/9780367736941>.

10. Janusz Turowski, Marek Turowski. Engineering Electrodynamics: Electric Machine, Transformer, and Power Equipment Design 1st Edition. URL: <https://www.amazon.com/Engineering-Electrodynamics-Electric-Transformer-Equipment/dp/146658931011>.

11. Shevchenko V.V. Basics of electric power engineering. Beginning. Training manual. Kharkiv, 2022. – 256 p. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6465749>

12. Shevchenko V.V., Minko A.N., Dimov M. Improvement of Turbogenerators as a Technical Basis for Ensuring the Energy Independence of Ukraine // Kharkiv: NTU "KhPI". – Electrical Engineering & Electromechanics. – 2021, no. 4. – Pp. 19-30. doi: 10.20998/2074-272X.2021.4.03

13. Рубаненко О. О., Янович В. П., Гунько І. О. Дослідження причин пошкодження синхронних генераторів. // Кременчук: КНТУ. – 2019. – Вип. 5(277). – С. 176-179.

14. Севостьянов І. В. Експлуатація а обслуговування машин. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 127 с.

15. Сивокобиленко В. Ф., Лисенко В.А. Аналіз поведінки синхронних двигунів у режимах перемикання на резервне живлення. // Донецьк: Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика». – 2020. – №2(23). – С. 28-37.

16. СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 Норми випробування електрообладнання. Видання офіційне. – 2007. – 271 с.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

Складові частини комплексу навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни: план лекцій, методичне забезпечення до практичних та лабораторних робіт, інші методичні матеріали оприлюднені на офіційному сайті університету <http://web.kpi.kharkov.ua/elmash/pro-kafedru/>

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Поточний контроль здійснюється у формі опитування на лекціях і консультаціях, під час вхідного контролю та контролю виконання індивідуального завдання (РГ), під час контрольної (модульної) роботи. Контроль вивчення розділів робочої програми, розділів, які засвоюються під час самостійної роботи студента, здійснюється шляхом перевірки рефератів та написання контрольної роботи. Семестровий контроль – екзамен (за екзаменаційними білетами), відповідно до навчального плану з урахуванням результатів поточної успішності, з обсягу навчального матеріалу, визначеного навчальним планом, у терміни, визначені навчальним планом.

Результуюче оцінювання складається з оцінок за роботу в семестрі: на лекціях (15 балів), на практичних роботах (10 балів), на лабораторних роботах (10 балів); при співбесіді за темами самостійної роботи студента – 5; за виконання індивідуального завдання – 30; на іспиті – 40 балів. Всього студент може набрати 100 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис

Завідувач кафедри
Володимир МІЛИХ

Дата погодження, підпис

Гарант ОП
Галина ОМЕЛЯНЕНКО