

Силабус курсу:

Навчальна дисципліна **Динаміка та стійкість електроенергетичних систем**



**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Ступінь вищої освіти:	магістр
Спеціальність:	1 4 1 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Рік підготовки:	1
Семестр викладання:	1
Кількість кредитів ЄКТС:	5
Мова(-и) викладання:	українська
Вид семестрового контролю	іспит

Автор курсу та лектор:

к.т.н., доц., Шевченко Олександр Іванович

вчений ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я та по-батькові

доцент кафедри електричної інженерії

посада

alexshev.bp.2020@gmail.com	+38(095)5184963	Skype: alexander195704	211А НК, за розкладом консультації
електронна адреса	телефон	месенджер	

Анотація навчального курсу

Цілі вивчення курсу:

Мета викладання курсу – формування компетентностей в області теорії електромагнітних і електромеханічних перехідних процесів в електричних системах, неусталених режимів електричної системи; забезпечення обсягу знань і навичок, необхідних для кваліфікованого проектування і експлуатації електроенергетичних систем.

Мета проведення лекцій – вивчити основний матеріал дисципліни, що включає найбільш важливі питання в теоретичному та практичному відношенні для майбутніх фахівців напряму Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка з метою формування у студентів системи професійних знань щодо перехідних процесів в електроенергетичних системах.

Мета проведення практичних занять – закріпити теоретичні знання, отримані на лекціях та в під час самостійної роботи над окремими розділами дисципліни, наперед усім тих, що мають найбільше практичне значення, а також отримати практичні навички розрахунку усталених, неусталених та аварійних режимів та забезпеченню стійкої роботи електроенергетичних систем.

Мета виконання самостійної роботи – придбання студентами навичок самостійної роботи з навчальною та навчально-технічною літературою, вивчення матеріалу розділів дисципліни, що не охоплені лекціями. Формування систематичних знань про перехідні процеси в електроенергетичних системах.

Результати навчання:

Знати:

- методи розрахунків струмів при коротких замиканнях і включенні в мережу трансформаторів і двигунів;
- термінологію по електромеханічних перехідних процесів в електроенергетичних системах;
- фізичну сутність електромеханічних перехідних процесів в електроенергетичних системах;
- основні математичні вирази для визначення параметрів перехідних процесів в електроенергетичних системах;
- математичні моделі основних елементів електроенергетичної системи;
- критерії та види стійкості;
- методи оцінки стійкості електроенергетичних систем;
- заходи щодо забезпечення та підвищення стійкості;

Вміти:

- розраховувати струми короткого замикання;
- розраховувати процеси пуску і самозапуску електродвигунів;
- визначати рівень статичної та динамічної стійкості електроенергетичної системи;
- давати інженерну оцінку отриманих результатів розрахунків електромеханічних перехідних процесів;
- визначати оптимальні заходи для забезпечення стійкості при розрахункових або нормативних збуреннях в електроенергетичній системі;
- аналізувати технічну інформацію з електроустаткування, схем електричних з'єднань; визначати оптимальні заходи для забезпечення стійкості при розрахункових або нормативних збуреннях в електроенергетичній системі.

Володіти:

- методами розрахунку електромагнітних перехідних процесів в електроенергетичних системах;
 - спеціалізованими прикладними програмами для вирішення завдань розрахунку електромеханічних і електромагнітних перехідних процесів в електроенергетичних системах;
 - навичками самостійної роботи з довідковою літературою та нормативними документами та оформлення типових розрахунків.
- Базові знання з дисциплін "Вища математика", «Фізика» «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини», «Електричні і електронні апарати», «Електроенергетичні системи та мережі», «Електричні станції та підстанції», «Електропостачання»

Передумови до початку вивчення:

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів – 5	Галузь знань: 14 - Електрична інженерія 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Вибіркова
	Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	
Модулів – 2	Спеціалізація: Електротехнічні системи електроспоживання	Рік підготовки:
Змістових модулів – 2		1-й
Індивідуальне завдання: Розрахунково-графічна робота		Семестр
Загальна кількість годин -150		1-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних 6	Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр	Лекції
		34 год.
		Практичні, семінарські
		34 год.
		Самостійна робота
		82 год
		Індивідуальні завдання: Розрахунково-графічна робота
		Вид контролю: іспит

Набуті компетентності

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів наступних компетентностей:

1. здатність застосовувати методи розрахунку електромагнітних та електромеханічних перехідних процесів в електроенергетичних системах;
2. здатність застосовувати спеціалізовані прикладні програми розрахунку електромеханічних і електромагнітних перехідних процесів в електроенергетичних системах;
3. здатність визначати рівень статичної та динамічної стійкості електроенергетичної системи;
4. здатність визначати оптимальні заходи для забезпечення стійкості електроенергетичних систем при розрахункових або нормативних збуреннях в електроенергетичній системі.

Структура курсу

Змістовий модуль 1. Електромагнітні перехідні процеси в електроенергетичних системах.

Тема 1. Особливості протікання та розрахунків перехідних процесів в електроенергетичних системах.

Основні види й особливості перехідних процесів, характеристика їхнього протікання, причини їх виникнення й наслідки, вплив на роботу електричної системи в цілому й окремих її елементів. Основні допущення, прийняті при дослідженнях і в практичних розрахунках перехідних процесів. Особливості складання і перетворення схем заміщення електричних систем для розрахунку перехідних процесів у них. Системи відносних і іменованих одиниць.

Тема 2. Розрахунок симетричних коротких замикань в електроенергетичних системах.

Сталий режим короткого замикання. Розрахунок сталого режиму трифазного КЗ при відсутності та наявності АРЗ. Несталий режим КЗ. Перехідний процес у найпростіших трифазних ланцюгах. Трифазне КЗ у нерозгалуженому ланцюзі підключеної до джерела синусоїдальної напруги. Зміна в часі струму і його складових, постійних часу. Раптове трифазне КЗ у синхронному генераторі. Ударний струм КЗ. Вплив АРЗ на перехідний процес при раптовому КЗ. Практичні методи розрахунків струмів КЗ. Облік системи необмеженої потужності. Обчислення аперіодичної складової струму КЗ.

Тема 3. Розрахунок несиметричних коротких замикань в електричних системах.

Метод симетричних складових. Утворення вищих гармонік при порушенні симетрії трифазної системи. Основні рівняння при несиметричних КЗ. Складання схем заміщення всіх послідовностей. Правило еквівалентності. Комплексні схеми заміщення електричних мереж. Застосування практичних методів для розрахунку несиметричних КЗ. Векторні діаграми параметрів режиму мережі при несиметричних КЗ. Розрахунки струмів КЗ у розподільних мережах, та у мережах до 1000 В.

Розрахунково-графічна робота "Розрахунок електромагнітних перехідних процесів в електричних системах"

Складання схем заміщення для розрахунку перехідного процесу в електричних мережах. Розрахунок величини струмів симетричного і несиметричного короткого замикання в зазначеній точці електричної мережі. Векторні діаграми в розрахункових точках електричної мережі при заданих видах коротких замикань. Епюри напруги в електричній мережі.

Змістовий модуль 2. Електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах.

Тема 1. Критерії кількісної оцінки й методи дослідження статичної стійкості електричної системи.

Основні причини та наслідки електромеханічних перехідних процесів в енергетичних системах. Основні характеристики режимів енергетичних систем і вимоги до них. Векторні діаграми і співвідношення між параметрами в найпростішій електричній системі. Статична стійкість найпростішої електричної системи. Дослідження статичної стійкості найпростішої нерегульованої електричної системи. Три види статичної нестійкості найпростішої нерегульованої системи. Практичні критерії статичної стійкості. Статична стійкість складних

електричних систем. Методика дослідження, спрощений аналіз стійкості енергетичних систем.

Тема 2. Критерії кількісної оцінки й методи дослідження динамічної стійкості електричної системи.

Перехідні процеси в енергетичних системах при великих збурюваннях. Поняття про динамічну стійкість. Енергетичні співвідношення при хитаннях. Метод площ, критерії динамічної стійкості. Метод послідовних інтервалів для найпростіших електричних систем. Поняття про результуючу динамічну стійкість.

Тема 3. Заходи щодо поліпшення стійкості й підвищення якості протікання перехідних процесів в електричних системах.

Аналіз протікання процесів у часі при великих і малих збурюваннях. Причини випадання генераторів із синхронізму. Умови успішної і неуспішної ресинхронізації. Заходи щодо поліпшення стійкості і якості перехідних процесів електричних систем. Економічні і технічні показники поліпшуваних заходів. Ймовірні закономірності перехідних процесів. Можливості сучасних засобів дослідження, області їхнього раціонального застосування. Фізичне і математичне моделювання перехідних процесів.

Розрахунково-графічна робота "Розрахунок стійкості електричної системи"

Для заданої електричної системи кількісно розрахувати параметри еквівалентної схеми заміщення; визначити межі переданої потужності передачі, оцінити вплив навантаження й АРЗ на цей параметр; проаналізувати динамічну стійкість електричної системи методом площ; проаналізувати динамічну стійкість електричної системи методом чисельного інтегрування з обліком дії релейного захисту і пристроїв протиаварійної автоматики.

Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Обсяг академічних годин
1	2	3
1	Зображення елементів електричної мережі в перехідних процесах	2
2	Складання схем заміщення елементів електричної мережі і розрахунок їх параметрів	2
3	Приведення параметрів схеми до основної (базисної) ступені напруги. Перетворення схем заміщення.	2
4	Розрахунок перехідного процесу при симетричному короткому замиканні в ланцюзі, що живиться джерелом нескінченної потужності.	2
5	Розрахунок перехідних процесів в початковий момент раптового порушення режиму.	2
6	Розрахунок перехідного процесу в системі з декількома джерелами	4
7	Розрахунок початкового понадперехідного і ударного струмів КЗ. Причини виникнення ударного струму короткого замикання. Фізичний сенс еквівалентної постійної часу	2

1	2	3
8	Розрахунок струмів при несиметричних коротких замиканнях методом симетричних складових.	2
9	Розрахунок аперіодичної складової та ударного струму короткого замикання при несиметричних коротких замиканнях.	2
10	Дослідження статичної стійкості двох станцій, що працюють на загальне навантаження. Визначення дійсної межі потужності	4
11	Дослідження динамічної стійкості при двофазному короткому замикання на землю	2
12	Дослідження статичної стійкості комплексного навантаження	2
13	Розрахунок методом послідовних інтервалів двофазного короткого замикання на початку лінії електропередачі	4
14	Визначення статичної стійкості у вузлах навантаження. Стійкість одиночного асинхронного електродвигуна	2

Методи контролю

Поточний контроль проводиться у формі письмового або комп'ютерного тестування при проведенні практичних занять.

Модульний контроль проводиться у вигляді тестування на тижнях модульного контролю.

Контроль самостійного вивчення окремих тем дисципліни проводиться в формі перевірки конспектів та при проведенні практичних занять.

Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Конспект лекцій по дисципліне «Электромеханические переходные процессы, ч.1» (для студентов, обучающихся по специальности 141 «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика») / Сост.: А.И. Шевченко. – Северодонецк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019.– 67 с., реєстраційний №:7995. .
3. Методичні вказівки до виконання індивідуальних завдань з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» з розділу «Перехідні процеси в лінійних електричних колах» (для студентів спеціальності 141 «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика») / Уклад.: О.І. Шевченко, Н.М. Філімоненко, К.В. Філімоненко. - Северодонецк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019. - 36 с. реєстраційний №:8195.

Рекомендована література

1. Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для ВНЗ / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка, Л.І Несен, за ред. Г.Г. Півняка; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 5-те вид., доопрац. та допов. – Дніпро: НГУ, 2016. – 600 с.

2. Черемісін М.М., Мороз О.М., Єгоров О.Б., Швець С.В. Перехідні процеси в системах електропостачання: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / М.М. Черемісін, О.М. Мороз, О.Б. Єгоров, С.В. Швець. – Харків: ТОВ «В справі», 2016. – 260 с.

3. А.Э. Бобров, А.М. Дяков, В.Б. Зорин и др. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009.

4. Мелешкин Г.А. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. СПб.: НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», 2005. – 376 с.

5. Эрнст А.Д. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: курс лекций. — Нижневартовск: Изд-во НГГУ, 2012. — 199 с.
6. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах. Учебное пособие. — Новосибирск: НГТУ, М.: Мир: ООО «Издательство АСТ», 2003. — 283 с.
7. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы. М.: «Энергия», 1970. — 263 с.
8. Ульянов С.А. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам в электрических системах. М.: «Энергия», 1968. — 496 с.
9. Переходные процессы в электроэнергетических системах. / И.П. Крючков, В.А. Старшинов, Ю.П. Гусев, В.М. Пираторов; под ред. И.П. Крюčkова. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. — 416 с.
10. Правила улаштування електроустановок. 3-те вид., перероб. і доп. — Х.: Вид-во «Форт», 2010. — 736 с.

Оцінювання курсу

Знання студентів на *іспиті* оцінюється як з теоретичної, так і з практичної підготовки. Результати іспиту оцінюються відповідно до прийнятої уніфікованої університетської шкали: 50 балів від загальної 100-бальної при цьому:

0–13 балів: Студент виявляє слабке уявлення про перехідні процеси в електроенергетичних системах, призначення і будову електричних машин та апаратів, які використовуються на електростанціях; не може зрозуміти умову найпростіших задач.

14-19 балів: Студент має фрагментарні уявлення з предмета вивчення і може відтворити окремі його частини; знає лише основні параметри перехідних процесів в електроенергетичних системах, але не розуміє їх походження і наслідків; не може самостійно вирішувати навіть нескладні задачі.

20-27 балів: Студент чітко описує умови виникнення, причини та наслідки перехідних процесів, які виникають в електроенергетичних системах; знає їх характеристики; може самостійно вирішувати лише прості задачі.

28-29 балів: Студент за допомогою викладача відтворює окремі частини начального теоретичного матеріалу, дає визначення основних параметрів перехідних процесів в електроенергетичних системах; знає практичні критерії стійкості; самостійно вирішує прості задачі, задачі середньої важкості розв'язує за допомогою викладача.

30-32 балів: Студент самостійно відтворює значну частину навчального матеріалу, розуміє призначення практичних критеріїв стійкості і методи їх розрахунку, але допускає несуттєві помилки при рішенні практичних завдань.; самостійно вирішує задачі середньої важкості.

33-39 балів: Студент самостійно відтворює фактичний і теоретичний навчальний матеріал, пояснює суть явищ в перехідних процесах, знає класифікацію, методи розрахунку параметрів перехідних процесів та аналізу статичної і динамічної стійкості, але допускає неточності; самостійно вирішує складні задачі, задачі підвищеної складності розв'язати самостійно не може.

39-50 балів: Студент вільно володіє засвоєними знаннями і використовує їх у нестандартних ситуаціях, вільно володіє методами розрахунку параметрів перехідних процесів та аналізу статичної і динамічної стійкості електроенергетичної системи, має системні знання з предмета, аргументовано використовує їх, у тому числі в проблемних ситуаціях; самостійно знаходить і використовує інформацію згідно з поставленим завданням.

За повністю виконані завдання студент може отримати визначену кількість балів:

Інструменти і завдання	Кількість балів
Участь в обговоренні на лекціях	10
Опитування під час практичних занять (усно та письмово)	10
Тести	10
Індивідуальне завдання	20
Іспит	50
Разом	100

Шкала оцінювання студентів

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Політика курсу

Плагіат та академічна доброчесність:

Студент може пройти певні онлайн-курси, які пов'язані з темами дисципліни, на онлайн-платформах. При поданні документу про проходження курсу студенту можуть бути перезаліковані певні теми курсу та нараховані бали за завдання.

Під час виконання завдань студент має дотримуватись політики академічної доброчесності. Запозичення мають бути оформлені відповідними посиланнями. Списування є забороненим.

Завдання і заняття:

Всі завдання, передбачені програмою курсу мають бути виконані своєчасно і оцінені в спосіб, зазначений вище. Аудиторні заняття мають відвідуватись регулярно. Пропущені заняття (з будь-яких причин) мають бути відпрацьовані з отриманням відповідної оцінки не пізніше останнього тижня поточного семестру. В разі поважної причини (хвороба, академічна мобільність тощо) терміни можуть бути збільшені за письмовим дозволом декана.

Поведінка в аудиторії:

На заняття студенти вчасно приходять до аудиторії відповідно до діючого розкладу та обов'язково мають

дотримуватися вимог техніки безпеки.

Під час занять студенти:

- не вживають їжу та жувальну гумку;
- не залишають аудиторію без дозволу викладача;
- не заважають викладачу проводити заняття.

Під час контролю знань студенти:

- є підготовленими відповідно до вимог даного курсу;
- розраховують тільки на власні знання (не шукають інші джерела інформації або «допомоги» інших осіб);
- не заважають іншим;
- виконують усі вимоги викладачів щодо контролю знань.