



# СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ



## Сучасне та перспективне обладнання електроенергетичних систем

Шифр та назва спеціальності	141 –«Електроенергетика, електротехніка, та електромеханіка»	Факультет / Інститут	ННІ енергетики, електроніки та електромеханіки
Назва програми	Електроенергетика	Кафедра	Електричні станції
Тип програми	Освітньо-професійна	Мова навчання	Українська

### ВИКЛАДАЧ



**Мельников Георгій Ігорович**, [Heorhii.Melnykov@khpi.edu.ua](mailto:Heorhii.Melnykov@khpi.edu.ua)

Доцент кафедри, кандидат технічних наук за спеціальністю «Елементи та пристрої систем автоматичного керування», доцент кафедри «Електричні станції». Автор понад 50 наукових публікацій та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Моделювання електроенергетичних та електромеханічних пристроїв та систем», «Якість електроенергії та керування якістю», «Проектування електроенергетичних систем та пристроїв», «Сучасні енергоефективні технології», «Сучасне та перспективне обладнання електроенергетичних систем».

### ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ДИСЦИПЛІНУ

Мета: Сформувати у студентів знання про сучасне обладнання електроенергетичних систем, що підвищує ефективність їх функціонування, ознайомити з проблемами енергосистем в сучасних умовах та можливостями їх вирішення за допомогою нових концепцій розвитку та розробки перспективного обладнання для їх впровадження, ознайомити з засобами для комп'ютерного та математичного моделювання такого обладнання в електричних мережах.

Цілі:

Знати:

- принципи роботи сучасного обладнання, що застосовується для підвищення ефективності систем електропостачання;
- проблеми сучасних електроенергетичних мереж, перспективні концепції їх вирішення та засоби, що можуть при цьому використовуватися;
- методи та інструменти для створення моделей сучасного обладнання, їх математичного опису, вдосконалення та дослідження.

Вміти:

- застосовувати сучасне електроенергетичне обладнання для підвищення ефективності, стійкості та надійності роботи мереж електропостачання;
- провести аналіз впливу застосованого обладнання на характеристики систем електропостачання та показники якості електроенергії;
- провести розрахунки та дослідження поведінки систем електропостачання в різних умовах функціонування з застосуванням сучасного обладнання.

**Мета та цілі**

<b>Компетентності</b>	<p>ЗК 2 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел</p> <p>ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК 6 Здатність приймати обґрунтовані рішення</p> <p>ФК 1 Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи та відповідне програмне забезпечення для вирішення науково-технічних проблем та проводити наукові дослідження в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.</p> <p>ФК 3 Здатність застосовувати аналітичні методи, математичне моделювання та виконувати фізичні, математичні і обчислювальні експерименти для розв'язання інженерних завдань та при проведенні наукових досліджень.</p> <p>ФК 8 Знання і розуміння сучасних технологічних процесів та систем технологічної підготовки виробництва, технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації електроенергетичного, електротехнічного і електромеханічного устаткування та обладнання</p> <p>ФК 11. Здатність використовувати отримані знання та уміння для проведення наукових досліджень відповідного рівня.</p> <p>ФКс 14Здатність вибрати методи і провести відповідні розрахунки для аналізу режимів роботи електричних систем і мереж та режимів в елементах схем і процесів в системах та мережах.</p>
<b>Результати навчання</b>	<p>ПРН 1 Відтворити процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх моделюванні на персональному комп'ютері.</p> <p>ПРН 2 Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.</p> <p>ПРН 3 Знайти варіанти підвищення енергоефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем</p> <p>ПРН 6 Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних та електромеханічних системах.</p> <p>ПРН 7. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.</p> <p>ПРН 11 Обирати напрям наукового дослідження та приймати в ньому участь з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки</p> <p>ПРНс 17 Знати методи організації, технологію та процеси виробництва електроенергії на основі традиційних та відновлюваних джерел енергії, та акумулювання енергії для маневрування і підтримання балансу в енергетичних системах</p> <p>ПРНс 18 Знати принципи організації процесів транспортування та розподілення електроенергії та потужності в електричних системах і мережах від генерації до споживача.</p> <p>ПРНс 19 Знати принципи організації процесів управління виробництвом та розподілом електроенергії в електроенергетичних системах і системах електропостачання споживачів.</p>
<b>Формат</b>	<p>Обсяг дисципліни: 4 кредити ECTS 120 годин.</p> <p>Лекції: 32 години.</p> <p>Лабораторні заняття: 0 години.</p> <p>Практичні заняття: 0 години.</p> <p>Підсумковий контроль: Залік.</p> <p>Індивідуальне завдання: реферат.</p>
<b>Семестр</b>	11
<b>Пререквізити</b>	<p>Теорія автоматичного керування</p> <p>Електричні станції та підстанції</p> <p>Електромагнітні та електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах</p> <p>Проектування електроенергетичних і електромеханічних систем та пристроїв</p>

Технології акумулювання і маневрування в енергосистемах  
Диспетчерське керування та АСУТП електричних станцій  
Моделювання електроенергетичних і електромеханічних систем та пристроїв  
Якість електричної енергії та керування якістю

**Постреквізити**

– Дипломне проектування

**Вимоги  
викладача**

Студент зобов'язаний відвідувати всі заняття, згідно розкладу, не спізнюватися. Дотримуватися етики поведінки. Працювати з навчальною та додатковою літературою, з літературою на електронних носіях та в Інтернеті. При пропуску лекції проводиться усна співбесіда за темою. Відпрацьовувати практичні заняття з дозволу викладача. Для оволодіння необхідною якістю освіти з дисципліни необхідна регулярна підготовка до занять.

## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
			<b>Змістовий модуль 1.</b> <b>Регулювання напруги, реактивної потужності в електричних мережах, застосування пристроїв FACTS та «розумні електричні мережі»</b>	
	Л 1	2	<b>Тема 1. Вступ.</b> Цілі навчальної дисципліни. Обсяг навчального матеріалу, види занять та організація роботи для його засвоєння. Розвиток і сучасний стан світової енергетики та енергетики України. Проблеми сучасної світової енергетики та шляхи їх подолання.	1,3, 5,6,7
	Л 2	2	<b>Тема 2. Гнучкі системи передачі змінного струму FACTS.</b> Гнучкі системи передачі змінного струму, як засіб підвищення стійкості, контрольованості та ефективності електроенергетичних систем. Цілі і задачі систем FACTS та їх реалізація.	1,3, 5,6
	ЛЗ	2	<b>Тема 3. Пристрої FACTS та їх застосування.</b> Призначення пристроїв FACTS, їх розвиток та їх класифікація. Вплив на електричні мережі, системи передачі електричної потужності.	1,3, 5,6
	Л4	2	<b>Тема 4. «Розумні електричні мережі» та їх роль у подальшому розвитку електроенергетичних систем.</b> Вирішення сучасних проблем енергосистем за допомогою «розумних мереж». Балансування та контроль перетоків електроенергії за їх допомогою.	1,3, 5,7
	Л5-6	4	<b>Тема 5. Застосування пристроїв продольної та поперечної компенсації реактивної потужності.</b> Традиційні та сучасні компенсуючі пристрої реактивної потужності та їх застосування для підвищення якості електроенергії. Розрахунок параметрів пристроїв продольної та поперечної компенсації реактивної потужності. Вплив на електричні мережі, системи передачі електричної потужності.	1,2,3
	Л7-8	4	<b>Тема 6. Застосування швидкодіючих тиристорних компенсаторів.</b> Види швидкодіючих тиристорних компенсаторів. Принципи роботи. Розрахунок параметрів компенсаторів. Світовий опит практичного застосування швидкодіючих тиристорних компенсаторів. Економічний ефект від застосування швидкодіючих тиристорних компенсаторів. Проведення модульного контролю.	1,2,3

1	2	3	4	5
			<b>Змістовий модуль 2.</b> <b>Моделювання сучасного електротехнічного обладнання для реалізації концепцій FACTS та «розумних мереж» за допомогою програми MATLAB з бібліотеками SimPowerSystems и Simulink</b>	
	Л9	2	<b>Тема 7. Пристрої FACTS з бібліотеки блоків SimPowerSystems та їх призначення в електроенергетичних системах.</b> Моделювання роботи швидкодіючих тиристорних компенсаторів в електричних мережах за допомогою пакету SPS MatLab. Вибір та настройка параметрів елементів. Розрахунок параметрів для моделювання систем електропостачання.	2,3,4,6,8
	Л10	2	<b>Тема 8. Застосування та моделювання пасивних фільтрів.</b> Принципи дії пасивних фільтрів. Види пасивних фільтрів. Розрахунок параметрів. Побудова амплитудночастотних та фазочастотних характеристик електричних мереж. Засоби, що використовуються для аналізу електричних схем. Вибір та настройка параметрів фільтрів. Розрахунок параметрів для моделювання впливу на системи електропостачання.	2,3,4
	Л11	2	<b>Тема 9. Застосування та моделювання активних фільтрів.</b> Схеми активних фільтрів. Методи підключення активних фільтрів в мережі електропостачання. Склад бібліотеки блоків SimPowerSystems. Розрахунок впливу активного фільтра на показники якості електричної енергії в мережі електропостачання. Можливості активних фільтрів по підвищенню якості електроенергії.	2,3,4
	Л12	2	<b>Тема 10. Застосування мостових перетворювачів.</b> Використання мостових перетворювачів в системах HVDC. Застосування для регулювання напруги та перетоків активної та реактивної потужності по лініях електропередач. Моделювання мостових перетворювачів та пристроїв FACTS за допомогою бібліотеки SPS MATLAB.	2,3,4,8
	Л13-14	4	<b>Тема 11. Зменшення коливань напруги та втрат електроенергії.</b> Коефіцієнт потужності в електричних мережах з спотворюючими навантаженнями. Вплив несиметрії та несинусоїдальності на коефіцієнт потужності. Зменшення коливань напруги за допомогою активних фільтрів та швидкодіючих компенсаторів реактивної потужності. Статичний компенсатор Statcom на основі мостового перетворювача та його моделювання в системах електропостачання.	2,3,4
	Л15-16	4	<b>Тема 12. Моделювання пристроїв «розумних електромереж» енергосистеми.</b> Підключення джерел відновлювальної енергетики до енергосистем. Підключення акумулюючих та балансуєчих електричних станцій до електромереж. Методи регулювання потужності та частоти для балансування в енергосистемах. Моделювання джерел відновлюваної енергетики та пристроїв накопичення енергії	2,4,7

			та їх роботи в електричних мережах. Проведення модульного контролю.	
1	2	3	4	5
	CP1	40	Опрацювання лекційного матеріалу	
	CP2	40	Вивчення роботи та моделювання за допомогою бібліотеки SPS MATLAB пристроїв FACTS.	2,4, 6,7,8
	CP3	8	Підготовка до тестування	
Разом (годин)		120		

Примітки

1. Номер семестру вказують, якщо дисципліна викладається у декількох семестрах.
2. У показнику «Разом (годин)» кількість годин буде відрізнятися від загальної кількості аудиторних годин на кількість годин, що відведена на вивчення тем та питань, які вивчаються студентом самостійно (п. 3 додатку 8).
3. У графі 5 вказується номер відповідно до Додатку 14.

## САМОСТІЙНА РОБОТА

N з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	40
2	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	40
3	Інші види самостійної роботи (підготовка до тестування)	8
	<b>Разом</b>	<b>88</b>

## МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Використовуються репродуктивні методи навчання з опорою на поетапне формування розумових дій з елементами активних методів навчання.

Основна рекомендація зводиться до забезпечення рівномірної активної роботи студентів над курсом протягом навчального року. Вони повинні проробляти матеріал прослуханих лекцій, активно використовувати програмні пакети.

Під час вивчення курсу студентам передбачено виконання наступних видів робіт:

- аналіз теоретичного матеріалу;
- проробка лекційного матеріалу;
- підготовка до семестрового контролю.

Самостійна робота студента включає вивчення лекційного матеріалу, підготовку до семестрового контролю, вивчення додаткового матеріалу.

## МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

**Підсумковий контроль** – залік.

**Поточний контроль.**

Усі лекції дисципліни завершуються питаннями для повторення, на які слід відповісти. Контроль здійснюється під час опитування на лекціях, поточного контролю змістовних модулів. При оцінці враховується знання теоретичного матеріалу, глибина вивчення рекомендованої літератури, повнота відповідей на контрольні запитання.

**Перелік запитань для підготовки до заліку:**

- Гнучкі системи передачі змінного струму FACTS, що застосовуються в енергосистемах.
- Гнучкі системи передачі змінного струму, як засіб підвищення стійкості, контрольованості та ефективності електроенергетичних систем.
- Цілі і задачі систем FACTS в енергосистемах та їх реалізація.
- Пристрої FACTS та їх застосування в енергосистемах.
- Призначення пристроїв FACTS, їх розвиток та їх класифікація. Вплив на електричні мережі, системи передачі електричної потужності.
- «Розумні електричні мережі» та їх роль у подальшому розвитку електроенергетичних систем.
- Вирішення сучасних проблем енергосистем за допомогою «розумних мереж».
- Балансування та контроль перетоків електроенергії за допомогою «розумних мереж».
- Застосування пристроїв продольної та поперечної компенсації реактивної потужності в енергосистемах.
- Традиційні та сучасні компенсуючі пристрої реактивної потужності та їх застосування для підвищення якості електроенергії.
- Розрахунок параметрів пристроїв продольної та поперечної компенсації реактивної потужності. Вплив на електричні мережі, системи передачі електричної потужності.
- Застосування швидкодіючих тиристорних компенсаторів в електроенергетичних мережах.
- Види швидкодіючих тиристорних компенсаторів. Принципи роботи. Розрахунок параметрів компенсаторів.
- Світовий опит практичного застосування швидкодіючих тиристорних компенсаторів в електроенергетичних мережах. Економічний ефект від застосування швидкодіючих тиристорних компенсаторів.
- Модельовання сучасного електротехнічного обладнання для реалізації концепцій FACTS та «розумних мереж» за допомогою програми MATLAB з бібліотеками SimPowerSystems и Simulink
- Пристрої FACTS з бібліотеки блоків SimPowerSystems та їх призначення в електроенергетичних системах.



- Моделювання роботи швидкодіючих тиристорних компенсаторів в електричних мережах за допомогою пакету SPS MatLab. Вибір та настройка параметрів елементів. Розрахунок параметрів для моделювання систем електропостачання.
- Застосування та моделювання пасивних фільтрів в електроенергетичних мережах.
- Принципи дії пасивних фільтрів. Види пасивних фільтрів. Розрахунок параметрів.
- Побудова амплитудночастотних та фазочастотних характеристик електричних мереж.
- Вибір та настройка параметрів пасивних фільтрів при моделюванні за допомогою пакету SPS MatLab.
- Розрахунок параметрів пасивних фільтрів для моделювання впливу на системи електропостачання.
- Застосування та моделювання активних фільтрів в електроенергетичних мережах.
- Схеми активних фільтрів в електроенергетичних мережах.
- Методи підключення активних фільтрів в мережі електропостачання.
- Склад бібліотеки блоків SimPowerSystems. Розрахунок впливу активного фільтра на показники якості електричної енергії в мережі електропостачання.
- Можливості активних фільтрів по підвищенню якості електроенергії.
- Застосування мостових перетворювачів в електроенергетичних мережах.
- Використання мостових перетворювачів в системах HVDC.
- Застосування мостових перетворювачів для регулювання напруги та перетоків активної та реактивної потужності по лініях електропередач.
- Моделювання мостових перетворювачів та пристроїв FACTS за допомогою бібліотеки SPS MATLAB.
- Зменшення коливань напруги та втрат електроенергії в електроенергетичних мережах.
- Коефіцієнт потужності в електричних мережах з спотворюючими навантаженнями.
- Вплив несиметрії та несинусоїдальності на коефіцієнт потужності.
- Зменшення коливань напруги за допомогою активних фільтрів та швидкодіючих компенсаторів реактивної потужності.
- Статичний компенсатор Statcom на основі мостового перетворювача та його моделювання в системах електропостачання.
- Моделювання пристроїв «розумних електромереж» енергосистеми.
- Підключення джерел відновлювальної енергетики до енергосистем.
- Підключення акумулюючих та балансуєчих електричних станцій до електромереж.
- Методи регулювання потужності та частоти для балансування в енергосистемах.
- Моделювання джерел відновлюваної енергетики та пристроїв накопичення енергії та їх роботи в електричних мережах.

#### **Критерії оцінки якості знань студентів:**

**Відмінно** оцінюють студента, який глибоко та надійно засвоїв програмний матеріал, вичерпне, послідовно, грамотне та логічне злагоджено його виклад, у відповіді пов'язав теорію з практикою, показав знайомство з монографічною літературою, програмним забезпеченням (кількість отриманих балів 90-100).

**Добре** оцінюють студента, який твердо знає програмний матеріал, грамотне та по суті його викладає, не припускає суттєві неточності у відповіді на запитання, правильно застосовує теоретичні положення при вирішенні практичних питань і задач: В (кількість отриманих балів 82-89), С (кількість отриманих балів 75-81).

**Задовільно** оцінюють студента, який знає тільки основний матеріал, але не засвоїв його деталей, у відповіді припускає неточності, недостатньо правильно формулює основні закони і правила: D (кількість отриманих балів 64-74), E (кількість отриманих балів 60-63).

**Незадовільно** оцінюють студента, який не знає значної частини програмного матеріалу, припускає суттєві помилки FX (кількість отриманих балів 35-59), незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни F (кількість отриманих балів 0-34).

## РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Поточне тестування та самостійна робота											Підсумковий тест (залік)	Сума	
Змістовий модуль 1						Змістовий модуль 2						40	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12		
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82 – 89	<b>B</b>	добре	
75 – 81	<b>C</b>		
64 – 74	<b>D</b>	задовільно	
60 – 63	<b>E</b>		
35 – 59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0 – 34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## **НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

1. Таран Ю. В., Махотіло К. В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт за темою «Основи розв'язання математичних задач у пакеті MATLAB» Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – 52 с.
2. Мельников Г.І. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дослідження пристрою поперечної компенсації реактивної потужності в системі електропостачання, Харків: НТУ «ХПІ», 2019.- 75с.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

№ з/п	Найменування навчальної літератури	№ змістового модуля	Рік видання	Автори
<b>Базова</b>				
1	Кочкин В. И., Шакарян Ю. Г. Применение гибких (управляемых) систем электропередачи переменного тока в энергосистемах. – М.; ТОРУС ПРЕСС, 2011. – 312 с.	1	2011	Кочкин В. И., Шакарян Ю.Г.
2	Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с., ил. (Серия «Проектирование»).	2	2007	Черных И.В.
3	FACTS. Modelling and Simulation in Power Networks / E.Acha, C.R.Fuerte-Esquivel, H.Ambriz-Perez, C.Angeles-Camacho. - England:John Willey & Sons. Ltd, 2004. – 420 p.	2	2004	Acha E., Fuerte-Esquivel C. R., Ambriz-Perez H., Angeles-Camacho C.
4	Джендубаев А.-З. Р. MATLAB, Simulink и SimPowerSystems в электроэнергетике: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 140400.62 "Электроэнергетика и электротехника", профиль "Электроснабжение" / Джендубаев А.-З. Р., Алиев И. И. – Черкесск: БИЦ СевКавГГТА, – 136 с.	2	2014	Джендубаев А.-З. Р.
5	Eremia M., Advanced Solutions in Power Systems, IEEE Press, 2016, 1063 pp.	1-3	2016	Eremia M.
<b>Допоміжна</b>				
6	Hingorani N. G., Gyugyi L. Understanding FACTS, IEEE Press, N.Y., 2000, 428 pp.	1-2	2000	Hingorani N. G., Gyugyi L.
7.	Шакарян Ю.Г., Новиков Н.Л. Технологическая платформа Smart Grid (Основные средства) / Ю.Г.Шакарян, Н.Л.Новиков // Энергоэксперт. - 2009. - N 4. - с. 42-49.	3	1978	Веников В.А
8.	А. С. Лямов, А. В. Паздерин, С. А. Солодянкин. Анализ характеристик мощности электропередач с устройствами FACTS// Энергоэксперт. - 2015. - N 1. - с. 72-81.	2	2015	А. С. Лямов, А. В. Паздерин, С.А.Солодянкин

## ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. <https://www.mathworks.com/help/index.html>
2. <http://bourabai.kz/cm/simulink06.htm#>
3. <https://www.mathworks.com/products/simscape-electrical.html#power-networks>
4. <https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/energetika/vysokoe-napryazhenie/facts.html>
5. <https://new.abb.com/facts/ru/pochemy-facts/tehnologii-izmenivshye-mir-facts>
6. <http://iescorporation.org/facts/index.html>