



СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ



Моделювання електроенергетичних і електромеханічних систем та пристроїв

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

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», «Сучасне та перспективне обладнання електроенергетичних систем».

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ДИСЦИПЛІНУ

Мета: Сформувані у студентів знання про принципи моделювання процесів в мережах електропостачання та електромеханічних системах та пристроях, засоби для комп'ютерного та математичного моделювання процесів в електричних мережах, електромеханічних системах та пристроях, ознайомлення та формування навиків роботи з програмними засобами, які застосовуються для моделювання процесів в системах електропостачання та електромеханічних системах та пристроях.

Цілі:

Знати:

- принципи моделювання процесів в мережах електропостачання, електромеханічних системах та пристроях;
- засоби для комп'ютерного та математичного моделювання процесів в електричних мережах; електромеханічних системах та пристроях;
- методи та інструменти для створення моделей, їх математичного опису, вдосконалення та дослідження.

Вміти:

- розробити та розрахувати схеми заміщення для систем енергозабезпечення для різних режимів їх функціонування;
- виконувати моделювання систем енергозабезпечення та правильно інтерпретувати результати моделювання;
- застосовувати сучасні комп'ютерні програми для математичного та комп'ютерного моделювання процесів в мережах електропостачання;

Мета та цілі

- провести аналіз впливу навантажень в електричних мережах на характеристики та показники якості електроенергії в системах електропостачання;
- провести дослідження поведінки систем електропостачання в різних умовах функціонування.

Компетентності

- ЗК1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
- ЗК 2 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
- ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 6 Здатність приймати обґрунтовані рішення
- 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.
- 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.
- 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
- ФК 11. Здатність використовувати отримані знання та уміння для проведення наукових досліджень відповідного рівня.
- 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.

Результати навчання

- ПРН 1 Відтворити процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх моделюванні на персональному комп'ютері.
- ПРН 2 Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.
- ПРН 3 Знайти варіанти підвищення енергоефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем
- ПРН 6 Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних та електромеханічних системах.
- ПРН 7. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.
- ПРН 11 Обирати напрям наукового дослідження та приймати в ньому участь з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
- 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
- ПРНс 18 Знати принципи організації процесів транспортування та розподілення електроенергії та потужності в електричних системах і мережах від генерації до споживача.
- ПРНс 19 Знати принципи організації процесів управління виробництвом та розподілом електроенергії в електроенергетичних системах і системах електропостачання споживачів.

Формат

Обсяг дисципліни: 5 кредитів ECTS 150 годин.
 Лекції: 32 години.
 Лабораторні заняття: 32 години.
 Практичні заняття: 16 години.
 Підсумковий контроль: Іспит.
 Індивідуальне завдання: курсова робота.

Семестр

9

Пререквізити	Теоретичні основи електротехніки Теорія автоматичного керування Промислова електроніка Електричні станції та підстанції Електромагнітні перехідні процеси в електроенергетичних системах Електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах
Постреквізити	Проектування електроенергетичних і електромеханічних систем та пристроїв Технології акумуляції та маневрування в енергосистемах Диспетчерське керування та АСУТП електричних станцій Якість електричної енергії та керування якістю Сучасне та перспективне обладнання електроенергетичних систем
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
			Змістовий модуль 1. Математичне та комп'ютерне моделювання електричних та електронних схем з допомогою програми Electronics workbench	
	Л 1	2	Тема 1. Вступ. Цілі навчальної дисципліни. Значення даної навчальної дисципліни для забезпечення інших професійних навчальних дисциплін. Обсяг навчального матеріалу, види занять та організація роботи для його засвоєння.	Б.1-2
	Л 2	2	Тема 2. Цілі та види моделювання енергетичних систем. Розвиток і сучасний стан світової енергетики та енергетики України. Проблеми сучасної світової енергетики та шляхи їх подолання. Моделювання роботи систем енергопостачання. Види моделювання. Процес моделювання.	Б.1-2
	ЛЗ	2	Тема 3. Засоби для моделювання електричних схем. Особливості моделювання електричних та електронних схем. Програмні та комп'ютерні засоби для моделювання електричних та електронних схем, їхня загальна характеристика.	Б.1-2
	П1	2	Тема 3. Засоби для моделювання електричних схем. Програмні та комп'ютерні засоби для моделювання електричних та електронних схем, їхня загальна характеристика.	Б.1-2
	ЛР1	2	Тема 3. Знайомство з програмою Electronics Workbench. Моделювання електричних схем.	Б.2
	Л4	2	Тема 4. Застосування програми Electronics Workbench для моделювання систем енергозабезпечення. Програма Electronics Workbench та її застосування для моделювання систем енергозабезпечення. Переваги та недоліки програми. Особливості моделювання окремих елементів систем електропостачання. Вибір та настройка параметрів елементів. Розрахунок параметрів схеми заміщення для моделювання систем електропостачання.	Б.2
	П2	2	Тема 4. Застосування програми Electronics Workbench для моделювання систем енергозабезпечення. Розрахунок параметрів схеми заміщення для моделювання систем електропостачання.	Б.1-2
	ЛР2- ЛР3	4	Тема 4. Застосування програми Electronics Workbench для моделювання систем енергозабезпечення. Моделювання трансформаторної підстанції з підключеним навантаженням та компенсуючим пристроєм	Б.2
	Л5	2	Тема 5. Прилади, та їх застосування в програмі Electronics	Б.2

			Workbench. Прилади, та особливості їх застосування в програмі Electronics Workbench. Використання мультиметру, осцилографу, функціонального генератору та бодіплотера.	
	Л6	2	Тема 6. Побудова амплитудочастотних та фазочастотних характеристик електричних мереж. Засоби, що використовуються для аналізу електричних схем. Засоби для настройки та вибір параметрів симуляції роботи електричних мереж.	Б.1-2
	ЛР4	2	Тема 6. Побудова амплитудочастотних та фазочастотних характеристик електричних мереж. Побудова частотних характеристик трансформаторної підстанції з різним навантаженням.	Б.1-2
			Змістовий модуль 2. Моделювання електротехнічного обладнання та електричних схем за допомогою програми MATLAB з бібліотеками SimPowerSystems и Simulink	
	Л7	2	Тема 7. Операційне середовище Simulink. Огляд бібліотеки блоків. Створення моделі. Основні можливості підготовки та редагування моделей. Основні блоки, які існують в бібліотеці Simulink	Б.1,3
	П3		Створення математичного опису моделі	Б.1,3
	Л8	2	Тема 8. Склад бібліотеки блоків SimPowerSystems. Склад бібліотеки та головні особливості. Одиниці вимірювань електричних та неелектричних величин. Підвищення швидкості та зменшення похибки розрахунків. Виконання серій обчислювальних експериментів.	Б.1,3, 4
	Л9	2	Тема 9. Вимірювальні та контрольні пристрої бібліотеки блоків SimPowerSystems. Вимірювальні та контрольні пристрої. Вимірювач струму та напруги. Мультиметри. Трифазні вимірювачі. Вимірювач імпедансу.	Б.1,3
	П4		Розрахунок резонансних частот для мережі електропостачання з конденсаторними пристроями	Б.5
	ЛР5	4	Тема 9. Вимірювальні та контрольні пристрої бібліотеки блоків SimPowerSystems. Вимірювальні та контрольні пристрої. Вимірювач струму та напруги. Мультиметри. Трифазні вимірювачі. Вимірювач імпедансу.	Б.1,3
	Л10	2	Тема 10. Електротехнічні елементи бібліотеки блоків SimPowerSystems. Джерела електричних сигналів. Послідовні та паралельні RLC електричні кола. Динамічні навантаження. Вимикачі електричної енергії. Лінії електричних мереж. Застосування фільтрів гармонік.	Б.1,3
	ЛР6- ЛР7	2	Тема 10. Електротехнічні елементи бібліотеки блоків SimPowerSystems. Джерела електричних сигналів. Послідовні та паралельні RLC електричні кола. Динамічні навантаження. Вимикачі електричної енергії та інші. Лінії електричних мереж. Застосування фільтрів гармонік.	Б.1,3
	П5	2	Розрахунок параметрів схеми заміщення для електричних навантажень	Б.1,3, 5
	Л11	2	Тема 11. Моделювання пристроїв енергосистеми. Моделі різноманітних трансформаторів та їх особливості. Моделі різноманітних електричних машин та їх застосування.	Б.1,3
	ЛР8- ЛР9	2	Тема 11. Моделювання пристроїв енергосистеми. Моделі різноманітних трансформаторів та їх особливості. Моделі різноманітних електричних машин та їх застосування.	Б.1,3

	Л12	2	Тема 12. Моделювання пристроїв енергосистеми. Моделювання елементів силової електроніки та пристроїв на цій основі.	Б.1,3
	ЛР10 - ЛР11	2	Тема 12. Моделювання пристроїв енергосистеми. Моделювання елементів силової електроніки та пристроїв на цій основі.	Б.1,3
			Змістовий модуль 3. Моделювання систем електропостачання та їх дослідження за допомогою програми MATLAB з бібліотеками SimPowerSystems и Simulink	
	Л13	2	Тема 13. Графічний інтерфейс користувача. Розрахунок схем векторним методом. Дискретизація моделі. Розрахунок стаціонарного режиму роботи електричної мережі. Ініціалізація трифазних схем, які включають в себе електричні машини. Гармонічний аналіз. Визначення імпедансу електричного кола. Інструменти для розрахунків характеристик намагнічування.	Б.1,3
	ЛР12 - ЛР13	4	Тема 13. Графічний інтерфейс користувача. Розрахунок схем векторним методом. Дискретизація моделі. Гармонічний аналіз.	Б.1,3
	Л14	2	Тема 14. Створення блоків для моделювання. Принципи їх створення. Бібліотеки нелінійних моделей. Головні команди для управління моделлю. Функції ініціалізації моделі та визначення математичної моделі лінійної частини електричної схеми.	Б.1
	ЛР14	2	Тема 14. Створення блоків для моделювання. Принципи їх створення. Бібліотеки нелінійних моделей.	Б.1,3
	Л15	2	Тема 15. Пристрої FACTS з бібліотеки блоків SimPowerSystems та їх призначення в електроенергетичних системах. Моделювання ВЕС та СЕС засобами SimPowerSystems.	Б.1,3
	ЛР15 - ЛР16	4	Тема 15. Пристрої FACTS з бібліотеки блоків SimPowerSystems та їх призначення в електроенергетичних системах.	Б.1,3
	Л16	2	Тема 16. Вивчення характеристик та дослідження поведінки систем електропостачання за допомогою засобів SimPowerSystems.	Б.1,3
	П6- П8	6	Представлення та захист курсових робіт студентів	
	СР1	6	Вивчення особливостей роботи статичних перетворювачей реактивної потужності	Б.1,3, 5
	Разом (годин)	86		

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	16
2	Підготовка до практичних занять	16
3	Підготовка до лабораторних занять	16
4	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	6
5	Підготовка індивідуального завдання – курсова робота	16
	Разом	70

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. Для підготовки слід використовувати методичні посібники та вказівки до лабораторних робіт, а також матеріали лекцій.

Під час виконання завдань, які винесено до самостійного навчання, необхідно поряд із бібліотечним фондом університету користуватися різноманітними базами знань, що розташовані в мережі Інтернет.

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Підсумковий контроль – іспит.

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:

- Операційне середовище Simulink. Застосування для моделювання електромеханічних пристроїв та систем енергопостачання.
- Оглядач бібліотеки блоків Simulink. Часто використовувані блоки. Принципи використання.
- Створення моделі. Основні елементи вікна моделі.
- Основні прийоми підготовки та редагування моделі. Додавання текстових написів. Виділення об'єктів. З'єднання блоків.
- Встановлення параметрів розрахунку моделі та виконання розрахунку. Вплив вибраних параметрів на отримане рішення. Підвищення швидкості та точності розрахунків.
- Огляд основної бібліотеки Simulink. Склад бібліотеки та основні особливості.
- Бібліотека блоків SimPowerSystems. Склад бібліотеки та основні особливості.
- Джерела електричної енергії, їх використання під час моделювання.
- Трифазне джерело напруги. Його застосування під час моделювання. Обмеження у використанні.
- Трифазне програмоване джерело напруги. Режими роботи. Приклад використання.
- Вимірювальні та контрольні пристрої, що застосовуються у системах комп'ютерного моделювання.
- Вимірювачі струму та напруги, можливості застосування.
- Мультиметр та його застосування у моделях. Вибір сигналів, що вимірюються.
- Трифазний вимірювач електричних параметрів та його застосування під час моделювання систем електропостачання.
- Вимірювач повного опору та його призначення. Використання частотних показників під час аналізу систем енергопостачання.
- Моделювання електротехнічних пристроїв у MATLAB. Їх різновиди та особливості застосування.

- Електротехнічні елементи – ланцюги та навантаження. Призначення. Основні характеристики.
- Трифазне динамічне навантаження. Призначення. Особливості застосування.
- Грозозахисний розрядник та моделювання елементів з нелінійною вольтамперною характеристикою
- Трифазний вимикач змінного струму. Можливості використання. Основні характеристики.
- Трифазний короткозамикач. Призначення та застосування.
- Моделювання ліній електропередач. Застосування під час моделювання систем електропостачання. Основні характеристики.
- Моделювання роботи силових трансформаторів. Типи моделей. Основні здібності.
- Трифазний силовий гармонійний фільтр. Призначення. Різновиди.
- Елементи силової електроніки. Призначення. Методи реалізації.
- Універсальний міст. Його моделі. Основні характеристики. Способи застосування.
- Електричні машини із бібліотеки SimPowerSystems. Можливості застосування під час моделювання.
- Машина постійного струму. Способи завдання параметрів моделі. Вимірювані параметри.
- Асинхронна машина. Способи завдання параметрів моделі. Вимірювані параметри.
- Синхронна машина. Способи завдання параметрів моделі. Вимірювані параметри.
- Блок вимірювання змінної електричної машини. Його використання при моделюванні електромеханічних пристроїв та систем енергопостачання.
- Статичний компенсатор реактивної потужності. Призначення моделі. Основні параметри та режими роботи.
- Графічний інтерфейс користувача Powergui. Його застосування при моделюванні електротехнічних пристроїв та систем електропостачання.
- Розрахунок схеми векторним способом. Переваги і недоліки.
- Дискретизація моделі. Вплив кроку дискретизації на роботу моделі та результати моделювання.
- Графічний інтерфейс користувача Powergui. Розрахунок режиму, що встановився.
- Графічний інтерфейс користувача Powergui. Ініціалізація трифазних схем, які містять електричні машини.
- Графічний інтерфейс користувача Powergui. Визначення амплітудно-частотних характеристик електричних кіл.
- Графічний інтерфейс користувача Powergui. Гармонійний аналіз отриманих сигналів. Особливості застосування.
- Створення електротехнічних блоків користувача.

Критерії оцінки якості знань студентів:

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

Добре оцінюють студена, 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 студена, який знає тільки основний матеріал, но 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		

Курсова робота

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
8	4	13	25

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	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
75 – 81	C		
64 – 74	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

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.
3. Піскурьов М.Ф. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт в середовищі MATLAB, Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – 63 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

№ з/п	Найменування навчальної літератури	№ змістового модуля	Рік видання	Автори
Базова				
1	Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с., ил. (Серия «Проектирование»).	2, 3	2007	Черных И.В.
2	Чернышов Н.Г., Чернышова Т.И. Моделирование и анализ схем в Electronics Workbench: Учеб.-метод. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 52 с.	1	2005	Чернышев Н.Г.
3	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.	2,3	2014	Джендубаев А.-З. Р.
4	Штовба С.Д. Методи оптимізації в середовищі MatLab. Лабораторний практикум. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2001. –56с.	2	2001	Штовба С.Д
5	Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1987 г., 336 с.	1-3	1987	Иванов В.С., Соколов В.И.
Допоміжна				
1	Крюков А.В., Закарюкин В.П., Соколов В.Ю. Моделирование систем электроснабжения с мощными токопроводами: монография / под ред. А.В. Крюкова. – Иркутск: ИрГУПС. – 2010. – 84с.	2,3	2010	Крюков А.В.
2	Электрооборудование электрических станций и подстанций – М.: АКАДЕМА	1-3	2004	Рожкова Л.Д., Коренева Л.К., Чиркова Т.В

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>