

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**Навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики та
обчислювальної техніки**

**Кафедра автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих
технологій**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної,
методичної та виховної роботи

_____ О.А. Лагоднюк
« ____ » _____ 20 ____ р.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

04-03-96

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

«Гнучкі системи передачі електроенергії»

FLEXIBLE ELECTRICITY TRANSMISSION SYSTEMS

Спеціальність

Speciality

Спеціалізація

Specialization

141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
141 – Electric Power, Electrical
Engineering and Electromechanics

Рівне – 2018

Робоча програма з дисципліни «Гнучкі системи передачі електроенергії» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Рівне: НУВГП, 2018. – 15 с.

Розробник: Літковець С.П., канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Протокол від 09 жовтня 2018 р. № 2.

Завідувач кафедри

д.т.н., проф. Древецький В.В.

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Протокол від 16 жовтня 2018 р. № 2.

Голова науково-методичної комісії

д.т.н., доц. Василюк С.В.

ВСТУП

Робоча програма навчальної дисципліни «Гнучкі системи передачі електроенергії» розроблена на підставі освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», тимчасового стандарту вищої освіти та навчального плану підготовки фахівців за другим (магістерським) рівнем вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (затверджено 29.06.2017 р.). Вивченню дисципліни передують отримання компетентностей з таких дисциплін, як «Мікропроцесорні системи управління та захисту в енергетиці», «Системи управління енерго- та ресурсощадними технологіями», «Комп'ютерне проектування електроенергетичних систем», «Електропостачання промислових і цивільних об'єктів». Дисципліна «Гнучкі системи передачі електроенергії» є основою для оволодіння компетентностями з дисциплін «Противарійна автоматика», «Відновлювальні джерела енергії та енергозбереження», проходження науково-дослідної практики, написання кваліфікаційної магістерської роботи.

Анотація

Для підвищення енергетичної ефективності та надійності систем електропостачання необхідним є впровадження гнучких систем передачі змінного струму і технологій інтелектуальних мереж, сучасних систем компенсації та пристроїв, які підвищують якість електроенергії. В результаті вивчення дисципліни «Гнучкі системи передачі електроенергії» здобувачі вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» мають оволодіти наступними компетентностями: уміння досліджувати перехідні процеси в електроенергетичних системах; уміння досліджувати фізичні явища і процеси в електрообладнанні; здатність використовувати знання в галузі перехідних процесів для попередження та ліквідації аварійних ситуацій в електроенергетичних системах та об'єктах.

Ключові слова: інтелектуальна мережа, гнучкі системи передачі змінного струму, послідовна компенсація, статичний регульований компенсатор, статичний тиристорний компенсатор, синхронний компенсатор, конденсатори з механічним перемиканням, силовий активний фільтр.

Abstract

In order to increase the energy efficiency and reliability of power supply systems is necessary to introduce flexible alternating current transmission systems and Smart Grid technologies, modern compensation systems and devices that increase the quality of electricity. Graduates of specialty 141 «Electric Power, Electrical Engineering and Electromechanics», as a result of discipline «Flexible Electricity Transmission Systems» studding, must master the following competencies: ability to study transients in power systems; ability to investigate physical phenomena and processes in electrical equipment; the ability to use

knowledge in the field of transients for the prevention and liquidation of emergencies in power systems and objects.

Key words: Smart Grid, flexible alternating current transmission systems, series compensation, static var compensator, static thyristor compensator, synchronous compensator, mechanically switched capacitors, power active filter.



Національний університет
водного господарства
та природокористування



Національний університет
водного господарства
та природокористування

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 14 – Електрична інженерія	Вибіркова	
Модулів – 2	Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» Спеціалізація _____	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2-й	2-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання: _____		Семестр	
Загальна кількість годин – 90	Рівень вищої освіти: магістр	3-й	3-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 30 самостійної роботи студента – 60		Лекції	
		16 год.	2 год.
		Практичні, семінарські	
		__ год.	__ год.
		Лабораторні	
		14 год.	4 год.
		Самостійна робота	
		60 год.	84 год.
		Індивідуальне завдання:	
	Вид контролю:		
	зал.	зал.	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 50% до 50%

для заочної форми навчання – 7% до 93%

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є ознайомлення з гнучкими системами передачі змінного струму та інтелектуальними мережами Smart Grid, вивчення існуючих та перспективних засобів компенсації реактивної потужності, ознайомлення з конструкцією, принципом дії, перевагами і недоліками засобів послідовної компенсації, статичних регульованих та тиристорних компенсаторів, синхронних компенсаторів, конденсаторів з механічним перемиканням, особливостями будови та необхідністю застосування силових активних фільтрів.

Завдання:

- засвоїти архітектуру гнучких систем передачі змінного струму та інтелектуальних мереж Smart Grid;
- вміти оцінювати засоби компенсації реактивної потужності;
- вивчити конструкцію та принцип дії систем послідовної компенсації;
- вміти аналізувати принципові схеми статичних регульованих і тиристорних компенсаторів, синхронних компенсаторів та конденсаторів з механічним перемиканням;
- засвоїти способи використання силових активних фільтрів.

В результаті вивчення даного курсу **студент повинен:**

знати:

- особливості побудови гнучких систем передачі змінного струму та інтелектуальних мереж Smart Grid;
- характеристики систем послідовної компенсації, статичних регульованих і тиристорних компенсаторів, синхронних компенсаторів та конденсаторів з механічним перемиканням;
- умови використання силових активних фільтрів;

вміти:

- використовувати знання в галузі електроенергетики для математичного моделювання електроенергетичних об'єктів, систем та процесів в них;
- використовувати знання й практичні навички в галузі механіки, фізики та електротехніки для дослідження фізичних явищ і процесів в електрообладнанні;
- використовувати знання, уміння й навички в галузі теорії й практики функціонування електричних станцій, мереж, систем автоматичного керування для управління режимами електроенергетичних об'єктів та систем;
- використовувати знання в галузі сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварійних ситуацій в електроенергетичних системах та об'єктах.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1 – Інтелектуальні мережі Smart Grid. Гнучкі системи передачі змінного струму

Тема 1. Загальні відомості щодо інтелектуальних мереж Smart Grid. Мета і задачі курсу

Інтелектуальні мережі в енергетиці. Визначення поняття «Smart Grid». Властивості інтелектуальних мереж. Технології систем Smart Grid. Основні програми Smart Grid. Моделювання розумних енергосистем. Розгорнуті розумні енергосистеми та способи їх розгортання. Настанови, стандарти та групи користувачів. Мета, предмет та задачі курсу.

Тема 2. Гнучкі системи передачі змінного струму

Визначення поняття «гнучких систем передачі змінного струму FACTS». Пропускна спроможність ліній електропередач. Загальна характеристика систем високої напруги постійного струму HVDC. Класифікація пристроїв FACTS. Огляд існуючих систем компенсації реактивної потужності. Перспективи розвитку систем передачі змінного струму FACTS в Україні.

Змістовий модуль 2 – Послідовна компенсація. Статичні регульовані та тиристорні компенсатори. Синхронні компенсатори, конденсатори з механічним перемиканням. Силові активні фільтри

Тема 3. Послідовна компенсація SC

Визначення поняття «послідовної компенсації». Функції та область застосування послідовної компенсації. Вплив послідовної компенсації на рівень короткого замикання, фазовий рівень передачі та напруги після відключення навантаження. Пристрої послідовної компенсації. Некерований послідовний конденсатор FSC. Послідовні конденсатори з тиристорним керуванням TCSC. Послідовні конденсатори з тиристорним захистом TPSC.

Тема 4. Статичний регульований компенсатор SVC

Область застосування статичного регульованого компенсатора SVC. Функції SVC. Схема з'єднань статичного регульованого компенсатора. Принцип роботи SVC. Конфігурація системи та особливості роботи SVC. Перспективи розвитку та переваги застосування компенсаторів SVC.

Тема 5. Статичні тиристорні компенсатори реактивної потужності

Статичні тиристорні компенсатори (СТК) реактивної потужності з природною комутацією. Функціональні схеми СТК з примусовою комутацією. Системи керування СТК з примусовою комутацією. Переваги застосування СТК з примусовою комутацією та пофазним керуванням реактивною потужністю.

Тема 6. Синхронний компенсатор

Необхідність застосування та область використання синхронних компенсаторів. Принцип роботи та структурна схема синхронного компенсатора. Конфігурація системи із синхронним компенсатором та

особливості її експлуатації. Переваги встановлення синхронних компенсаторів.

Тема 7. Конденсатори з механічним перемиканням MSC/MSCDN

Переваги та недоліки пристроїв з механічним перемиканням. Функціональна схема конденсатора з механічним перемиканням MSC. Функціональна схема конденсатора з механічним перемиканням з амортизаційною мережею MSCDN. Функції систем керування пристроями з механічним перемиканням MSC/MSCDN. Область застосування пристроїв MSC/MSCDN.

Тема 8. Силові активні фільтри

Джерела вищих гармонік та небезпеки, викликані їх дією. Необхідність застосування силових активних фільтрів. Функціональні схеми силових активних фільтрів. Системи управління силовими активними фільтрами.



Національний університет
водного господарства
та природокористування



Національний університет
водного господарства
та природокористування

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
Змістовий модуль 1 – Інтелектуальні мережі Smart Grid. Гнучкі системи передачі змінного струму												
Тема 1. Загальні відомості щодо інтелектуальних мереж Smart Grid. Мета і задачі курсу	14	2		4		8	13	1			12	
Тема 2. Гнучкі системи передачі змінного струму	14	2		4		8	14			2	12	
Разом за зм. модулем 1	28	4		8		16	27	1		2	24	
Змістовий модуль 2 – Послідовна компенсація. Статичні регульовані та тиристорні компенсатори. Синхронні компенсатори, конденсатори з механічним перемиканням. Силові активні фільтри												
Тема 3. Послідовна компенсація SC	12	2				10	12				12	
Тема 4. Статичний регульований компенсатор SVC	10	2				8	12				12	
Тема 5. Статичні тиристорні компенсатори реактивної потужності	12	2		2		8	13	1			12	
Тема 6. Синхронний компенсатор	12	2		4		6	10			2	8	
Тема 7. Конденсатори з механічним перемиканням MSC/MSCDN	8	2				6	8				8	
Тема 8. Силові активні фільтри	8	2				6	8				8	
Разом за зм. модулем 2	62	12		6		44	63	1		2	60	
Усього годин	90	16		14		60	90	2		4	84	

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Дослідження схеми системи електропостачання напругою 35 – 110 кВ	4	
2	Дослідження порядку вибору перерізів провідників та автоматичних вимикачів для електрообладнання промислових підприємств за допомогою програми ELEKTRIC	4	2
3	Дослідження системи електропостачання промислового підприємства	2	
4	Дослідження споживання електроенергії асинхронним двигуном на промисловому підприємстві	4	2
	Разом	14	4

6. Самостійна робота

Самостійна робота є методом засвоєння студентом навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Самостійна робота студента над засвоєнням навчального матеріалу з навчальної дисципліни може виконуватися в бібліотеці, навчальних аудиторіях та в домашніх умовах.

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

24 години – опрацювання лекційного матеріалу, в тому числі:

12 годин – опрацювання матеріалу, що викладався на лекціях;

12 годин – опрацювання окремих питань, які не викладалися на лекціях;

14 годин – підготовка до лабораторних робіт, в тому числі:

7 годин – вивчення методичних вказівок перед проведенням лабораторних робіт;

7 годин – підготовка звітів з лабораторних робіт;

22 години – підготовка до модульних контрольних робіт.

6.1. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Матеріал, що викладався на лекціях			
1	Загальні відомості щодо інтелектуальних мереж Smart Grid. Мета і задачі курсу	1	2
2	Гнучкі системи передачі змінного струму FACTS	2	4
3	Послідовна компенсація SC	2	4
4	Статичний регульований компенсатор SVC	2	4
5	Статичні тиристорні компенсатори реактивної потужності	2	4
6	Синхронний компенсатор	1	2
7	Конденсатори з механічним перемиканням MSC/MSCDN	1	2
8	Силові активні фільтри	1	2
	Разом	12	24
Питання, які не викладалися на лекціях			
1	Системи постійного струму високої напруги HVDC	6	12
2	Системи передачі енергії постійним струмом надвисокої напруги UHV DC	6	12
	Разом	12	24

7. Методи навчання

Лекції читаються з використанням мультимедійних проекторів для демонстрації різноманітних схем, графіків, діаграм, формул, технічних характеристик пристроїв, схем їх ввімкнення тощо. Під час лекцій проводиться дискусійне обговорення проблемних питань.

Лабораторні роботи виконуються з використанням віртуальних лабораторних стендів, зібраних з використанням програми MATLAB. Студенти отримують файли з моделями відповідних стендів для кожної лабораторної роботи. Лабораторні роботи також виконуються з використанням програми ELEKTRIC.

8. Методи контролю

Для визначення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань:

- оцінювання за виконання лабораторних робіт;
- опитування при захисті лабораторних робіт;
- оцінювання при поточному контролі.

Усі форми контролю включено до 100-бальної шкали оцінювання.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Основними критеріями, що характеризують рівень компетентності студента при оцінюванні результатів поточного та підсумкового контролів, є:

- виконання всіх видів навчальної роботи, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни;

– глибина і характер знань навчального матеріалу за змістом навчальної дисципліни, що міститься в основних та додаткових рекомендованих літературних джерелах;

– вміння аналізувати явища, які вивчаються, у їх взаємозв'язку і розвитку;

– характер відповідей на поставлені питання (чіткість, лаконічність, логічність, послідовність тощо);

– вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;

– вміння аналізувати достовірність одержаних результатів.

Оцінювання результатів поточної роботи (завдань, що виконуються на лабораторних заняттях, ІНДЗ, результатів самостійної роботи студентів) проводиться за такими критеріями:

0% – завдання не виконано;

40% – завдання виконано частково та містить суттєві помилки методичного або розрахункового характеру;

60% – завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки у розрахунках або в методиці;

80% – завдання виконано повністю і вчасно, проте містить окремі несуттєві недоліки (розмірності, висновки, оформлення тощо);

100% – завдання виконано правильно, вчасно і без зауважень.

Розподіл балів по темам для стаціонару:

Поточне тестування та самостійна робота								Сума
Зм. модуль 1		Зм. модуль 2						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
14	14	14	14	14	10	10	10	100

T1, ..., T8 – теми змістових модулів

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Розподіл балів, що присвоюються студентам за видами робіт:

Форма навчальної діяльності	Вид контролю	Максимальна кількість балів за одне заняття (один звіт з л. р.)	Кількість занять (звітів з л. р.)	Сума балів	Разом за формами навч. діяльності
Лекції	Відвідування	1	8	8	8
Лабораторні роботи	Робота під час занять	2	7	14	32
	Захист звіту	4,5	4	18	
Поточний контроль №1					30
Поточний контроль №2					30
Заохочувальні бали за участь в науковій і проектній роботі, доповідь на конференції, статтю, участь в олімпіаді					до 10
Всього за курс					100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою
90-100	зараховано
82-89	
74-81	
64-73	
60-63	
35-59	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Гнучкі системи передачі електроенергії», розміщені в університетській комп'ютерній мережі.

11. Рекомендована література

Базова

- 1 Жежеленко, И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях: Учеб. пособие для вузов / И.В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 252 с.
- 2 Rashid, M. Power Electronics Handbook: Devices, Circuits and Applications

/ M. Rashid. – Oxford: Elsevier Inc., 2011. – 1390 p.

- 3 Кобец, Б.Б. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid / Б.Б. Кобец, И.О. Волкова. – М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.
- 4 Magalhaes de Oliveira, M. Power Electronics for Mitigation of Voltage Sags and Improved Control of AC Power Systems: doctoral dissertation / M. Magalhaes de Oliveira. – Stockholm, 2000. – 281 p.
- 5 Кочкин, В.И. Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий / В.И. Кочкин, О.П. Нечаев. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 248 с.

Допоміжна

- 1 Маевский, О.А. Энергетические показатели вентильных преобразователей / О.А. Маевский. – М.: Энергия, 1978. – 320 с.
- 2 Домнин, И.Ф. Полупроводниковые компенсаторы неактивных составляющих полной мощности: дис. ... докт. техн. наук / И.Ф. Домнин. – Харьков, 2008. – 132 с.
- 3 Akagi, H. Instantaneous power theory and applications to power conditioning / H. Akagi, E. Watanabe, M. Aredes. – Hoboken: IEEE press, 2007. – 379 p.
- 4 Гриб, О.Г. Контроль и регулирование несимметричных режимов в системах электроснабжения / О.Г. Гриб. – Харьков: ХНАГХ, 2004. – 180 с.
- 5 Петрович, В.П. Силовые преобразователи электрической энергии / В.П. Петрович, Н.А. Воронина, А.В. Глазачев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 240 с.
- 6 Железко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии / Ю.С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.
- 7 Агунов, А.В. Управление качеством электроэнергии при несинусоидальных режимах / А.В. Агунов. – СПб.: СПбГМТУ, 2009. – 134 с.

12. Інформаційні ресурси

- 1 Компания ЗАО «Нидек АСИ ВЭИ» / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ansaldovei.ru/>
- 2 The European Technology Platform for Electricity Networks of the Future [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.smartgrids.eu/>
- 3 Журнал «Технічна електродинаміка» / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://techned.org.ua/>
- 4 Журнал «Електротехніка і Електромеханіка» / [Электронный ресурс]. –

- Режим доступу: <http://eie.khpi.edu.ua/>
- 5 Журнал «Електромеханічні і енергозберігаючі системи» / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ees.kdu.edu.ua/>



Національний університет
водного господарства
та природокористування



Національний університет
водного господарства
та природокористування