

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки

04-03-148S

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

SYLLABUS

Гнучкі системи передачі електроенергії		Flexible electricity transmission systems	
Шифр за ОП	ВБ5.2	Code in Degree Programme	
Освітній рівень: магістерський (другий)		Level of Education: Master's (second)	
Галузь знань Електрична інженерія	14	Field of Knowledge Electrical engineering	
Спеціальність Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	141	Field of Study Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics	
Освітня програма: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка		Degree Programme: Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics	

РІВНЕ – 2023

Силабус навчальної дисципліни «Гнучкі системи передачі електроенергії» для здобувачів вищої освіти ступеня «магістр», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Рівне. НУВГП. 2023. 11 стор.

ОП на сайті університету: <https://ep3.nuwm.edu.ua/20907/>

Розробники силабусу:

Василець Святослав Володимирович, д.т.н., проф., проф. кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Василець Катерина Сергіївна, старший викладач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Силабус схвалений на засіданні кафедри АЕКІТ
Протокол №1 від «29» серпня 2023 року

Завідувач кафедри: Древецький В.В., д.т.н., проф.

Керівник (гарант) ОП: Літковець С.П., к.т.н., доц. кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Схвалено науково-методичною радою з якості ННІ АКOT
Протокол №9 від «31» серпня 2023 року

Голова науково-методичної ради з якості ННІ АКOT: Мартинюк П.М., д.т.н., проф.


Попередня версія силабусу - відсутня

© НУВГП, 2023


ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	
Гнучкі системи передачі електроенергії	
ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ	
Ступінь вищої освіти	<i>магістр</i>
Освітня програма	<i>Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Рік навчання, семестр	<i>1 рік навчання, 1 семестр</i>
Кількість кредитів	<i>3</i>
Лекції:	<i>16 год. – денна форма, 2 год. – заочна форма</i>
Практ/семінари	<i>14 год. – денна форма, 4 год. – заочна форма</i>

Самостійна робота:	60 год. – денна форма, 84 год. – заочна форма
Курсовий проект:	ні
Форма навчання	денна/заочна
Форма підсумкового контролю	залік
Мова викладання	державна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО РОЗРОБНИКІВ

Лектор	 Василець Святослав Володимирович , доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій
--------	--

Вікіситет	https://cutt.ly/n4AkFfg
ORCID	https://orcid.org/0000-0003-1299-8026
Як комунікувати	s.vasylets@nuwm.edu.ua

Асистент лектора	 Василець Катерина Сергіївна , старший викладач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій
------------------	--

Вікіситет	https://cutt.ly/F4Ak6nK
ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7590-0754
Канали комунікації	k.s.vasylets@nuwm.edu.ua

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНІЙ КОМПОНЕНТ

Мета та завдання

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.

Посилання на розміщення освітнього компонента на навчальній платформі Moodle, на платформі освітніх програм та їхніх освітніх компонентів

<https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=5655>

<https://nuwm.edu.ua/nni-akot/osvitni-prohramy/item/elektroenerhetyka-elektrotekhnika-ta-elektromekhanika-druhomahistersko-ho-rivnia-vyshchoi-osvity-za-spetsialnistiu-141-elektroenerhetyka-elektrotekhnika-ta-elektromekhanika>

Компетентності

ФК7. Здатність формалізувати задачі з прийняття рішень в електроенергетичній галузі.

ФК10. Здатність розробляти технічні завдання на проектування і виготовлення комплексів і систем захисту, автоматики, інформаційного забезпечення та управління електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів.

ФК15. Здійснювати монтаж і налагодження силових мереж, комплексів і систем захисту, автоматики, інформаційного забезпечення та управління об'єктів електроенергетики.

Програмні результати навчання

ПРН-1: уміння розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, що потребує оновлення та інтеграції знань, часто в умовах неповної/недостатньої інформації та суперечливих вимог.

ПРН-4: уміння використовувати при дослідженнях сучасні програмні пакети для моделювання, випробування об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН-10: володіння навичками роботи з комп'ютером та сучасними програмними пакетами для вирішення проектно-конструкторських задач в галузі електроенергетики, електротехніки, електромеханіки.

ПРН-13: уміння формалізувати задачі з прийняття рішень в електроенергетичній галузі. Правильно обирати та застосовувати найбільш ефективні методи оптимізації в залежності від структури математичної моделі.

ПРН-16: уміння читати креслення та користуватись нормативно-технічною, конструкторською та технологічною документацією.

ПРН-21: знання сучасних методів моделювання елементів електричних мереж та електроенергетичних систем, комплексів захисту, автоматики та керування, технологічних процесів виробництва, передачі та розподілу електричної енергії.

Структура та зміст освітнього компонента

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1
Інтелектуальні мережі Smart Grid. Гнучкі системи передачі змінного струму

	Денна форма	Заочна форма
Лекції	4	1
Практичні роботи	2	0,5
Самостійна робота	20	34

Методи та технології навчання: демонстрація, проблемно-пошуковий метод, навчальна дискусія, аналіз конкретних ситуацій, розв'язання винахідницьких завдань, проблемна лекція, візуалізація.

Тема												
Кількість годин, результати навчання, література			Зміст теми									
Тема 1												
Загальні відомості щодо інтелектуальних мереж Smart Grid. Мета і задачі курсу												
<table border="1"> <tr> <td>год.</td> <td>ден.</td> <td>заоч.</td> </tr> <tr> <td>лек.</td> <td align="center">2</td> <td align="center">0,5</td> </tr> <tr> <td>практ.</td> <td align="center">2</td> <td align="center">0,5</td> </tr> </table>	год.	ден.	заоч.	лек.	2	0,5	практ.	2	0,5	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. Практична робота №1. Дослідження схеми системи електропостачання напругою 35 – 110 кВ		
год.	ден.	заоч.										
лек.	2	0,5										
практ.	2	0,5										
Результати навчання: 1, 4, 10, 13, 16, 21 Література: [1–6]												
Тема 2												
Гнучкі системи передачі змінного струму												
<table border="1"> <tr> <td>год.</td> <td>ден.</td> <td>заоч.</td> </tr> <tr> <td>лек.</td> <td align="center">2</td> <td align="center">0,5</td> </tr> <tr> <td>практ.</td> <td align="center">0</td> <td align="center">0</td> </tr> </table>	год.	ден.	заоч.	лек.	2	0,5	практ.	0	0	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.		
год.	ден.	заоч.										
лек.	2	0,5										
практ.	0	0										
Результати навчання: 1, 4, 10, 13, 16, 21 Література: [1–6]												

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2
Послідовна компенсація. Статичні регульовані та тиристорні компенсатори. Синхронні компенсатори, конденсатори з механічним перемиканням. Силові активні фільтри

Кількість годин:

	Денна форма	Заочна форма
Лекції	12	1
Практичні роботи	12	3,5
Самостійна робота	40	50

Методи та технології навчання: демонстрація, проблемно-пошуковий метод, навчальна дискусія, аналіз конкретних ситуацій, розв'язання винахідницьких завдань, проблемна лекція, візуалізація.

Тема	
Кількість годин, результати навчання, література	Зміст теми
Тема 3	

Послідовна компенсація SC

год.	ден.	заоч.
лек.	2	0,5
практ.	2	0,5

Результати навчання:
1, 4, 10, 13, 16, 21
Література: [1–6]

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.

Практична робота №2. Вибір пристрою послідовної компенсації.

Тема 4

Статичний регульований компенсатор SVC

год.	ден.	заоч.
лек.	2	0,5
практ.	2	0,5

Результати навчання:
1, 4, 10, 13, 16, 21
Література: [1–6]

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.

Практична робота № 3. Вибір статичного регульованого компенсатора SVC

Тема 5

Статичні тиристорні компенсатори реактивної потужності

год.	ден.	заоч.
лек.	2	0,5
практ.	2	0,5

Результати навчання:
1, 4, 10, 13, 16, 21
Література: [1–6]

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.

Практична робота № 4. Розрахунок статичного тиристорного компенсатора (СТК) реактивної потужності з природною комутацією

Тема 6

Синхронний компенсатор

год.	ден.	заоч.
лек.	2	0,5
практ.	2	1

Результати навчання:
1, 4, 10, 13, 16, 21
Література: [1–6]

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.

Практична робота № 5. Розрахунок синхронного компенсатора.

Тема 7

Конденсатори з механічним перемиканням MSC/MSCDN

год.	ден.	заоч.
лек.	2	0,5
практ.	0	0

Результати навчання:
1, 4, 10, 13, 16, 21
Література: [1–6]

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

год.	ден.	заоч.
лек.	2	0,5

Джерела вищих гармонік та небезпеки, викликані їх дією. Необхідність застосування силових активних фільтрів. Функціональні схеми силових активних

практ.	4	1	фільтрів. Системи управління силовими активними фільтрами. Практична робота № 6. Вибір силового активного фільтра
Результати навчання: 1, 4, 10, 13, 16, 21 Література: [1–6]			

Форми та методи навчання

Форми занять: лекція, практична робота, самостійна робота.
Методи навчання: демонстрація, навчальна дискусія. Технології викладання: аналіз проблемних питань, обговорення, презентації.

Інструменти, обладнання, програмне забезпечення

Лекції читаються з використанням мультимедійного проектора Під час лекцій демонструються натурні зразки обладнання (конденсатори для компенсації реактивної потужності, контролер тощо), проводиться дискусійне обговорення проблемних питань.

Порядок оцінювання програмних результатів навчання/ результатів навчання

Форми оцінювання відбуваються у вигляді:

- оцінювання роботи під час лекційних занять;
- оцінювання роботи під час виконання лабораторних робіт;
- оцінювання захиту звітів з лабораторних робіт;
- модульних та підсумкового контролів в системі Moodle.

Положення про семестровий поточний та підсумковий контроль навчальних досягнень здобувачів вищої освіти <http://ep3.nuwm.edu.ua/15311/> . Для визначення рівня засвоєння здобувачами освіти матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань: оцінювання за виконання лабораторних робіт; опитування при захисті лабораторних; оцінки за модульні контрольні роботи; підсумковий контроль знань. Усі форми контролю включено до 100-бальної шкали оцінювання:

Вид заняття	Бали
1. Поточна складова оцінювання	
1.1 Робота під час лекцій (16 пар * 1 бал)	16
1.2 Виконання практичних робіт (6 роб. * 7,3 бали)	44
Всього поточна складова оцінювання	60
2. Підсумкова складова оцінювання	
2.1. Модульний контроль №1	20
2.2. Модульний контроль №2	20
Всього підсумкова складова оцінювання	40
Разом	100

Модульні контролі (МК1, МК2) проводяться шляхом тестування в системі Moodle. Час виконання білету становить 30 хв. Білет тестового завдання має завдання трьох рівнів складності, які оцінюються наступним чином:

Рівень складності	Кількість завдань в білеті	Оцінка завдань (бали)	
		за одне	загальна
1	20	0,6	12
2	9	0,75	6,75
3	1	1,25	1,25
	30		20

Підсумувий контроль проводиться шляхом тестування в системі Moodle. Час виконання білету становить 80 хв. Білет тестового завдання має завдання трьох рівнів складності, які оцінюються наступним чином:

Рівень складності	Кількість завдань в білеті	Оцінка завдань (бали)	
		за одне	загальна
1	30	0,9	27
2	9	1	9
3	1	4	4
	40		40

Рекомендована література (основна, допоміжна)

Основна література:

- 1 Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. 400 с.
- 2 Зайцев Є.О., Кучанський В.В., Гунько І.О. Підвищення експлуатаційної надійності та ефективності роботи електричних мереж та електроустановка : монографія. Вінниця : ГО «Європейська наукова платформа», 2021. 156 с.
- 3 Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії / П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, І. О. Гунько. Вінниця : ВНТУ, 2018. 174 с. ISBN 978-966-641-353-9
- 4 José M. Maza-Ortega, Antonio Gómez-Expósito (Eds.) HVDC/FACTS for Grid Services in Electric Power Systems. 2020. 276 p. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03928-377-4>
- 5 Narain G. Hingorani, Laszlo Gyugyi Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems. Wiley-IEEE Press: 2000. 452 p.
- 6 Suman Bhowmick Flexible AC Transmission Systems (FACTS). Newton Power-Flow Modeling of Voltage-Sourced Converter-Based Controllers. CRC Press, 2016. 319 p.

Допоміжна література:

- 7 Омельчук А.О. Електричні системи та мережі. Київ: Видавничий центр НУБІП України, 2006. 160 с.
- 8 Лушкін В. А., Абраменко І. Г., Барбашов І. В. та ін. Загальна характеристика та розрахунок режимів розподільних мереж: навч. посібник. Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х.: ХНАМГ, 2013. 193 с.
- 9 Кірик В.В. Електричні мережі та системи. Режими роботи розімкнених мереж: навч. посіб. К.: НТУУ «КПІ», 2014. 130 с.

Інформаційні ресурси в Інтернет

- 1 Журнал «Технічна електродинаміка» / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://techned.org.ua/>
- 2 Архів публікацій Східноєвропейського журналу передових технологій / [Електронний ресурс] – Режим доступу:

- <http://journals.uran.ua/eejet/issue/archive>
- 3 Цифрова бібліотка факультету електроніки НТТУ «КПІ» / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://fel.kpi.ua/>
 - 4 Електронний науковий архів НУ «Львівська політехніка» / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua>

Поєднання навчання та досліджень

У процесі навчання здобувачі вищої освіти залучаються до реалізації наукових досліджень, зокрема за темою "Розробка та дослідження автоматичних та електротехнічних елементів і систем", яка зареєстрована в Українському інституті науково-технічної експертизи та інформації (державний реєстраційний номер 0116U000281). Передбачено можливість участі студентів у роботі наукових конференцій та публікації статей за результатами досліджень. Студенти залучаються до науково-технічної творчості в ауд. 508, 509.

ПОЛІТИКИ ВИКЛАДАННЯ ТА НАВЧАННЯ

Перелік соціальних, «м'яких» навичок (soft skills)

Освітня компонента спрямована на розвиток таких «м'яких» навичок: аналітичні навички, взаємодія з людьми, гнучкість розуму, комплексне рішення проблем, саморозвиток, здатність до навчання, пошук виходу зі складних ситуацій, оцінювання ризиків та приймання рішень, працелюбність, креативність, навички письмового та усного спілкування, комунікаційні якості.

Дедлайни та перескладання

Ліквідація академічної заборгованості та реалізація повторного вивчення дисципліни здійснюються згідно з «[Порядком ліквідації академічних заборгованостей у НУВГП](#)». Процедура перездачі модулів здійснюється згідно з: <https://nuwm.edu.ua/struktorni-pidrozdili/navch-nauk-tsentr-nezalezhnoho-otsiniuvannia-znan>
Оголошення стосовно дедлайнів здачі частин навчальної дисципліни публікуються на сторінці даної дисципліни на платформі MOODLE.

Неформальна та інформальна освіта

Відповідно до [Положення](#) студенти мають право на визнання (перезарахування) результатів навчання, які здобуті шляхом неформального та інформального навчання.

Зокрема, студенти можуть самостійно проходити онлайн-курси на таких навчальних платформах, як Prometheus, Coursera, edEx, edEra, FutureLearn та інших, для наступного перезарахування результатів навчання.

При цьому важливо, щоб знання та навички, що формуються під час проходження певного онлайн-курсу чи його частин, мали зв'язок з програмними результатами даної дисципліни зазначеними вище, та перевірялись в підсумковому оцінюванні.

Правила академічної доброчесності

При виконанні розрахунково-практичних завдань, написанні індивідуальних робіт або есе студенти повинні дотримуватися

академічної доброчесності. Документи з академічної доброчесності викладені сайті університету <http://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-dobrochesnistj> . Студент зобов'язаний дотримуватися [Кодексу честі студентів НУВГП](#), який встановлює загальні моральні принципи та правила етичної поведінки осіб, які навчаються в університеті, та якими вони мають керуватися у своїй діяльності. Письмові роботи перевіряються на наявність плагиату і допускаються до захисту із коректними текстовими запозиченнями встановленими [Положенням про виявлення та запобігання академічного плагиату в НУВГП](#). Принципи доброчесності у НУВГП та відповідність показникам забезпечення якості вищої освіти регламентовано Національним агентством із забезпечення якості вищої освіти та положеннями відділу якості освіти НУВГП. Сайт Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти: <https://naqa.gov.ua/> . Відділ якості освіти НУВГП: <https://nuwm.edu.ua/struktturni-pidrozdili/vyo>

Вимоги до відвідування

Відвідування занять здобувачем вищої освіти є обов'язковим. За об'єктивних причин проведення занять, консультування може проводитися у змішаному форматі із застосуванням інтернет інструментів (GoogleMeet, Moodle). Здобувачі можуть на заняттях використовувати мобільні телефони та ноутбуки, але виключно в навчальних цілях з даної дисципліни.

Автор
Професор

Святослав ВАСИЛЕЦЬ

Затверджено

Проректор з науково-педагогічної та
навчальної роботи

Валерій СОРОКА



документ підписаний КЕП
Номер документа СИЛ №919 від [sDateTime_SignWriteAgree_Last]
Підписувач Сорока Валерій Степанович
Підписувач (дані КЕП): [oSignECP.sSigner_Sert]
Сертифікат 58E2D9E7F900307B0400000807E2D0054327D00