

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник голови науково-  
методичної ради НУВГП  
*e-підпис* Валерій СОРОКА  
17.02.2022

**04-03-86S**

## СИЛАБУС

освітньої компоненти

## SYLLABUS

Системи FACTS передачі змінного струму		FACTS transmission systems	
Шифр за ОП	ББ4.2	Code in Educational Program	
Освітній рівень: бакалаврський (перший)		Educational level: Bachelor's (first)	
Галузь знань: <b>Електрична інженерія</b>	<b>14</b>	Fields of knowledge: <b>Electrical engineering</b>	
Спеціальність: <b>Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</b>	<b>141</b>	Field of study: <b>Electrical energetics, electrical engineering and elect- ?omechanics</b>	
Освітня програма: <b>Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</b>		Educational Program: <b>Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics</b>	

Силабус навчальної дисципліни «Системи FACTS передачі змінного струму» для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Рівне. НУВГП. 2022. 10 стор.

ОПП на сайті університету: <http://ep3.nuwm.edu.ua/20906/>

Розробник силабусу: Василець К.С., старший викладач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Силабус схвалений на засіданні кафедри  
Протокол № 11 від 28 січня 2022 року

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

Керівник ОП Василець С.В, д.т.н., проф.

Схвалено науково-методичною радою з якості ННІ АКOT  
Протокол № 3 від 31 січня 2022 року

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

СЗ №-999 в ЕДО НУВГП.

© Василець К.С., 2022  
© НУВГП, 2022

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ	
Ступінь вищої освіти	бакалавр
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Рік навчання, семестр	3 рік навчання, 6 семестр
Кількість кредитів	3
Лекції:	20 год. – денна форма, 2 год. – заочна форма
Лабораторні заняття:	14 год. – денна форма, 6 год. – заочна форма
Самостійна робота:	56 год. – денна форма, 82 год. – заочна форма
Курсова робота:	ні
Форма навчання	денна, заочна
Форма підсумкового контролю	екзамен
Мова викладання	Українська
ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧІВ	
Лектор	<p><b>Василець Катерина Сергіївна</b>, старший викладач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій</p> <p>Вікіситет  <a href="http://wiki.nuwm.edu.ua/index.php/Василець_Катерина_Сергіївна">http://wiki.nuwm.edu.ua/index.php/Василець_Катерина_Сергіївна</a></p> <p>ORCID  <a href="https://orcid.org/0000-0002-7590-0754">https://orcid.org/0000-0002-7590-0754</a></p> <p>Як комунікувати  <a href="mailto:k.s.vasylets@nuwm.edu.ua">k.s.vasylets@nuwm.edu.ua</a> Актуальні оголошення на сторінці дисципліни в системі MOODLE</p>

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНЮ КОМПОНЕНТУ
Анотація освітньої компоненти, в т.ч. мета та цілі
<p>Метою освітньої компоненти є формування у здобувачів освіти здатності аналізувати процеси у сучасних електроенергетичних системах, розуміння концепції концепція розвитку інтелектуальних мереж.</p> <p>Основним завданням вивченням навчальної дисципліни «Системи FACTS передачі змінного струму» є формування у студентів здатності:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аналізувати необхідність впровадження інтелектуальних технологій в Україні для підвищення ефективності існуючих енергомереж;</li> <li>- визначати доцільність впровадження гнучких систем передачі змінного</li> </ul>

струму;

- обирати тип та характеристики пристроїв FACTS;
- аналізувати ефективність застосування FACTS.

**Посилання на розміщення освітнього компоненту на навчальній платформі Moodle**

<https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369>

**Компетентності**

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K13. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.

K22. Здатність комплексно аналізувати процеси генерації електричної енергії традиційними та відновлюваними джерелами, перетворення, розподілу та споживання електроенергії, з урахуванням засобів мікропроцесорного керування, в тому числі – електропостачання об'єктів водного господарства та технічних засобів природокористування.

**Програмні результати навчання (ПРН). Результати навчання (РН)**

ПР01. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПР20. Застосовувати знання щодо нерозривності процесів генерації електроенергії традиційними та відновлюваними джерелами, перетворення, розподілу та споживання електроенергії під час побудови пристроїв та систем

**Структура та зміст освітнього компонента**

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Гнучкі системи передачі змінного струму (FACTS) першого покоління**

**Денна форма:**

Лекції – 10 год.

Лабораторні заняття – 4 год.

Самостійна робота – 28 год.

**Заочна форма:**

Лекції – 2 год.

Лабораторні заняття – 2 год.

Самостійна робота – 41 год.

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

<b>Тема 1. Проблеми сучасних енергосистем</b>			
Результати навчання ПР 01, 07, 17, 20	Кількість годин: <i>денна</i> лекції – 2 лаб. – 0 <i>заочна</i> лекції – 1 лаб. – 0	Література: [1-6]	Лінк на MOODLE: <a href="https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369">https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369</a>
Опис теми	Підвищення пропускної здатності ліній електропередачі. Забезпечення сталої роботи енергосистеми при різних збуреннях. Забезпечення заданого (примусового розподілу) потужності в електричних мережах у відповідності до вимог диспетчера. Регулювання напруги у мережах.		
<b>Тема 2. Сфера застосування гнучких систем передачі змінного струму</b>			
Результати навчання ПР 01, 07, 17, 20	Кількість годин: <i>денна</i> лекції – 2 лаб. – 0 <i>заочна</i> лекції – 1 лаб. – 0	Література: [1-6]	Лінк на MOODLE: <a href="https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369">https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369</a>
Опис теми	Концепція розвитку інтелектуальних мереж. Основні характеристики інтелектуальної електроенергетичної системи. Гнучкі системи передачі змінного струму, що використовуються для керування системою передачі електроенергії. Сфера застосування групи пристроїв для вирішення проблем з миттєвими характеристиками (CUPS). Впровадження інтелектуальних технологій в Україні.		
<b>Тема 3. Елементна база пристроїв FACTS</b>			
Результати навчання ПР 01, 07, 17, 20	Кількість годин: <i>денна</i> лекції – 2 лаб. – 2 <i>заочна</i> лекції – 0 лаб. – 1	Література: [1-6]	Лінк на MOODLE: <a href="https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369">https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369</a>
Опис теми	Напівпровідникові силові ключі. Мікропроцесорні системи керування. Особливості швидкодіючого автоматичного регулювання реактивних параметрів передачі електроенергії. Загальна характеристика пристроїв поздовжньої компенсації: статичний синхронний поздовжній компенсатор; контролер потоків потужності між лініями електропередач; тиристорно-керований поздовжній конденсатор. Загальна характеристика пристроїв паралельної компенсації: статичний компенсатор реактивної потужності; статичний синхронний компенсатор STATCOM.		
<b>Тема 4. Пристрої FACTS першого покоління</b>			
Результати навчання ПР 01, 07,	Кількість годин: <i>денна</i>	Література: [1-6]	Лінк на MOODLE: <a href="https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369">https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369</a>

17, 20	лекції – 4 лаб. – 2 <i>заочна</i> лекції – 0 лаб. – 1		
Опис теми	Статичний компенсатор реактивної потужності. Керований тиристорами поздовжній компенсатор. Керований тиристорами поздовжній реактор. Керований тиристорами фазний перетворювач. Керований тиристорами регулятор напруги. Керований тиристорами обмежувач напруги.		

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Гнучкі системи передачі змінного струму (FACTS) другого покоління

### Денна форма:

Лекції – 10 год.

Лабораторні заняття – 10 год.

Самостійна робота – 28 год.

### Заочна форма:

Лекції – 0 год.

Лабораторні заняття – 4 год.

Самостійна робота – 41 год.

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

Тема 5. Векторне регулювання в енергосистемах			
Результати навчання ПР 01, 07, 17, 20	Кількість годин: <i>денна</i> лекції – 2 лаб. – 2 <i>заочна</i> лекції – 0 лаб. – 1	Література: [1-6]	Лінк на MOODLE: <a href="https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369">https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369</a>
Опис теми	Особливості регулювання фазового кута вектора напруги. Переваги та недоліки. Можливі шляхи технічної реалізації.		
Тема 6. Пристрої FACTS другого покоління			
Результати навчання ПР 01, 07, 17, 20	Кількість годин: <i>денна</i> лекції – 4 лаб. – 4 <i>заочна</i> лекції – 0 лаб. – 1	Література: [1-6]	Лінк на MOODLE: <a href="https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369">https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369</a>
Опис теми	Синхронний статичний компенсатор. Синхронний статичний компенсатор з акумулюванням електричної енергії. Синхронний статичний компенсатор послідовного ввімкнення. Синхронний статичний компенсатор послідовного ввімкнення з акумулюванням електричної енергії. Об'єднаний регулятор потоків потужності. Керування розподілом		

	навантаження між лініями.		
<b>Тема 7. Розташування та підключення пристроїв FACTS</b>			
Результати навчання ПР 01, 07, 17, 20	Кількість годин: <i>денна</i> лекції – 2 лаб. – 2 <i>заочна</i> лекції – 0 лаб. – 1	Література: [1-6]	Лінк на MOODLE: <a href="https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369">https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369</a>
Опис теми	Вибір місця розташування пристроїв FACTS. Аналіз їх підключення, виходячи з: максимального впливу на характеристики передачі, зниження втрат активної потужності в лінії; зниження втрат активної потужності всієї системи; зниження втрат реактивної потужності всієї системи; впливу на стійкість системи.		
<b>Тема 8. Системи високої напруги постійного струму HVDC</b>			
Результати навчання ПР 01, 07, 17, 20	Кількість годин: <i>денна</i> лекції – 2 лаб. – 2 <i>заочна</i> лекції – 0 лаб. – 1	Література: [1-6]	Лінк на MOODLE: <a href="https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369">https://exam.nuwm.edu.ua/enrol/index.php?id=4369</a>
Опис теми	Особливості систем високої напруги постійного струму HVDC. Особливості, переваги та недоліки. Способи технічної реалізації.		
<b>Перелік соціальних, «м'яких» навичок (soft skills)</b>			
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.			
<b>Форми та методи навчання</b>			
Для досягнення програмних результатів навчання використовуються такі методи навчання: – ілюстративний метод, – репродуктивний метод, – частково-пошуковий метод, – дослідницький метод, – метод полемічного навчання.			
<b>Порядок та критерії оцінювання</b>			
Положення про семестровий поточний та підсумковий контроль навчальних досягнень здобувачів вищої освіти <a href="http://ep3.nuwm.edu.ua/15311/">http://ep3.nuwm.edu.ua/15311/</a> . Для визначення рівня засвоєння здобувачами освіти матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань: оцінювання за виконання лабораторних та практичних робіт; опитування при захисті лабораторних та практичних робіт; оцінки за модульні контрольні роботи; підсумковий контроль знань. Усі форми контролю включено до 100-бальної шкали оцінювання:			

Вид заняття	Бали
<b>1. Поточна складова оцінювання</b>	
1.1 Робота під час лекцій ( 10 пар * 2 бали).....	20
1.2 Робота під час лаб. занять ( 7 пар * 1 бал).....	7
1.3 Захисти звітів з лабораторних робіт (5 робіт *6,6 балів).....	33
<b>Всього поточна складова оцінювання.....</b>	<b>60</b>
<b>2. Підсумкова складова оцінювання</b>	
2.1. Модульний контроль №1.....	20
2.2. Модульний контроль №2.....	20
<b>Всього підсумкова складова оцінювання.....</b>	<b>40</b>
<b>Разом.....</b>	<b>100</b>

### 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.

### Інформаційні ресурси

#### *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.

#### *Інші ресурси*

- 7 Журнал «Технічна електродинаміка» / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://techned.org.ua/>
- 8 Архів публікацій Східноєвропейського журналу передових технологій / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/eejet/issue/archive>
- 9 Цифрова бібліотка факультету електроніки НТТУ «КПІ» / [Електронний ресурс] –



Режим доступу: <http://fel.kpi.ua/>  
10 Електронний науковий архів НУ «Львівська політехніка» / [Електронний ресурс] –  
Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua>

### **Дедлайни та перескладання**

Ліквідація академічної заборгованості та реалізація повторного вивчення дисципліни здійснюються згідно з «Порядком ліквідації академічних заборгованостей у НУВГП» <http://ep3.nuwm.edu.ua/4273/> . Процедура перездачі модулів здійснюється згідно з: <https://nuwm.edu.ua/struktorni-pidrozdili/navch-nauk-tsentri-nezaleznoho-otsiniuvannia-znan/dokumenty> Оголошення стосовно дедлайнів здачі частин навчальної дисципліни публікуються на сторінці даної дисципліни на платформі MOODLE.

### **Неформальна та інформальна освіта**

Можливим є визнання (перезарахування) результатів навчання здобувачів освіти, що набуті за рахунок неформальної та інформальної освіти згідно з відповідним положенням: <https://nuwm.edu.ua/sp/neformalna-osvita>. Наприклад, студенти можуть самостійно проходити онлайн-курси на таких платформах, як Prometheus, Coursera, edEx, edEra, FutureLearn тощо. Знання та навички, що формуються під час проходження певного онлайн-курсу чи його частин, мають мати зв'язок з очікуваними навчальними результатами даного освітнього компоненту та бути перевірені в підсумковому оцінюванні.

### **Практики, представники бізнесу, фахівці, залучені до викладання**

Консультативну допомогу щодо підготовки лекційного матеріалу надає, а також до читання окремих лекцій залучається Килимчук А.В., начальник департаменту експлуатації високовольтних мереж ПрАТ «Рівнеобленерго».

### **Правила академічної доброчесності**

Необхідна інформація стосовно академічної доброчесності, зокрема з питань плагіату, кодексу честі студентів, поведінки в аудиторії та інших наведена у відповідних документах на сторінці Якість освіти сайту НУВГП:

<http://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-dobrochesnistj> Не допускається списування при виконанні поточних завдань, а також під час проведення поточного та підсумкового контролю знань – модулів, заліків, екзаменів. У випадку виявлення факту списування, до студентів будуть застосовані санкції у вигляді зниження підсумкової оцінки або ж позбавлення права подальшого виконання завдання. Принципи доброчесності у НУВГП та відповідність показникам забезпечення якості вищої освіти регламентовано НАЗЯВО та положеннями відділу якості освіти НУВГП. Сайт НАЗЯВО: <https://naga.gov.ua/> Відділ якості освіти НУВГП: <https://nuwm.edu.ua/struktorni-pidrozdili/vyo/dokumenty>

### **Вимоги до відвідування**

Студенту не дозволяється пропускати заняття без поважних причин. Пропущенні практичні та лабораторні заняття виконують згідно з графіком відпрацювань або консультацій, які публікуються на сторінці кафедри АЕКІТ:

<https://nuwm.edu.ua/nni-akot/kaf-aekit> Пропущений лекційний матеріал опрацьовується самостійно з використанням матеріалів, що наведені на сто-

рінці дисципліни в MOODLE. Студенти можуть використовувати на заняттях мобільні телефони та ноутбуки, але виключно для навчання.

#### **Оновлення**

Щорічно викладач з власної ініціативи оновлює зміст даної навчальної дисципліни на основі наукових досягнень і сучасних практик. Здобувачі вищої освіти також можуть долучатись до процедури оновлення навчальної дисципліни шляхом внесення пропозицій щодо новітніх досягнень в галузі. Така ініціатива може бути підставою для отримання додаткових балів.

#### **Академічна мобільність. Інтернаціоналізація**

Процедура визнання результатів навчання, отриманих в інших закладах освіти, зокрема під час академічної мобільності, визначається документами: <https://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-mobilnist>. Міжнародні інформаційні ресурси, які можуть використовувати студенти для вивчення даної дисципліни: **Google Scholar:** <https://scholar.google.com/>; **Elsevier:** <https://www.elsevier.com/>; **Sciencedirect** <https://www.sciencedirect.com/>; **ResearchGate:** <https://www.researchgate.net/>

Лектор: ст. викладач

К.С. Василець