



# МОНІТОРИНГ І ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР/РГР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н. , професор Кирик в. В., 0968817257</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/MTUxNDQ0MzY5NTIz?cjc=Ihpaht5">https://classroom.google.com/c/MTUxNDQ0MzY5NTIz?cjc=Ihpaht5</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

*Програму навчальної дисципліни «Моніторинг і діагностика електроенергетичних систем» складено відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» підготовки доктора філософії спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.*

*Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів наступних здатностей: виконувати моніторинг режимів роботи мереж змінного струму; виконувати діагностику стану електроустановок електричних мереж; аналіз і перетворення вимірюваних величин за моніторингу режимних параметрів.*

*Предмет навчальної дисципліни – моніторинг режимів роботи та діагностику стану електроустановок електричних мереж змінного струму.*

***Програмні результати навчання:***

*Компетенції: здатність оцінювання та аналізу об'єктів моніторингу, показників моніторингу, факторів моніторингу та індикаторів моніторингу; використання програмно-апаратних засобів моніторингу та діагностики електричних мереж.*

Знання: параметрів моніторингу електроенергетичних систем та мереж, нормативних основ моніторингу, основ моніторингового вимірювання, організації програмно-апаратних засобів моніторингу.

Уміння: розробляти структурні схеми і алгоритми моніторингу параметрів електроенергетичних систем та мереж, планувати і виконувати моніторинг режимних параметрів систем змінного струму та дотичних міжсистемних напрямів з використанням сучасних програмно-апаратних засобів, розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію моніторингу та діагностики, застосувати їх у власних дослідженнях у галузі електричної інженерії та у викладацькій практиці.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Матеріал кредитного модуля дисципліни «Моніторинг і діагностика електроенергетичних систем» відповідно до структурно-логічної схеми ОКР «доктор філософії» базується на знаннях, отриманих здобувачами при вивченні таких дисциплін для здобуття глибинних знань зі спеціальності, як «Методи дослідження, формування та керування інтелектуальними енергетичними системами та комплексами», «Фундаментальні основи теорії електромагнітного поля та процесів», «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії в електроенергетичних системах та електротехнічних комплексах», «Моніторинг, керування та захист електроенергетичних систем та електротехнічних комплексів».

Для успішного засвоєння дисципліни здобувач повинен володіти «Іноземною мовою для наукової діяльності», оскільки значна частина новітніх технологій описується в науковій літературі англійською мовою. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого виконання наукових досліджень за темою дисертації.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розділено на **3 розділи**, а саме:

### **1. Загальна характеристика моніторингу в електроенергетиці**

Тема 1.1. Система понять і термінів моніторингу в електроенергетиці

Тема 1.2. Перспектива, стан, завдання та нормативні основи сучасного моніторингу в електроенергетиці

Тема 1.3. Об'єкти моніторингу, показники моніторингу, фактори моніторингу та індикатори моніторингу

### **2. Алгоритми та вимірювальні канали моніторингу в енергосистемі**

Тема 2.1. Моніторингове вимірювання параметрів електричних мереж

Тема 2.2 Датчики вимірювальних каналів

Тема 2.3. Моделювання каналів вимірювання параметрів

### **3. Інформаційно-діагностичні комплекси**

Тема 3.1. Принципи побудови інформаційно-діагностичних комплексів

Тема 3.2. Апаратно-програмні комплекси моніторингу та діагностики

Тема 3.3. Програмне середовище діагностичних комплексів

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Основні інформаційні ресурси:

1. Бондаренко Ю. Н. Диагностирование устройств релейной защиты и автоматики на базе микропроцессорной техники / Ю. Н. Бондаренко, М. Ф., Сопель, В. В. Рогоза, В. Л. Тутик. – М. : Союзэнерго, 1989. – С. 21-22
2. Буткевич А. Ф. Использование результатов “синхронизированного мониторинга” для решения задач управления режимами энергообъединений / А. Ф. Буткевич // Праці ІЕД НАНУ. – 2008. – Вип. 20. – С. 7.
3. Дячук С. Я. Інформаційно-діагностичний комплекс «Регіна» / С. Я. Дячук, В. В. Сорочинський, В. Л. Тутик, М. Ф. Сопель // Керування режимами роботи об'єктів електричних систем 2000 : міжн. наук.-техн. конф., 5-7 вересня 2000 р.: тези доповідей. – Донецьк : ДНТУ, – 2000. – С. 34-39.
4. Інформаційне забезпечення моніторингу об'єктів теплоенергетики: Монографія / [В. П. Бабак, С. В. Бабак, В. С. Березун та ін.]; за ред. чл.-кор. НАН України В. П. Бабака. – К. : ТОВ «Поліграф-Сервіс», 2015. – 512 с. – ISBN 978-966-02-7478-5. Ананичева С. С. Передача електроенергії на більшіє відстані / С. С. Ананичева, П. И. Бартоломей, А. Л. Мызин. – Екатеринбург: УрФу, 2012. – 85 с.
5. Моніторинг і діагностика електроенергетичних систем [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні системи і мережі» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. Ф. Сопель, В. В. Кирик. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,655 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 100 с.
6. Лежнюк П. Д. Діагностування силових трансформаторів з використанням нечітких множин / П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, І. А. Жук / Вісник ВПІ. – 2005. – № 1. – С. 43–51.
7. Лежнюк П. Д. Діагностування силового обладнання гідроелектростанцій / П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, І. А. Жук // Гідроенергетика України. – 2007. – №3. – С. 42-47.
8. Основы технической диагностики. В 2-х кн., кн. I. Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза / [под ред. П. П. Пархоменко]. – М. : Энергия, 1976. – 463 с.
9. Основы технической диагностики. В 2-х книгах. Кн. II. Оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратные средства / [под ред. П. П. Пархоменко]. – М. : Энергия, 1981. – 320 с.
10. Сопель М. Ф. Анализ топологических структур компьютерных сетей систем мониторинга в энергетике с учетом формирования средств защиты информации / М. Ф. Сопель // Математичне та комп'ютерне моделювання. – 2012. – Вип. 6. – С. 181-197.
11. Сопель М. Ф. Робочі алгоритми системи моніторингу режимів роботи електричних мереж та силових вимикачів / М. Ф. Сопель, В. Л. Тутик, А. В. Панов, Ю. В. Пилипенко // Праці ІЕД НАНУ. – 2006. – Вип. 14. – С. 22-25.
12. Стогній Б. С. Досвід створення комплексних систем моніторингу та керування електроенергетичних об'єктів. Перспективи їх розвитку / Б. С. Стогній, М. Ф. Сопель, Г. М. Варський // Праці ІЕД НАНУ. – 2012. – Вип. 32. – С. 39-48.
13. Стогній Б. С. Інформаційно-діагностичний комплекс «Регіна» / Б. С. Стогній, М. Ф. Сопель // Новини енергетики. – 2000. – № 10. – С. 44-47.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<p><b>Система понять і термінів моніторингу в електроенергетиці.</b>  <i>Організація автоматичного систематичного спостереження за технологічними процесами в електроенергетиці та оцінювання їх стану</i>  <i>Література: [3], [4], [5]</i></p>
2	<p><b>Ретроспектива, стан, завдання та нормативні основи сучасного моніторингу в Електроенергетиці</b>  <i>Моніторинг своїми процедурами та операціями тісно пов'язаний з процедурами та операціями інформатизації електроенергетики, особливо з релейним захистом, автоматикою та автоматизованим і автоматичним керуванням, для яких моніторинг завдяки функції надання інформації служить інформаційним базисом.</i>  <i>Література: [3], [4], [5]</i></p>
3	<p><b>Об'єкти моніторингу, показники моніторингу, фактори моніторингу та індикатори моніторингу</b>  <i>Процеси, явища, машини, установки, апарати, системи, середовища та інші, що забезпечують технологічні процеси в електроенергетиці або суттєво на них впливають</i>  <i>Література: [2], [4], [5], [10]</i></p>
4	<p><b>Моніторингове вимірювання параметрів електричних мереж</b>  <i>Вимірювання стає інформаційною процедурою моніторингового вимірювання в тому разі, коли воно є складовою частиною інформаційної процедури, яка визначена вище як спеціально організоване систематичне автоматичне спостереження за станом об'єкта моніторингу з оцінюванням або без оцінювання його стану</i>  <i>Література: [2], [4], [5], [11]</i></p>
5	<p><b>Датчики вимірювальних каналів</b>  <i>У високовольтних електромережах вимірюванню підлягають напруги фаз відносно землі або лінійні напруги, вектори напруг та їх кути. Для вимірювання зазначених величин використовують МПВК, до складу яких входять групи однофазних трансформаторів напруги (ТН) чи трьохфазні ТН з певною в кожному конкретному випадку схемою з'єднань їх первинних та вторинних обмоток</i>  <i>Література: [6], [7], [5], [11]</i></p>
6	<p><b>Моделювання каналів вимірювання параметрів</b>  <i>Оцінювання точності ТС як при проектуванні, так і в експлуатації здійснюється за допомогою фізичного та математичного моделювання з урахуванням факторів, що зумовлюють їх похибки.</i>  <i>Література: [8], [9], [5]</i></p>
7	<p><b>Побудову інформаційно-діагностичних комплексів в ЕЕС</b>  <i>Приклад побудови інформаційно-діагностичного комплексу "Регіна", призначений</i></p>

	для реєстрації аналогових і дискретних сигналів, аналізу розвитку аварійних ситуацій, оцінки функціонування пристроїв релейного захисту і автоматики, визначення місця ушкодження Література: [5], [12], [13]
8	<b>Апаратно-програмні комплекси моніторингу та діагностики</b> Основним базовим компонентом комплексів “Регіна” є реєстратори (РС) аналогових і дискретних сигналів (рис. 3.2), які розподілені по ЕЕО (електричні станції та електричні підстанції напругою від 110 кВ) і утворюють нижній ієрархічний рівень комплексу “Регіна” Література: [5], [12], [13]
9	<b>Програмне середовище діагностичних комплексів</b> Основні функції програмного забезпечення діагностичних комплексів Література: [5], [12], [13]

## 6. Самостійна робота здобувача

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	36
2	Підготовка РГР	20
3	Підготовка до МКР	10
4	Підготовка до екзамену	27

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед здобувачом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: здобувач має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- правила захисту індивідуальних завдань: захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли здобувач не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки РГР (за умови дотримання календарного плану виконання РГР);

- політика дедлайнів та перескладань: якщо здобувач не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;

- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і

навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Передові технології в електроприводі та електромеханічних системах-1»;

• при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

**Поточний контроль:** експрес-тест, МКР.

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.

**Семестровий контроль:** екзамен.

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг більше 35 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Менше 30	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка здобувача після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-тесту;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).
- підготовка РГР

Експрес-тест	РГР	МКР	Екзамен
10	40	20	30

### Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал 1.

Максимальна кількість балів тесту –

1 бал \* 10 = 10 балів.

Критерії оцінювання

- вибір правильної відповіді на окремі питання – 1;

### Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен здобувач виконує розрахунково-графічну роботу.

Максимальна кількість балів за виконання РГР – 40.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – 40 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 14...35 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 2...13 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; здача РГР

після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -2 за кожен тиждень понад встановлений термін.

#### **Модульна контрольна робота**

Ваговий бал МКР – 20.

Максимальний бал за МКР – 20.

##### *Критерії оцінювання*

- повна відповідь на всі запитання (більше 90% матеріалу) 18 – 20 балів;
- неповна відповідь на всі запитання (від 60 до 90% матеріалу) - 12 – 17 балів;
- відповідь містить менше 60 % необхідної інформації – 0 балів;

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу здобувача не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

#### **Форма семестрового контролю – залік**

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до екзамену є повний конспект лекцій, виконана і захищена РГР. Для отримання екзамену з кредитного модулю «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, а також виконані умови допуску до екзамену.

Здобувачі, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити свою оцінку в системі ECTS, здають екзамен.

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань

##### *Критерії оцінювання заліку*

- «відмінно», повна відповідь, не менше 95% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 95 - 100 балів;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 85-94 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 75-84 бали;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 65-74 балів;
- «достатньо», неповна відповідь, але не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 60 - 64 бали;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

### **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

#### **Завдання на РГР**

Виконання РГР відбувається в програмному середовищі MatLab. Завдання на РГР передбачає математичне моделювання роботи високовольтних трансформаторів струму з урахуванням нелінійності їх характеристик. Тип трансформатора визначаються лектором для кожного здобувача індивідуально.

#### **Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль**

1. Система понять і термінів моніторингу в електроенергетиці

2. Ретроспектива, стан, завдання та нормативні основи сучасного моніторингу в електроенергетиці
3. Об'єкти моніторингу, показники моніторингу, фактори моніторингу та індикатори моніторингу
4. Моніторингове вимірювання параметрів електричних мереж
5. Датчики вимірювальних каналів
6. Моделювання каналів вимірювання параметрів
7. Принципи побудови інформаційно-діагностичних комплексів
8. Апаратно-програмні комплекси моніторингу та діагностики
9. Програмне середовище діагностичних комплексів

***Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ***

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** проф. кафедри електричних мереж та систем ФЕА, д.т.н. Кирик В.В.

**Ухвалено** кафедрою електричних мереж та систем ФЕА (протокол № 13 від 20.06.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол №10 від 22.06.2023 р)

---

<sup>1</sup>Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.