



## Оптимізація режимів електроенергетичних систем Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна), заочна
Рік підготовки, семестр	5 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів / 150 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викла- дачів	Лектор та практичні заняття: ст. викл. Дубовик Володимир Григорович; e-mail: <a href="mailto:processor-wl@ukr.net">processor-wl@ukr.net</a> ; тел. +380 44-204-8225 (08:00 – 16:00)
Розміщення курсу	Доступно на платформі «Сікорський». Код доступу надається викладачем на першому занятті.

### Програма навчальної дисципліни

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

Метою дисципліни «Оптимізація режимів електроенергетичних систем» є навчання використанню принципів і методів оптимізації параметрів та оптимального розподілу активних і реактивних потужностей у сталих режимах електроенергетичних систем і мереж, а також умови забезпечення стійкості електричних систем, спостережуваність та оцінювання електроенергетичних систем, формування у студентів теоретичних та практичних знань щодо основних типів електромеханічних перетворювачів енергії, підвищення їх енергоефективності, принципи і системи керування електроприводом, основні тенденції розвитку і напрямку енергозбереження в електроприводі.

Предмет навчальної дисципліни складають електромеханічні властивості електропривода, процеси електромеханічного перетворення енергії, процеси енергоспоживання і енерговикористання електромеханічних систем. Дисципліна забезпечує формування здатності аналізувати усталені режими роботи електроенергетичних систем і мереж, оцінювати параметри електроенергетичного обладнання і умови регулювання параметрів режимів з використанням методів оптимізації для забезпечення надійного електропостачання якісною електричною енергією, володіння методами синтезу електроенергетичних систем із заданими показниками технічної ефективності роботи. Дисципліна покликана зформувати у студентів системний підхід до вирішення актуальних задач вибору електрообладнання та керування технологічним процесом з підвищеним рівнем використання енергоресурсів. Дисципліна дає студентові знання та навички, необхідні для проектування та налагодження систем автоматичного управління, вирішення задач інтелекту-

ального прийняття рішень у системах електротехнічного комплексу, покликана зформувати у студентів системний підхід до вирішення актуальних задач прийняття певних рішень стосовно управління та керування технологічним процесом та оптимізації використання енергоресурсів.

Програмні результати навчання:

Після засвоєння навчальної дисципліни, згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

### **ЗНАННЯ:**

- здатність використовувати іноземну мову для здійснення науково-технічної діяльності;
- здатність приймати обґрунтовані рішення;
- здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;
- здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.
- законів розвитку складних електротехнічних комплексів;
- методів розрахунку усталених і перехідних процесів у електромеханічних системах (ЕМС);
- методів розрахунку та дослідження енергетичних процесів у ЕМС;
- основ електромагнітної сумісності електротехнічного обладнання;
- особливостей взаємодії матеріального, енергетичного, інформаційного, фінансового та розумового потоків електротехнічних комплексів;
- методів оцінки енергоефективності складових електротехнічних комплексів;
- методів управління рівнем енергоефективності типових технологічних установок як комплексів з енергетичного потоку, вузла навантаження, напівпровідникового перетворювача, електромеханічного перетворювача, механічного перетворювача, виконавчого органу, матеріального потоку;
- розрахунків основних режимів роботи обертових електричних машин, використовуючи паспортні та каталожні дані;
- методів підвищення ступеню ідеальності складних технічних систем за рахунок підвищення ступеню вепольності обладнання та інтелектуалізації систем керування типовими електротехнічними установками.

### **УМІННЯ:**

- давати аналіз та опис процесів електромеханічного перетворення енергії промислових об'єктів, вибирати заходи та засоби енергозбереження і робити їх аналіз;
- виконувати оцінку ефективності технологічного процесу передачі, розподілу та регулювання електричної енергії;
- вибирати оптимальні заходи для забезпечення якості та надійності електропостачання споживачів; визначати параметри поточних та прогнозованих режимів роботи енергосистем з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки;
- обґрунтовувати інженерні рішення, що приймає персонал;
- виконувати проект оптимального розвитку електричної мережі;
- оцінювати енергоефективність комплексу з мережі живлення, вузла навантаження, напівпровідникового перетворювача, електромеханічного перетворювача, механічного перетворювача, виконавчого органу, мережі матеріального потоку;
- складати словесні алгоритми підвищення ефективності роботи типових установок електротехнічних комплексів, формулювати функції цілей, формалізувати словесні алгоритми;
- вибирати методи підвищення енергетичної ефективності типових установок електротехнічних комплексів;
- аналізувати отримані результати;
- шукати, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, продукувати нові ідеї для підвищення енергоефективності роботи типових установок електротехнічних комплексів;

- уміти складати функціональні і структурні схеми з різними типами силових перетворювачів і електродвигунів;
- розраховувати параметри енергетичних режимів роботи ЕМС;
- формувати та розраховувати моделі для електротехнічного обладнання;
- уміти робити вибір раціональних режимів роботи і експлуатації ЕМС;
- проводити необхідні випробування електричних машин для отримання їх реальних параметрів та робочих характеристик;
- проводити експериментальні дослідження і узагальнення їх результатів;
- вміти користуватися електровимірювальною апаратурою;
- вміти самостійно працювати з навчальною, навчально-методичною і довідковою літературою у галузі електротехніки і суміжних дисциплін.

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

Вивчення дисципліни базується на знаннях отриманих студентами фундаментальних і професійно-орієнтованих дисциплінах "Вища математика", "Теоретичні основи електротехніки", "Електричні машини", "Електричний привод", "Автоматизований електропривод".

## 3. Зміст навчальної дисципліни

На вивчення кредитного модуля відводиться 150 годин / 5 кредитів

Назви розділів, тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
<b>Розділ 1. Методи оптимізації параметрів електроенергетичних систем</b>					
Тема 1.1. Енергетичний канал електромеханічних систем	8	2	0	0	6
Тема 1.2. Енергетичні характеристики електромеханічних систем	8	2	0	0	6
Тема 1.3. Математичне моделювання сталих режимів електроенергетичних систем	10	2	2	0	6
Тема 1.4. Теплові режими роботи електропривода в електромеханічних системах.	10	2	2	0	6
Тема 1.5. Спостережуваність та оцінювання електроенергетичних систем	8	2	0	0	6
Тема 1.6. Вплив якості енергетичного потоку на ефективність енерговикористання електротехнічних комплексів.	11	2	2	0	7
Тема 1.7. Вимірювання параметрів енергетичного потоку, методи в визначення та усунення неоднорідності мереж	11	2	2	0	7
Тема 1.8. Методи підвищення пропускної спроможності ліній електропередачі	8	2	0	0	6

<b>Розділ 2. Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем</b>					
Тема 2.1. Електромеханічні системи з електроприводом змінного струму	10	2	2	0	6
Тема 2.2. Забезпечення статичної та динамічної стійкості електричних систем	6	2	0	0	4
Тема 2.3. Методи оптимального розподілу активних потужностей	9	2	0	0	7
Тема 2.4. Електромеханічні системи з регульованим електроприводом	8	2	2	0	4
Тема 2.5. Методи оптимального розподілу реактивних потужностей	6	2	0	0	4
<b>Розділ 3. Управління ефективністю енерговикористання електротехнічних комплексів</b>					
Тема 3.1. Управління енергетичною ефективністю регульованих електроприводів електротехнічних комплексів	8	2	2	0	4
Тема 3.2. Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем	6	2	0	0	4
Тема 3.3. Управління енергетичною ефективністю типових установок електротехнічних комплексів	9	2	2	0	5
Тема 3.4. Методи оптимізації електричних мереж	6	2	0	0	4
Тема 3.5. Електромеханічні системи і комплекси безперервної дії	8	2	2	0	4
<b>Всього</b>	<b>150</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>96</b>

## **Розділ 1. Методи оптимізації параметрів електроенергетичних систем**

### **Тема 1.1. Енергетичний канал електромеханічних систем**

Структура енергетичного каналу електромеханічної системи. Баланс потужностей потоків енергії енергетичного каналу. Приклад фізичної реалізації силового каналу електромеханічної системи.

### **Тема 1.2. Енергетичні характеристики електромеханічних систем**

Втрати потужності в нерегульованому електроприводі. Втрати потужності в регульованому електроприводі. Коефіцієнт корисної дії. Коефіцієнт потужності в електроприводі. Втрати електроенергії в електромеханічних системах в динамічних режимах.

### **Тема 1.3. Математичне моделювання сталих режимів електроенергетичних систем**

Удосконалення процедури вибору двигуна для конкретної установки. Використання енергозберігаючого електропривода. Усунення проміжних передач. Вибір раціонального типу електропривода для конкретної технологічної установки. Вибір раціональних режимів роботи та експлуатації електроприводів. Перехід від нерегульованого електропривода до регульованого. Енергозберігаючі аспекти застосування регульованого електропривода в електромеханічних системах.

### **Тема 1.4. Теплові режими роботи електропривода в електромеханічних системах.**

Втрати потужності. Метод середніх втрат. Нагрівання двигуна. Рівняння теплового балансу та нагрівання двигуна. Теплові режими роботи двигунів електромеханічних систем. Вибір потужності двигуна.

### **Тема 1.5. Спостережуваність та оцінювання електроенергетичних систем**

Критерії вибору потужності двигуна. Методи еквівалентного струму, потужності та моменту. Уточнення еквівалентних величин при змінній тепловіддачі. Вибір потужності двигуна

при тривалому, короткочасному та повторно-короткочасному режимах роботи. Перевірка вибраного двигуна. Навантажувальні діаграми електропривода електромеханічних систем.

**Тема 1.6. Вплив якості енергетичного потоку на ефективність енерговикористання електротехнічних комплексів.**

Відхилення напруги. Коливання напруги. Несиметрія напруги. Несинусоїдальність напруги. Втрати електроенергії за рахунок відхилення якості напруги від нормованих значень.

**Тема 1.7. Вимірювання параметрів енергетичного потоку, методи в визначення та усунення неоднорідності мереж**

Вимірювання відхилення, розмаху, інтервалу, дози Флікера. Вимірювання коеф. спотворення синусоїдальності коефіцієнт гармонічних складових, коефіцієнт несиметрії напруг зворотної та нульової послідовностей, коефіцієнт перенапруги, імпульсні перевантаження.

**Тема 1.8. Методи підвищення пропускної спроможності ліній електропередачі**

Вимірювання та реєстрація параметрів струму та потужності. Вимірювання електричних параметрів електроприводів.

**Розділ 2. Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем**

**Тема 2.1. Електромеханічні системи з електроприводом змінного струму.**

Розв'язання оптимізаційних задач з обмеженнями-нерівностями. Електропривод з асинхронними двигунами. Принципова схема асинхронних двигунів з фазним і короткозамкненим ротором, принцип роботи. Рівняння електромеханічної характеристики. Створення спеціальних схемних рішень нерегульованих електроприводів з АД для підвищення енергетичних показників. Особливості асинхронного привода. Електропривод з синхронними двигунами.

**Тема 2.2. Забезпечення статичної та динамічної стійкості електричних систем**

Дослідження динамічної стійкості, імітаційне моделювання перехідних режимів електроенергетичних систем після внесення значних збурень. Електропривод з двигунами постійного струму. Принципова, функціонально-логічна та структурні схеми ДПС. Принцип роботи. Загальне диференціальне рівняння. Використання синхронної машини як компенсатора реактивної потужності для підвищення енергетичних показників. Особливості синхронного електропривода.

**Тема 2.3. Методи оптимального розподілу активних потужностей**

Розвиток розосередженого генерування електроенергії. Принципова схема двигунів послідовного та змішаного збудження. Універсальні характеристики – швидкісна та електромагнітна. Природні характеристики. Регульовальні властивості. Особливості привода постійного струму.

**Тема 2.4. Електромеханічні системи з регульованим електроприводом.**

Електромеханічні системи з регульованим електроприводом змінного струму. Частотно-регульований електропривод. Функціональні та принципові схеми частотно-регульованого електропривода. Принципи широтно-імпульсної (ШІМ) модуляції і формування вихідної напруги. Векторне керування асинхронним електроприводом. Асинхронний електропривод з реалізацією енергії ковзання. Асинхронні вентильно-машинні та вентильні каскади. Фазове керування асинхронним двигуном. Схеми та принцип роботи. Вентильні двигуни постійного та змінного струму. Порівняльний аналіз схем. Схеми та засоби керування вентильними двигунами.

**Тема 2.5. Методи оптимального розподілу реактивних потужностей**

Здійсненність режиму електроенергетичної системи. Електромеханічні системи з регульованим електроприводом постійного струму. Система тиристорний перетворювач-двигун. Принципова та структурна схеми. Принцип роботи. Підвищення енергетичних показників та зменшення впливу на мережу електроприводів з напівпровідниковими перетворювачами.

**Розділ 3. Управління ефективністю енерговикористання електротехнічних комплексів**

**Тема 3.1. Управління енергетичною ефективністю регульованих електроприводів електротехнічних комплексів.**

Оцінювання ефективності основних заходів щодо зменшення технічних втрат електроенергії в розподільних мережах. Напрямки підвищення енергоефективності регульованих електроприводів. Показники енергетичної ефективності регульованих електроприводів. Методика оцінки енергетичної ефективності регульованих електроприводів.

### **Тема 3.2. Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем**

Структура втрат у розподільних мережах. Управління енергетичною ефективністю за допомогою магнітного потоку електродвигунів. Управління за мінімумом електромагнітних втрат, повних втрат, мінімумом струмів статора, мінімуму узагальненого показника якості.

### **Тема 3.3. Управління енергетичною ефективністю типових установок електротехнічних комплексів**

Електропривод підйомних механізмів. Кранові механізми. Кінематичні схеми. Режими роботи. Системи електроприводу підйомних кранів. Схеми керування крановим електроприводом за допомогою кулачкових та магнітних контролерів. Безконтактні схеми керування. Підйомні установки. Кінематичні схеми. Режими роботи. Функціональні схеми САР підйомом. Принципи керування. Ліфтові установки. Кінематичні схеми ліфтових установок з верхнім та нижнім розташуванням електропривода. Схеми електропривода.

### **Тема 3.4. Методи оптимізації електричних мереж**

Оцінювання адекватності результатів моделювання режимів е та оцінювання балансів електроенергії. Дослідження методів оптимізації режимів локальних електричних систем. Електропривод турбомеханізмів. Вентилятори (доцентрові та осьові), компресори та насоси. Режими роботи. Системи електропривода. Вибір потужності електродвигуна. Принципи регулювання продуктивності. Типові схеми керування електроприводом вентиляторів компресорів та насосів.

### **Тема 3.5. Електромеханічні системи і комплекси безперервної дії**

Сучасні локальні електричні системи як об'єкт керування. Електропривод транспортних механізмів безперервної дії. Конвеєри. Кінематичні схеми та характеристики транспортних механізмів безперервної дії. Вимоги до електропривода. Електропривод конвеєрів та схеми керування. Вибір потужності двигуна. Принципи керування швидкістю руху стрічки конвеєрів. Ескалатори. Електропривод та керування. Електропривод канатних дворів. Схеми електропривода.

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

### **Базова література**

1. Електричні системи та мережі: Матеріали лекцій. Розрахунок та аналіз усталених режимів електроенергетичних систем / Кацадзе Т. Л. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 285 с.
2. Методи оптимізації режимів енергосистем: Модульна контрольна робота [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні системи і мережі» / В. В. Чижевський, В. А. Баженов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 48 с.
3. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії : монографія / П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, І. О. Гунько – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 164 с. ISBN 978-966-641-717-9.
4. Лежнюк П.Д. Електроощадні технології в електричних мережах енергосистем / Любков Наумівна Добровольська, Володимир Володимирович Кулик, Петро Дем'янович Лежнюк // Під редакцією Лежнюка П.Д. – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2018. – 328 с.

### **Додаткова**

5. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник. - К: Кондор, 2005. – 408 с.

6. Шавьолкін О. О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії : навч. посібник / О. О. Шавьолкін ; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М . Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М . Бекетова, 2015. – 403 с.

7. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності.

*Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.*

*Обов'язковим для вивчення є окремі розділи базової літератури [1]-[4]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись.*

*Методи та форми навчання включають не лише традиційні університетські лекції та семінарські заняття, а також елементи роботи в командах та групових дискусій. Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими методами та технологіями: методи проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як кейс-технологія і проектна технологія; візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Комунікація з викладачем будується за допомогою використання інформаційної системи «Електронний кампус», платформи дистанційного навчання «Сікорський» на базі G Suite for Education, а також такими інструментами комунікації, як електронна пошта і Telegram. Під час навчання та для взаємодії зі студентами використовуються сучасні інформаційно-комунікаційні та мережеві технології для вирішення навчальних завдань.*

#### **Навчальний контент**

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

Тиждень	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	<b>Лекція 1. Енергетичний канал електромеханічних систем.</b> Структура енергетичного каналу електромеханічної системи. Баланс потужностей потоків енергії енергетичного каналу. Приклад фізичної реалізації силового каналу електромеханічної системи. <b>Література: [1,2]</b>

2	<p><b>Лекція 2. Енергетичні характеристики електромеханічних систем</b>  Втрати потужності в нерегульованому електроприводі. Втрати потужності в регульованому електроприводі. Коефіцієнт корисної дії. Коефіцієнт потужності в електроприводі. Втрати електроенергії в електромеханічних системах в динамічних режимах. <b>Література: [1]</b></p>
3	<p><b>Лекція 3. Математичне моделювання сталих режимів електроенергетичних систем</b>  Удосконалення процедури вибору двигуна для конкретної установки. Використання енергозберігаючого електропривода. Усунення проміжних передач. Вибір раціонального типу електропривода для конкретної технологічної установки. Вибір раціональних режимів роботи та експлуатації електроприводів. Перехід від нерегульованого електропривода до регульованого. Енергозберігаючі аспекти застосування регульованого електропривода в електромеханічних системах. <b>Література: [1,3]</b></p>
4	<p><b>Лекція 4. Теплові режими роботи електропривода в електромеханічних системах.</b>  Втрати потужності. Метод середніх втрат. Нагрівання двигуна. Рівняння теплового балансу та нагрівання двигуна. Теплові режими роботи двигунів електромеханічних систем. Вибір потужності двигуна. <b>Література: [1,5]</b></p>
5	<p><b>Лекція 5. Спостережуваність та оцінювання електроенергетичних систем.</b>  Критерії вибору потужності двигуна. Методи еквівалентного струму, потужності та моменту. Уточнення еквівалентних величин при змінній тепловіддачі. Вибір потужності двигуна при тривалому, короткочасному та повторно-короткочасному режимах роботи. Перевірка вибраного двигуна. Навантажувальні діаграми електропривода електромеханічних систем. <b>Література: [1,2]</b></p>
6	<p><b>Лекція 6. Вплив якості енергетичного потоку на ефективність енерговикористання електротехнічних комплексів.</b>  Відхилення напруги. Коливання напруги. Несиметрія напруги. Несинусоїдальність напруги. Втрати електроенергії за рахунок відхилення якості напруги від нормованих значень. <b>Література: [2,7]</b></p>
7	<p><b>Лекція 7. Вимірювання параметрів енергетичного потоку, методи визначення та усунення неоднорідності мереж</b>  Вимірювання відхилення, розмаху, інтервалу, дози Флікера. Вимірювання коефіцієнта спотворення синусоїдальності, коефіцієнт гармонічних складових, коефіцієнт несиметрії напруг зворотної та нульової послідовностей, коефіцієнт перенапруги, імпульсні перевантаження. <b>Література: [2,7]</b></p>
8	<p><b>Лекція 8. Методи підвищення пропускної спроможності ліній електропередачі</b>  Вимірювання та реєстрація параметрів струму та потужності. Вимірювання електричних параметрів електроприводів. <b>Література: [3]. Модульна контрольна робота 1</b></p>
9	<p><b>Лекція 9. Електромеханічні системи з електроприводом змінного струму.</b>  Розв'язання оптимізаційних задач з обмеженнями-нерівностями. Електропривод з асинхронними двигунами. Принципова схема асинхронних двигунів з фазним і короткозамкненим ротором, принцип роботи. Рівняння електромеханічної характеристики. Створення спеціальних схемних рішень нерегульованих електроприводів з АД для підвищення енергетичних показників. Особливості асинхронного привода. Електропривод з синхронними двигунами. <b>Література: [3,5]</b></p>
10	<p><b>Лекція 10. Забезпечення статичної та динамічної стійкості електричних систем.</b>  Дослідження динамічної стійкості, імітаційне моделювання перехідних режимів електроенергетичних систем після внесення значних збурень. Електропривод з двигунами постійного струму. Принципова, функціонально-логічна та структурні схеми ДПС. Принцип роботи. Загальне диференціальне рівняння. Використання синхронної машини як компенсатора реактивної потужності для підвищення енергетичних показників. <b>Література: [3,5]</b></p>



11	<p><b>Лекція 11. Методи оптимального розподілу активних потужностей</b> Розвиток розосередженого генерування електроенергії. Принципова схема двигунів послідовного та змішаного збудження. Універсальні характеристики – швидкісна та електромагнітна. Природні характеристики. Регульовальні властивості. Особливості привода постійного струму. <b>Література: [1,4]</b></p>
12	<p><b>Лекція 12. Електромеханічні системи з регульованим електроприводом.</b> Нормальні, аварійні та післяаварійні режими ЕЕС. Функціональні та принципові схеми частотно-регульованого електропривода. Принципи широтно-імпульсної (ШІМ) модуляції і формування вихідної напруги. Векторне керування асинхронним електроприводом. Асинхронний електропривод з реалізацією енергії ковзання. Фазове керування асинхронним двигуном. Схеми та принцип роботи. <b>Література: [4,5]</b></p>
13	<p><b>Лекція 13. Методи оптимального розподілу реактивних потужностей</b> Здійсненість режиму електроенергетичної системи. Електромеханічні системи з регульованим електроприводом постійного струму. Система тиристорний перетворювач-двигун. Принципова та структурна схеми. Принцип роботи. Підвищення енергетичних показників та зменшення впливу на мережу електроприводів з напівпровідниковими перетворювачами. <b>Література: [1,5]</b></p>
14	<p><b>Лекція 14. Управління енергетичною ефективністю регульованих електроприводів електротехнічних комплексів.</b> Оцінювання ефективності основних заходів щодо зменшення технічних втрат електроенергії в розподільних мережах. Напрямки підвищення енергоефективності регульованих електроприводів. Показники енергетичної ефективності регульованих електроприводів. Методика оцінки енергетичної ефективності регульованих електроприводів. <b>Література: [5,6]. Модульна контрольна робота 2</b></p>
15	<p><b>Лекція 15. Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем</b> Структура втрат у розподільних мережах. Управління енергетичною ефективністю за допомогою магнітного потоку електродвигунів. Управління за мінімумом електромагнітних втрат, повних втрат, мінімумом струмів статора, мінімуму загального показника якості. <b>Література: [1,6]</b></p>
16	<p><b>Лекція 16. Управління енергетичною ефективністю типових установок електротехнічних комплексів</b> Природний і економічний розподіл потужності в замкнених мережах. Електропривод підйомних механізмів. Кінематичні схеми. Режими роботи. Системи електроприводу підйомних кранів. Безконтактні схеми керування. Підйомні установки. Кінематичні схеми. Режими роботи. Економічність роботи неоднорідних мереж. <b>Література: [5]</b></p>
17	<p><b>Лекція 17. Методи оптимізації електричних мереж</b> Оцінювання адекватності результатів моделювання режимів е та оцінювання балансів електроенергії. Дослідження методів оптимізації режимів локальних електричних систем. Електропривод турбомеханізмів. Вентилятори (доцентрові та осьові), компресори та насоси. Режими роботи. Системи електропривода. Вибір потужності електродвигуна. Принципи регулювання продуктивності. Типові схеми керування електроприводом турбоустановок. <b>Література: [2,8]</b></p>
18	<p><b>Лекція 18 Електромеханічні системи і комплекси безперервної дії</b> Сучасні локальні електричні системи як об'єкт керування. Електропривод транспортних механізмів безперервної дії. Конвеєри. Кінематичні схеми та характеристики транспортних механізмів безперервної дії. Вимоги до електропривода. Електропривод конвеєрів та схеми керування. Вибір потужності двигуна. Принципи керування швидкістю руху стрічки конвеєрів. <b>Література: [5]</b></p>

## 6. Практичні заняття

Практичні заняття дають можливість оволодіти розрахунковими методами, розвинути самостійність у застосуванні теоретичних знань. Успіх занять забезпечується постановкою задач, які вимагають застосування як стандартних методів, так і відшукування нестандартних підходів до розв'язання, аналізом отриманих результатів. Задачі, які розв'язуються на практичних заняттях, ілюструють загальнофізичні і розрахунково-теоретичні положення курсу і підбираються з урахуванням специфіки майбутнього фаху студентів. Головний акцент при проведенні практичних занять робиться на розвиток самостійного логічного мислення у студента і навичок використання розрахункових методів. Практичні заняття з дисципліни проводяться викладачем згідно навчального плану. Основною ціллю практичних занять є закріплення теоретичних положень дисципліни «Оптимізація режимів електроенергетичних систем» і набуття умінь їх практичного застосування шляхом виконання певних відповідно сформульованих завдань.

№ з/п	Завдання, які виносяться на практичні заняття
<b>Практичне заняття 1</b>	Вибір раціональних режимів роботи та експлуатації електроприводів. Перехід від нерегульованого електропривода до регульованого. Енергозберігаючі аспекти застосування регульованого електропривода в електромеханічних системах
<b>Практичне заняття 2</b>	Баланс активної потужності у системі. Втрати потужності. Метод середніх втрат. Нагрівання двигуна. Рівняння теплового балансу та нагрівання двигуна. Теплові режими роботи двигунів електромеханічних систем. Вибір потужності двигуна.
<b>Практичне заняття 3</b>	Несиметрія напруги. Несинусоїдальність напруги. Втрати електроенергії за рахунок відхилення якості напруги від нормованих значень.
<b>Практичне заняття 4</b>	Вимірювання відхилення, розмаху, інтервалу, дози Флікера. Вимірювання коефіцієнта спотворення синусоїдальності, коефіцієнт гармонічних складових, коефіцієнт несиметрії напруг зворотної та нульової послідовностей
<b>Практичне заняття 5</b>	Створення спеціальних схемних рішень нерегульованих електроприводів з АД для підвищення енергетичних показників. Особливості асинхронного привода. Електропривод з синхронними двигунами.
<b>Практичне заняття 6</b>	Принципи широтно-імпульсної (ШІМ) модуляції і формування вихідної напруги. Векторне керування асинхронним електроприводом. Асинхронний електропривод з реалізацією енергії ковзання. Фазове керування асинхронним двигуном. Схеми та принцип роботи.
<b>Практичне заняття 7</b>	Системи моніторингу ЕЕС WAMS. Підвищення енергетичних показників та зменшення впливу на мережу електроприводів з напівпровідниковими перетворювачами
<b>Практичне заняття 8</b>	Структура втрат у розподільних мережах. Управління енергетичною ефективністю за допомогою магнітного потоку електродвигунів. Управління за мінімумом електромагнітних втрат, повних втрат, мінімумом струмів статора, мінімуму узагальненого показника якості
<b>Практичне заняття 9</b>	Сучасні локальні електричні системи як об'єкт керування. Електропривод транспортних механізмів безперервної дії. Конвеєри. Кінематичні схеми та характеристики транспортних механізмів безперервної дії. Вимоги до електропривода. Електропривод конвеєрів та схеми керування..

## 7. Самостійна робота студента

*Самостійна робота студента передбачає:*  
 підготовку до аудиторних занять – 78 год;  
 підготовку до модульної контрольної роботи – 3 год;

підготовку до екзамену – 15 год.

## 8. Індивідуальні завдання

### Теми розрахункових завдань:

1. Розрахунок і вибір електропривода з асинхронним двигуном.
2. Розрахунок і вибір електропривода з двигуном постійного струму.
3. Розрахунок і вибір електропривода з вентильним двигуном. Оптимізація параметрів електроустаткування.

Зміст розрахункових робіт:

- за заданими технічними даними визначити розрахункову потужність привода і вибрати електродвигун;
- розрахувати і побудувати діаграми навантажень, визначити режими роботи електропривода;
- перевірити вибраний двигун;
- побудувати природну характеристику двигуна, визначити час пуску;
- визначити втрати енергії в двигуні за цикл роботи, при пуску і гальмуванні;
- порівняти втрати енергії в двигуні при його пуску вхолосту від мережі і від керованого перетворювача;
- розрахувати ККД двигуна при його роботі в заданому циклі;
- перевірити придатність вибраного двигуна для роботи його в короткочасному режимі з навантаженням;
- запропонувати шляхи енергозбереження в електроприводі.

## Політика та контроль

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

Політика навчальної дисципліни «Оптимізація режимів електроенергетичних систем» заснована на корпоративній політиці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

КПІ ім. Ігоря Сікорського є вільним і автономним центром освіти, що покликаний давати адекватні відповіді на виклики сучасності, плекати й оберігати духовну свободу людини, що робить її спроможною діяти згідно з власним сумлінням; її громадянську свободу, яка є основою формування суспільно відповідальної особистості, та академічну свободу і добросовісність, що є головними рушійними чинниками наукового поступу. Внутрішня атмосфера Університету будується на засадах відкритості, прозорості, гостинності, повазі до особистості.

Вивчення навчальної дисципліни «Оптимізація режимів електроенергетичних систем» потребує: підготовки до практичних занять; підготовки до лабораторних занять; виконання індивідуального завдання згідно з навчальним планом; опрацювання рекомендованої основної та додаткової літератури.

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- 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 за це. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних, практичних і лабораторних заняттях.

Правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних, лабораторних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в Інтернеті.

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс "Оптимізація режимів електроенергетичних систем" на

платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; тести, які потрібно виконати за лекціями; методичні рекомендації до виконання практичних робіт та розрахунково-графічної роботи; варіанти залікової контрольної роботи розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Оптимізація режимів електроенергетичних систем» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі “Оптимізація режимів електроенергетичних систем” на платформі «Сікорський».

Політика дедлайнів та перескладань: кожен студент зобов'язаний дотримуватись термінів виконання завдань у межах розкладу проведення аудиторних занять з дисципліни. Обов'язковим контрольним заходом оцінювання для допуску до заліку є виконання МКР, виконання завдань до практичних занять та захист лабораторних робіт, екзамену є МКР та виконання завдань до практичних занять. Студент, що з поважної причини (лікарняний, академічна мобільність тощо) не написав МКР, має право зробити це під час регулярних консультацій викладача згідно розкладу. Порядок перескладання семестрового контролю визначається загальними правилами університету.

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

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. Викладачі та студенти, що вивчають дану дисципліну, зобов'язані дотримуватись положень прийнятого в університеті Кодексу честі;

При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування вільним робочим часом викладача (з 16-00 до 19-00 годин у робочі дні).

**Інклюзивне навчання.** Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни може бути доступним для більшості осіб з особливими освітніми потребами, окрім здобувачів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

**Навчання іноземною мовою.** У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англійських джерел.

За участь у Всеукраїнській олімпіаді (конкурсі наукових робіт) студенту нараховується 5 (I тур) або 10 (II тур) балів. За написання статті та її публікацію студенту нараховується 10 балів (видання, що входить до Scopus або WebofScience) або 6 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 3 бали. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.

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

**Поточний контроль:** завдання в рамках практичного заняття (9 практичних занять × 1 бал = 9 балів), МКР (проводиться безпосередньо на практичному занятті, у присутності викладача, 10 балів). МКР виконується у вигляді тесту. Тест студент виконує безпосередньо на лекційному занятті, за 5-10 хвилин до його закінчення. По закінченню заняття тест закривається і не підлягає переписуванню або виконанню дома. Тест містить десять запитань і

декілька відповідей до кожного з них, одна з яких вірна. Кожна правильна відповідь оцінюється в 1 бал.

Завдання в рамках практичного заняття оцінюються в 7 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 7 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 6 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 5 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

РГР оцінюється в 12 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 7 – 12 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 8 – 10 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 6 – 7 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Вимоги до написання МКР надаються у вигляді методичних рекомендацій і розміщуються на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

**Семестровий контроль:** екзамен. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані практичні, МКР.

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Якщо сума балів менша за 60, але виконані і зараховані практичні, МКР, студент виконує екзаменаційну роботу. У цьому разі сума балів за практичні, МКР та за екзаменаційну роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у екзаменаційній роботі. У цьому разі остаточний результат складається із балів, що отримані на екзаменаційній роботі, та балів за практичні, МКР.

Екзаменаційна робота оцінюється у 40 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу, та задачі.

Кожне запитання та задача оцінюються в 13 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 10 – 13 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 7 – 9 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 6 – 7 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Для заочної форми навчання

**Поточний контроль:** МКР (10 балів). Структура МКР, вимоги до них та критерії оцінювання аналогічні як і для очної форми навчання і наведені вище.

**Семестровий контроль:** залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані МКР.

Студенти, які виконали умови допуску до заліку, виконують екзаменаційну роботу. Сума балів за МКР та за екзаменаційну роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Екзаменаційна робота оцінюється у 40 балів, як і для очної форми навчання. Критерії оцінювання наведено вище.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

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

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку А до силабусу. Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача. Одна година прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

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

**Складено:** ст. викладач Дубовик Володимир Григорович

**Ухвалено** на засіданні кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів (протокол № 18 від 24 червня 2024р.)

**Погоджено** методичною комісією НН ІЕЕ (протокол №21 від 25 червня 2024 р.)

#### **Додаток А до силабусу освітнього компонента курсу**

#### **“Оптимізація режимів електроенергетичних систем”**

#### **Перелік завдань, що виносяться на семестровий контроль**

#### **ДОДАТОК А ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ ПИТАННЯ З КУРСУ**

1. Відхилення напруги, коливання напруги, несиметрія напруги, Несинусоїдальність напруги.
2. Втрати електроенергії за рахунок відхилення якості напруги від нормованих значень.

3. Вимірювання коефіцієнт спотворення синусоїдальності, коефіцієнт гармонічних складових, коефіцієнт несиметрії напруг зворотньої та нульової послідовностей, коефіцієнт перенапруги, імпульсного перевантаження.
4. Визначення завантаження елементів електричної мережі.
5. Основи забезпечення балансу активної потужності ЕЕС
6. Втрати енергії в сталих режимах роботи електроприводу постійного струму.
7. Втрати енергії в сталих режимах роботи електроприводу змінного струму.
8. Втрати енергії в перехідних процесах роботи електроприводу постійного струму.
9. Втрати енергії в перехідних процесах роботи електроприводу змінного струму.
10. Втрати енергії в процесі пуску електроприводу постійного струму.
11. Спостережуваність та оцінювання електроенергетичних систем.
12. Залежність компенсуючого ефекту від рівня несинусоїдальності.
13. Напрямки та задачі підвищення енергоефективності регульованих електроприводів.
14. Показники енергетичної ефективності регульованих електроприводів.
15. Методика оцінки енергетичної ефективності регульованих електроприводів.
16. Управління енергетичною ефективністю електромеханічних перетворювачів за допомогою магнітного потоку електродвигунів.
17. Методи оптимального розподілу активних потужностей
18. Управління за мінімумом повних втрат.
19. Методи оптимізації параметрів електроенергетичних систем і мереж
20. Управління за мінімумом узагальненого показника якості.
21. Режими роботи електричних мереж і систем.
22. Управління енергоефективністю вентиляційних установок.
23. Управління енергоефективністю насосних установок.
24. Забезпечення статичної і динамічної стійкості електричних систем
25. Принципи управління режимами роботи ЕЕС.
26. Номінальні втрати в електродвигуні.
27. Енергоефективність за рахунок організаційних, технічних і економічних заходів. ефективних шляхів реалізації енергозберігаючих стратегій.
28. Підвищення енергоефективності в рамках єдиного комплексу: енергетика, економіка, екологія.
29. Ефективність використання енергії за рахунок реалізації програм енергозбереження і керування енергоспоживанням.
30. Поперечна компенсація SVC.
31. Особливості керування енерговикористанням за рахунок ефективної стратегії і тактики активного електрозбереження структурою генеруючих потужностей.
32. Керування енерговикористанням за рахунок інтегральної, багатокритеріальної та двоетапної оптимізації режимів електричних мереж.
33. Керування навантаженням для зменшення вартості послуг та підвищення ефективності й надійності системи.
34. Керування режимами енерговикористання з можливістю адаптуватися до змін у роботі підприємства, устаткування та погодніх умов.
35. Особливості застосування нетрадиційної енергетики для задоволення побутових і виробничих потреб людини і підприємств.
36. Особливості систем акумуляування на основі водню для одержання теплової і електричної енергії з оптимальними характеристиками, стабільного енергопостачання.
37. Завдання енергозбереження і техніко-економічного аналізу для вибору нових пріоритетів та постановка задачі на зниження споживання енергоресурсів.
38. Принципи побудови гнучких ліній FACTS (Flexible Alternative Current Transmission Systems)
39. Дефіцит активної потужності.
40. Системи моніторингу ЕЕС WAMS (Wide Area Measurement Systems).



## ДОДАТОК Б Тестові завдання

### 1. Природний розподіл потужності в замкнутій мережі це:

1. Розподіл обернено пропорційний повним опорам ділянок?
2. Розподіл пропорційний повним опорам ділянок?
3. Розподіл пропорційний активним опорам ділянок?
4. Розподіл пропорційний індуктивним опорам ділянок?

Правильна відповідь - 2

### 2. Економічний розподіл потужності в замкнутій мережі це розподіл:

1. При якому забезпечується мінімальне значення сумарних втрат активної потужності.
2. При якому забезпечується середньозважене значення втрат активної потужності
3. При якому забезпечується мінімальне значення сумарних втрат реактивної потужності.
4. При якому забезпечується середньозважене значення втрат реактивної потужності

Правильна відповідь - 1

### 3. Зрівняльна потужність у замкнутій мережі викликана:

1. Неоднорідністю мережі.
2. Значним активним опором ліній.
3. Однорідністю мережі.
4. Значним реактивним опором.

Правильна відповідь - 1

### 4. У якому разі напруга в кінці лінії може перевищити напругу на початку лінії?

1	При збільшенні перерізу проводів ЛЕП
2	При розщепленні проводів фаз ЛЕП
3	При підключенні батареї конденсаторів і зменшенні навантаження
4	При підключенні батареї конденсаторів і збільшенні навантаження

Правильна відповідь -3

### 5. Векторне управління режимами електричних систем забезпечує:

1	Зміну амплітуд векторів напруг
2	Зміну фаз між векторами напруг
3	Зміну амплітуд векторів напруг і фаз між ними
4	Незмінність амплітуд векторів напруг

Правильна відповідь -3

### 6. Який режим нейтралі використовується в мережі напругою 110 кВ:

1	Ізольована нейтраль
2	Компесована нейтраль
3	Глухозаземлена нейтраль або ефективно заземлена
4	Глухозаземлена нейтраль

Правильна відповідь -3

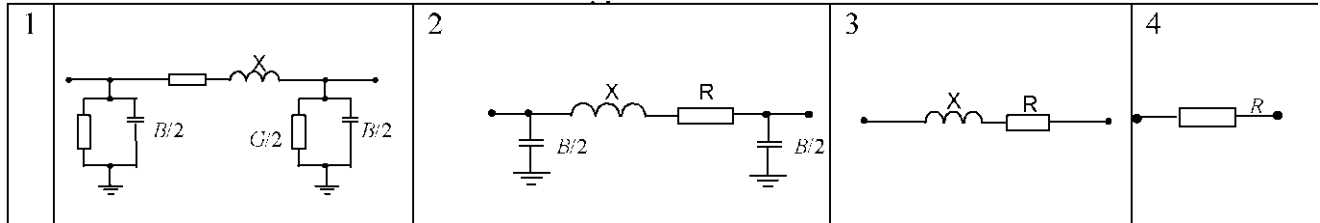
### 7. Втрати активної потужності повітряної лінії обумовлені



Правильна відповідь – 3

1	Реактивним опором
2	Активним опором
3	Активним опором та активною провідністю
4	Реактивним опором та реактивною провідністю

**8. Яка схема заміщення відповідає лінії напругою 110 кВ:**



Правильна відповідь - 2

**9. Розрахункове навантаження споживача це:**

1	Алгебраїчна сума приведенного навантаження і половин зарядних потужностей ЛЕП
2	Алгебраїчна сума половини приведенного навантаження і зарядних потужностей ЛЕП
3	Алгебраїчна сума приведенного навантаження і зарядних потужностей ЛЕП
4	Алгебраїчна сума зарядних потужностей ЛЕП

Правильна відповідь - 1

**10. За якою з наведених формул можна розрахувати поздовжню складову падіння напруги на ділянці трифазної ЛЕП**

1	$\Delta U = \frac{PR+QX}{U}$	3	$\Delta W = \Delta P \cdot t$
2	$\Delta U = \frac{PR+QX}{\sqrt{3}U}$	4	$S = \sqrt{P^2+Q^2}$

Правильна відповідь - 1

**11. За якою з наведених формул можна розрахувати втрати електричної енергії на ділянці трифазної ЛЕП**

1	$\Delta U = \frac{PR+QX}{U}$	3	$\Delta W = \Delta P \cdot t$
2	$\delta U = \frac{PX-QR}{U}$	4	$S = \sqrt{P^2+Q^2}$

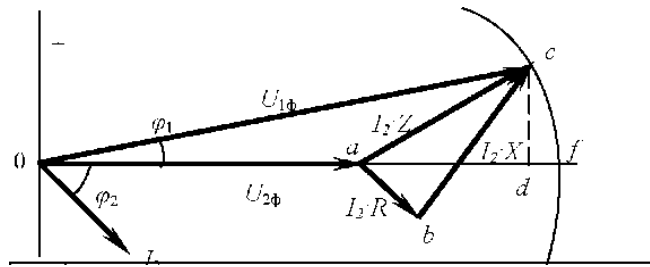
Правильна відповідь - 3

12. У скільки разів відрізняється втрата потужності в мережі з рівномірно розподіленим навантаженням у порівнянні з мережею з навантаженням зосередженим в кінці лінії:

1	В 2 рази менша
2	В 2 рази більша
3	В 3 рази менша
4	В 3 рази більша

Правильна відповідь - 3

13. Який з векторів, приведених на діаграмі, відповідає падінню напруги на опорі ЛЕП:



1	Вектор «ac»
2	Вектор «ab»
3	Вектор «bc»
4	Вектор «ad»

Правильна відповідь - 1

14. Визначити втрати потужності в обмотках силового трансформатора типу ТМ-250 ( $\Delta P_K = 3,7 \text{ кВт}$ ) при розрахунковому навантаженні 200 кВА

1. 1,25 кВт
2. 2,37 кВт
3. 0,8 кВт
4. 5,0 кВт

Правильна відповідь - 2

$$\Delta P_{\text{мд}} = \Delta P_K \left( \frac{S}{S_{\text{ном}}} \right)^2 = 3,7 \cdot \left( \frac{200}{250} \right)^2 = 2,37$$

15. Знайти втрату напруги на ділянці ЛЕП напругою 35 кВ, довжиною  $l = 10 \text{ км}$ , яка має наступні погонні параметри:  $r_0 = 0,320 \text{ м/км}$ ,  $x_0 = 0,420 \text{ м/км}$ . Навантаження  $3 + j1 \text{ МВА}$ .

1	2,513 %
2	1,126 %
3	0,548 %
4	3,542 %

Правильна відповідь - 2

Відносна втрата напруги

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 3,2 + 1 \cdot 10^6 \cdot 4,2}{35 \cdot 10^3} = 394,3 \text{ В.} \quad \frac{394,3}{35000} \cdot 100\% = 1,126\%$$

Опори лінії:  $R = r_0 l = 0,32 \times 10 = 3,2 \text{ Ом}$ ;  $X = x_0 l = 0,42 \times 10 = 4,2 \text{ Ом}$

**16 Які перетворення форми представлення параметрів режиму ЕЕС виконує прилад РМУ?**

1	З цифрової форми в аналогову
2	З цифрової форми в аналогову й далі з аналогової у цифрову форму
3	З аналогової форми у цифрову й далі з цифрової в аналогову форму
4	З аналогової форми у векторну форму

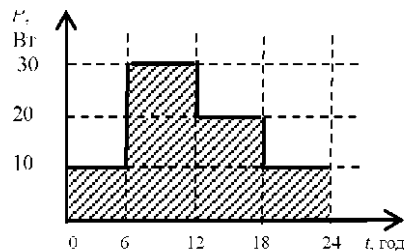
Правильна відповідь -4

**17. Що таке система WAMS?**

1	Система контролю ЕЕС
2	Система захисту ЕЕС
3	Система моніторингу ЕЕС
4	Система автоматики ЕЕС

Правильна відповідь -3

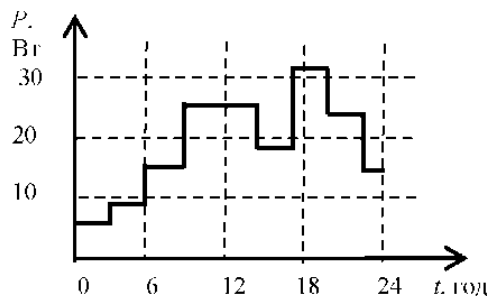
**18. Що характеризує площа, обмежена графіком, що приведений на рис?**



1. Енергію, що спожита за добу?
2. Втрати електричної енергії за добу?
3. Середнє значення потужності навантаження?
4. Середнє значення втрат електричної енергії?

Правильна відповідь - 1

**19. Як треба змінити графік навантаження, щоб зменшити втрати електричної енергії в електроенергетичній системі:**



1. Перетворити на добовий графік за тривалістю?
2. Перетворити на річний графік?
3. Змінити використання навантаження у часі таким чином, щоб зрівняти графік?
4. Перетворити на річний графік на графік за тривалістю?

Правильна відповідь -3

**Питання для МКР**

1. Режим роботи електричних мереж і систем.
2. Нормальні, аварійні та післяаварійні режими ЕЕС.

3. Методи оптимізації параметрів електроенергетичних систем і мереж
4. Математичне моделювання сталих режимів електроенергетичних систем і мереж.
5. Спостережуваність та оцінювання електроенергетичних систем.
6. Методи визначення та усунення неоднорідності мереж
7. Методи підвищення пропускної спроможності ліній електропередавання
8. Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем.
9. Забезпечення статичної і динамічної стійкості електричних систем
10. Методи оптимального розподілу активних потужностей
11. Методи оптимального розподілу реактивних потужностей
12. Методи оптимізації електричних мереж
13. Використання MathLab та Power Factory для моделювання електричних мереж і систем.
14. Розрахунки режимів роботи простих замкнених мереж.
15. Розрахунок режимів ліній з двостороннім живленням.
16. Економічність роботи неоднорідних мереж.
17. Природний і економічний розподіл потужності в замкнених мережах.
18. Розмикання мережі.
19. Забезпечення економічності режиму мережі.
20. Баланс активної потужності у системі.
21. Основи забезпечення балансу активної потужності ЕЕС.
22. Дефіцит активної потужності.
23. Принципи управління режимами роботи ЕЕС.
24. Статичні джерела реактивної потужності.
25. Поперечна компенсація SVC. SVC (Static VAR compensation) — статична компенсація реактивної потужності, що використовує тиристорні керовані реактори для плавної і швидкодіючої компенсації ємнісної потужності в системі.
26. Принципи побудови гнучких ліній FACTS. FACTS (Flexible Alternative Current Transmission Systems)
27. Векторні синхронізовані вимірювання параметрів, PMU (Phasor Measurement Unit) пристрій для вимірювання форми електричної хвилі в електричній мережі з застосуванням спеціального джерела для синхронізації за часом.
28. Системи моніторингу ЕЕС WAMS. Система WAMS (Wide Area Measurement Systems) - моніторинг в реальному часі режимних параметрів роботи енергосистем, стійкості, коливань, поточних значень кутів та частоти, режимів роботи основних механізмів АЕС, в тому числі ГЦН (головних циркуляційних насосів), при пуску, роботі та гальмуванні агрегатів, стану засобів регулювання напруги;