



# СИНХРОННІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	<i>Електричні машини і апарати (electric machines and apparatus)</i>
Статус дисципліни	Нормативна, цикл професійної підготовки
Форма навчання	Очна (денна) та очна (денна) прискорена
Рік підготовки, семестр	Студенти загальної форми навчання - 3 курс, 5-й семестр Студенти прискореної форми навчання – 2 курс, 3-й семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів ECTS / 150 годин (Лекції – 36 год., Практичні заняття – 18 год., Лабораторні роботи – 18 год., Самостійна робота – 78 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен / МКР, РГР
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: д.т.н., проф. Васьковський Юрій Миколайович, тел. 0501022010 к.т.н., доц. Реуцький Микола Олександрович тел. 0501724189 Практичні: доцент Гераскін О.А. Лабораторні: доцент Гераскін О.А.
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс Moodle <a href="https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=2163">https://do.ipro.kpi.ua/course/view.php?id=2163</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Синхронні електричні машини» складено відповідно до Освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти підготовки бакалавра за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та освітньою програмою «Електричні машини і апарати».

**Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів наступних компетентностей:

**ЗК03** – Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;

**ЗК06** – Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми;

**ФК13** – 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;

**ФК15** – Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу;

**ФК16** – Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії;

**ФК21** – Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах;

**ФК26** – Здатність вирішувати комплексні проблеми, пов'язані із процесами модернізації та реконструкції електричного обладнання, електричних машин та апаратів, електричного транспорту, електричних пристроїв, систем та комплексів.

**Предметом навчальної дисципліни** є сукупність конструктивних параметрів та експлуатаційних характеристик сучасних синхронних машин, методи їх дослідження та розрахунку.

#### **Програмні результати навчання:**

**ПР23** – Застосовувати сучасні методи експериментального дослідження електричних машин і апаратів, електромеханічних перетворювачів енергії, електромеханічних комплексів.

**ПР24** – Розуміти особливості конструкції, технічних характеристик, принципів дії та режимів роботи електромеханічних пристроїв, електричних машин і апаратів, у тому числі потужних турбо- і гідрогенераторів.

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

**Пререквізити:** успішне засвоєння дисципліни базується на знаннях, отриманих студентом під час вивчення таких дисциплін, як «Фізика», «Вища математика», «Теоретичні основи електротехніки», «Силові трансформатори», «Електричні машини 1».

**Постреквізити:** В структурно-логічній схемі навчального плану підготовки бакалаврів дисципліна «Синхронні електричні машини» забезпечує подальше вивчення таких дисциплін, як «Основи автоматизованого проектування електричних машин», «Виробництво та експлуатація електричних машин», «Математичне моделювання електричних машин».

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна структурно складається з наступного змістовного модуля, а саме:

Змістовий модуль. Синхронні машини.

Тема 1.1. Конструкція, принцип дії, магнітні поля та основні параметри СМ.

Тема 1.2 Автономна робота трифазних синхронних генераторів при симетричному навантаженні.

Тема 1.3. Паралельна робота СМ.

Тема 1.4. Елементи теорії перехідних процесів СМ.

Тема 1.5. Коливання та динамічна стійкість СМ.

Тема 1.6. Несиметричні та асинхронні режими роботи синхронних генераторів.

Тема 1.7. Спеціальні типи синхронних машин.

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

#### Основні інформаційні ресурси:

1. Андрієнко В.М., Куєвда В.П. Електричні машини. Київ, НУХТ, 2012. – 366 с.

2. Осташевський М. О., Юр'єва О. Ю. Електричні машини і трансформатори: навч. посібник Харків : ФОП Панов А. М., 2017. – 452 с.

3. Яцун М.А. Електричні машини. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. 464 с.

4. [Курс: Синхронні електричні машини \(kpi.ua\) https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2163](https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2163)

5. Електричні машини. Розділ Синхронні машини (методичні вказівки і контрольні задачі до практичних занять для студентів ОКР “бакалавр” напряму підготовки 6.050702 “Електромеханіка”) // Васьковський Ю.М., Гераскін О.А. Електронне навчальне видання з грифом ФЕА НТУУ «КПІ», 2014 р.

6. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт розділи: «Синхронні машини», «Машини постійного струму» для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка», / Уклад.: М.О. Реуцький, М.Г.Анпілогов, О.М.Давидов, Є.М.Дубчак.-К.:НТУУ «КПІ».2013 87 с.

7. <https://www.electricalclassroom.com/electric-machines/>

Додаткові інформаційні ресурси:

8. Грабко В. В. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина III. Асинхронні машини: навчальний посібник / В. В. Грабко, М. П. Розводюк, С. М. Левицький. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 197 с

9. Electrical Machines <https://books.google.com.ua/books?id=FLgMyqrZDqEC&hl=uk&source=gbs>.

10. [https://books.google.com.ua/books?id=SPFKDwAAQBAJ&hl=uk&source=gbs\\_book\\_similarbooks](https://books.google.com.ua/books?id=SPFKDwAAQBAJ&hl=uk&source=gbs_book_similarbooks)

## Навчальний контент

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

#### Лекційні заняття:

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<b>Лекція 1. Конструкція та принцип дії синхронних машин.</b> Конструкція статора і ротора. Демпферна обмотка. Явно полюсні і неявно полюсні конструкції СМ. <i>Література:</i> [1] с.190-193; [2] с.247-250.
2	<b>Лекція 2. Магнітне поле та параметри обмотки збудження СМ.</b> Магнітні процеси в СМ при холостому ході. Коефіцієнт форми поля збудження, коефіцієнт магнітного потоку збудження. <i>Література:</i> [1] с.194-195; [2] с.254-261. <i>Завдання на СРС:</i> Способи покращення форми поля збудження.
3	<b>Лекція 3. Реакція якоря синхронних машин.</b> Магнітні поля та ЕРС обмотки якоря. Залежність характеру реакції якоря від характеру навантаження. Теорія двох реакцій. ЕРС повздожньої та поперечної реакції якоря. <i>Література:</i> [1] с.196-199; [2] с.264-268. <i>Завдання на СРС:</i> Магнітні поля розсіювання обмотки якоря.
4	<b>Лекція 4. Індуктивні параметри обмотки якоря.</b> Індуктивні опори повздожньої та поперечної реакції якоря. Синхронні індуктивні опори. Приведення електромагнітних величин обмоток СМ. <i>Література:</i> [1] с.200-206; [2] с.269-277. <i>Завдання на СРС:</i> Електромагнітні величини СМ у відносних одиницях.
5	<b>Лекція 5. Автономна робота трифазних синхронних генераторів при симетричному навантаженні.</b> Рівняння напруг та векторні діаграми явно полюсних СМ при різних характерах навантаження. <i>Література:</i> [1] с.206-210. <i>Завдання на СРС:</i> Векторні діаграми неявно полюсних СМ.
6	<b>Лекція 6. Характеристики синхронних генераторів при автономній роботі.</b> Характеристики ХХ, КЗ, зовнішня, регульовальна і навантажувальна. Відношення КЗ.

	<p><i>Література:</i> [1] с.212-216.  <i>Завдання на СРС:</i> Експериментальне визначення характеристик СГ.</p>
7	<p><b>Лекція 7. Векторні діаграми СМ з урахуванням насичення.</b>  Трикутник і діаграма Потье.  <i>Література:</i> [1] с.214-218.  <i>Завдання на СРС:</i> Індуктивний опір Потье</p>
8	<p><b>Лекція 8. Умови та методи синхронізації синхронних генераторів.</b> Синхронізація методом синхроскопу. Метод грубої синхронізації (самосинхронізації).  <i>Література:</i> [1] с.219-221.  <i>Завдання на СРС:</i> Ударні струми при самосинхронізації СГ.</p>
9	<p><b>Лекція 9. Режими роботи синхронної машини.</b> Перетворення енергії і втрати в синхронних машинах. Режими генератора, двигуна і компенсатора. Енергетичні діаграми.  <i>Література:</i> [1] с.222-224.  <i>Завдання на СРС:</i> Робота СГ на мережу обмеженої потужності.</p>
10	<p><b>Лекція 10. Кутові характеристики активної потужності СМ.</b> Математичних вираз кутової характеристики. Статична стійкість СМ. Синхронізуючі потужності, момент та статичне перевантаження СМ.  <i>Література:</i> [1] с.225-226; [2] с.313-316.  <i>Завдання на СРС:</i> Фізична і математична інтерпретація величини кута навантаження.</p>
11	<p><b>Лекція 11. Регулювання реактивної потужності СМ.</b> <math>V</math> – подібна характеристика. Умова мінімуму струму обмотки якоря.  <i>Література:</i> [1] с.227-233; [2] с.313-320.  <i>Завдання на СРС:</i> Межа стійкості СГ на <math>V</math> – подібній характеристиці.</p>
12	<p><b>Лекція 12. Синхронні двигуни, синхронні компенсатори і асинхронізовані синхронні машини.</b> Особливості конструкції. Порівняння основних робочих властивостей асинхронних та синхронних машин.  <i>Література:</i> [1] с.235-240.  <i>Завдання на СРС:</i> Сфери практичного використання синхронних двигунів і компенсаторів. Конструкція ротора асинхронізованих СМ.</p>
13	<p><b>Лекція 13. Загальна характеристика перехідних процесів СМ.</b> Поняття про динамічну стійкість СМ. Погашення магнітного поля в колах індуктора. Фізична картина явищ при раптовому 3-фазному короткому замиканні (КЗ) синхронного генератора.  <i>Література:</i> [1] с.242-246.  <i>Завдання на СРС:</i> Наслідки перехідних процесів в СМ.</p>
14	<p><b>Лекція 14. Параметри і схеми заміщення СГ при перехідних процесах.</b> Перехідні та над перехідні індуктивні опори СГ при раптовому КЗ. Періодичний та аперіодичний струми якоря при раптовому КЗ. Ударний струм КЗ. Наслідки дії струмів КЗ.  <i>Література:</i> [1] с. 246-250.  <i>Завдання на СРС:</i> Схеми заміщення СМ по повздовжній і поперечній осям в перехідних процесах.</p>
15	<p><b>Лекція 15. Коливання СМ.</b> Фізична суть коливань СМ. Вимушені та власні коливання СМ. Оберткові моменти, які діють при коливаннях. Рівняння моментів при коливаннях СМ та його розв'язання.  <i>Література:</i> [1] с.252-256; [2] с.322-324.  <i>Завдання на СРС:</i> Визначення частоти власних коливань ротора СМ.</p>
16	<p><b>Лекція 16. Робота СГ при несиметричному навантаженні, несиметричні КЗ</b></p>

	<p><b>синхронних генераторів.</b> Особливості роботи СМ в несиметричних режимах. Схеми заміщення СМ та індуктивні параметри СМ для струмів різних послідовностей.</p> <p><i>Література:</i> [1] с.263-265.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Існуючі нормативні вимоги щодо роботи СГ в несиметричних режимах. Порівняльний аналіз струмів 1, 2 і 3-х фазного КЗ.</p>
17	<p><b>Лекція 17. Асинхронні режими роботи СМ.</b> Асинхронний режим незбудженої СМ. Асинхронний режим СМ при наявності струму збудження.</p> <p><i>Література:</i> [1] с.265-270.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Вимоги стандартів щодо роботи СМ в асинхронних режимах.</p>
18	<p><b>Лекція 18. Синхронні машини з постійними магнітами. Спеціальні типи синхронних машин.</b> Магнітоелектричне збудження СМ. Особливості конструкції, параметри, характеристики. Індукторні СМ. Реактивні СД. Тихохідні багатополюсні СМ.</p> <p><i>Література:</i> [4] с.786 – 796.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> СД з постійним магнітами для електротранспорту</p>
<b>Усього 36 годин</b>	

**Практичні заняття:** На практичних заняттях методика виконання типових розрахунків повинна ставати робочим інструментом, який студент може використовувати в подальшій роботі. Теми практичних занять:

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (посилання на літературу та завдання на СРС)	Години
1	<p><b>Заняття 1.</b> Магнітне поле і параметри обмотки збудження синхронних машин (СМ). Розв'язання задач.</p> <p><i>Література:</i> [5], с.110-124; [6], с.144-146.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Розв'язання задач.</p>	2
2	<p><b>Заняття 2.</b> Магнітне поле і параметри обмотки якоря синхронних машин (СМ). Розв'язання задач.</p> <p><i>Література:</i> [5], с.110-124; [6], с.144-146.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Розв'язання задач.</p>	2
3	<p><b>Заняття 3.</b> Векторні діаграми напруги і характеристики синхронних машин. Розв'язання задач.</p> <p><i>Література:</i> [5], с.124-139; [6], с.146-148.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Розв'язання задач.</p>	2
4	<p><b>Заняття 4.</b> Паралельна робота синхронних генераторів. Розв'язання задач.</p> <p><i>Література:</i> [5], с.139-146; [7], с.17-22.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Розв'язання задач.</p>	2
5	<p><b>Заняття 5.</b> Синхронні двигуни. Розв'язання задач.</p> <p><i>Література:</i> [5], с.139-146; [7], с.17-22.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Розв'язання задач.</p>	2
6	<p><b>Заняття 6.</b> Синхронні компенсатори. Розв'язання задач.</p> <p><i>Література:</i> [5], с.139-146; [7], с.17-22.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Розв'язання задач.</p>	2
7	<p><b>Заняття 7.</b> Перехідні процеси в синхронних машинах. Розв'язання задач.</p> <p><i>Література:</i> [5], с.160-162; [7], с.25-28.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Розв'язання задач.</p>	2
8	<p><b>Заняття 8.</b> Коливання синхронних машин. Розв'язання задач.</p> <p><i>Література:</i> [5], с.160-162; [7], с.25-28.</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Розв'язання задач.</p>	2
9	<p><b>Заняття 9.</b> Несиметричні режими синхронних машин. Розв'язання задач.</p>	2

Модульна контрольна робота №1. <i>Література:</i> [5], с.160-162; [7], с.25-28. <i>Завдання на СРС:</i> Розв'язання задач.	
<b>Усього 18 годин</b>	

**Лабораторні заняття:** Кожне лабораторне заняття розраховано на 4 аудиторні години.

№ з/п	Назва лабораторного заняття	Кількість аудитор. годин
1	<b>Заняття 1.</b> Випробування трифазного синхронного генератора в автономному режимі роботи. <i>Література:</i> [1], с.212-216; [8], с.9-23.	4
2	<b>Заняття 2.</b> Експериментальне визначення основних параметрів трифазного синхронного генератора в автономному режимі роботи. <i>Література:</i> [1], с.212-216; [8], с.23-35.	4
3	<b>Заняття 3.</b> Випробування синхронного генератора, що працює паралельно з мережею. <i>Література:</i> [1], с.220-225; [8], с.36-44.	4
4	<b>Заняття 4.</b> Випробування синхронного двигуна. <i>Література:</i> [1], с.235-237; [8], с.45-50.	4
9	<b>Заняття 5.</b> Колоквіум по захисту лабораторних робіт	2
<b>Усього 18 годин</b>		

**Самостійна робота студента:** В таблиці наведено основні завдання, що виносяться на самостійну роботу студентів

№ з/п	Назва теми, що виносяться на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	<b>Завдання для СРС 1.</b> Способи покращення форми поля збудження.	1
2	<b>Завдання для СРС 2.</b> Магнітні поля розсіювання обмотки якоря.	1
3	<b>Завдання для СРС 3.</b> Електромагнітні величини СМ у відносних одиницях.	1
4	<b>Завдання для СРС 4.</b> Векторні діаграми неявно полюсних СМ.	2
5	<b>Завдання для СРС 5.</b> Експериментальне визначення характеристик СГ.	2
6	<b>Завдання для СРС 6.</b> Індуктивний опір Потье	1
7	<b>Завдання для СРС 7.</b> Ударні струми при самосинхронізації СГ.	2
8	<b>Завдання для СРС 8.</b> Робота СГ на мережу обмеженої потужності.	1
9	<b>Завдання для СРС 9.</b> Фізична і математична інтерпретація величини кута навантаження.	1
10	<b>Завдання для СРС 10.</b> Межа стійкості СГ на V – подібній характеристиці.	2

11	<b>Завдання для СРС 11.</b> Сфери практичного використання синхронних двигунів і компенсаторів.	1
12	<b>Завдання для СРС 12.</b> Конструкція ротора асинхронізованих СМ.	2
13	<b>Завдання для СРС 13.</b> Наслідки перехідних процесів (раптових КЗ) в СМ.	1
14	<b>Завдання для СРС 14.</b> Схеми заміщення СМ по повздожній і поперечній осям в перехідних процесах.	2
15	<b>Завдання для СРС 15.</b> Форсування струму збудження для утримання СГ в синхронізмі.	2
16	<b>Завдання для СРС 16.</b> Визначення частоти власних коливань ротора СМ.	1
17	<b>Завдання для СРС 17.</b> Існуючі нормативні вимоги щодо роботи СГ в несиметричних режимах.	1
18	<b>Завдання для СРС 18.</b> Порівняльний аналіз струмів 1, 2 і 3-х фазного КЗ.	1
20	Підготовка до модульної контрольної роботи	2
33	Виконання РГР	15
34	Підготовка до екзамену	36
<b>Усього 78 годин</b>		

**Розрахунково-графічна робота.** Для закріплення та узагальнення отриманих знань з теорії синхронної машини змінного струму студенти виконують індивідуальне семестрове завдання – розрахунково-графічну роботу (РГР). Тема РГР: «Параметри і характеристики трифазного синхронного генератора»; Варіант вхідних даних узгоджується та надається викладачем.

**Модульна контрольна робота.** Для одержання студентами стійких знань передбачено виконання модульної контрольної роботи, на яку виносяться основні питання дисципліни.

## Політика та контроль

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

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. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

- **правила поведінки на заняттях:** студент 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 РГР з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки РГР (за умови дотримання календарного плану виконання РГР);

- **політика дедлайнів та перескладань:** якщо студент 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 даної дисципліни;

• 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.

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

**Поточний контроль:** експрес-опитування, МКР, РГР.

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

**Семестровий контроль:** екзамен.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання студентів передбачає визначення кількості балів, отриманих студентом під час вивчення дисципліни.

**Умови допуску до семестрового контролю:** поточний семестровий рейтинг повинен складати не менше 30 балів.

Поточний семестровий рейтинг студента складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання розрахунково-графічної роботи (РГР);
- виконання та захист 4 лабораторних робіт.

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

Ваговий бал за одне експрес-опитування – 1 бал.

Максимальна кількість балів на одного студента дорівнює: 1 бал \* 3 опитування = 3 бали. (виходячи із 5 опитаних студентів на одній лекції, усього  $5 * 9 = 45$  опитувань і  $45/15 = 3$  опитування на одного студента)

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1 бал;

**Індивідуальне семестрове завдання (РГР)**

Згідно з робочою навчальною програмою студент виконує РГР.

Максимальна кількість балів за виконання РГР дорівнює 28 балів.

Критерії оцінювання

- повне і вчасне виконання – 25 ... 28 балів (в залежності від якості оформлення);
- є окремі несуттєві помилки – 20...24 балів;
- є суттєві помилки – 2...19 балів;
- неправильне виконання РГР – 0 балів;
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; задача РГР після встановленого терміну передбачає зниження оцінки - 2 бали за кожен тиждень понад встановлений термін.

**Модульна контрольна робота**

Максимальна кількість балів за виконання МКР дорівнює 5 бали. Критерії оцінювання

- повна відповідь на запитання (більше 90% матеріалу) 5 балів;
- неповна відповідь на запитання (від 50 до 90% матеріалу) - 2 – 4 бали;
- відповідь містить менше 50 % правильних відповідей – 0 балів;

**Лабораторні роботи**

- Ваговий бал — 6. Максимальна кількість балів за 6 лабораторні роботи дорівнює:  $6 \text{ балів} * 4 = 24 \text{ балів}$ . Критерії оцінювання:
- 1 бал — підготовка до роботи,
- 1 бал — виконання лабораторної роботи,



- 2 бали — захист лабораторної роботи.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є поточний рейтинг студента не менше 50% від максимально можливого, тобто 30 балів.

Максимальна сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:  $R_c = 3 + 28 + 5 + 24 = 60$  балів.

### Форма семестрового контролю – екзамен

Остаточне оцінювання результатів навчання проводиться за стобальною рейтинговою шкалою. Екзаменаційна складова шкали дорівнює 40% від загальної рейтингової шкали, тобто  $R_e = 40$  балів. Необхідною умовою допуску до екзамену є повний конспект лекцій, виконана і захищена РГР. Для здачі екзамену без проведення семестрового контролю («автоматом») потрібно мати стартовий рейтинг не менше 60 балів, а також виконані інші умови допуску до екзамену.

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань і однієї задачі

#### Критерії оцінювання екзамену

- повна відповідь (повне, безпомилкове розв’язування завдання)  $R_3 = 39 - 40$  балів;
- відповідь з певними несуттєвими помилками  $R_3 = 30 - 38$  бали;
- відповідь без суттєвих помилок, але не з повним обсягом потрібної інформації  $R_3 = 20 - 29$  бали;
- неповна відповідь з певними помилками  $R_3 = 12-19$  балів;
- неповна відповідь зі значною кількістю помилок, але які не є принциповими  $R_3 = 8-11$  балів;
- повністю неправильна відповідь або відсутність відповіді – 0 балів.

Сумарна кількість рейтингових балів визначається як  $R_p = R_c + R_e$

Таблиця відповідності сумарних рейтингових балів оцінкам за наступною шкалою:

Сумарна кількість балів $R_p$	Оцінка	Результат
95-100	Відмінно	Екзамен здано
85-94	Дуже добре	
75-84	Добре	
65-74	Задовільно	
60-64	Достатньо	
Менше 60	Незадовільно	Екзамен не здано
Не виконані умови допуску	Не допущений	До екзамену не допущений

## 8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Конструкція і принцип дії синхронної машини.
2. Явнополюсні і неявнополюсні синхронні машини. Особливості конструкції. Приклади реалізації.
3. Електромагнітні процеси в синхронній машині при неробочому ході. Магнітне поле збудження в повітряному проміжку. Коефіцієнти, що характеризують поле збудження.
4. Явище реакції якоря в синхронній машині. Чинники, що впливають на характер реакції якоря. Теорія двох реакцій.
5. Електричні параметри синхронної машини в сталому режимі роботи. Параметри по подовжній і поперечній осях.
6. Приведення обмоток синхронної машини: приведення МРС обмотки якоря до обмотки збудження; приведення обмотки збудження до обмотки якоря.
7. Режими роботи синхронних машин. Вплив регулювання струму збудження на характеристики машини.
8. Діаграма, трикутник і індуктивний опір Потьє.

9. Автономний синхронний генератор. Його призначення, параметри і характеристики.
10. Чинники, що впливають на вибір величини повітряного проміжку в синхронній машині.
11. Рівняння і векторні діаграми напруги синхронного генератора при різному характері його навантаження.
12. Рівняння і векторні діаграми напруги синхронного двигуна.
13. Синхронізація синхронного генератора при його включенні на паралельну роботу. Способи синхронізації.
14. Режими роботи синхронних машин при паралельній роботі з мережею. Енергетичні діаграми і ККД.
15. Поняття про кут навантаження. Кутові характеристики синхронної машини. Виведення виразу для електромагнітного моменту і його аналіз.
16. Кутові характеристики реактивної потужності синхронної машини.
17. Статична і динамічна стійкість синхронної машини.
18. Синхронні двигуни і компенсатори. Конструкція, призначення, характеристики.
19. Коливання синхронної машини. Причини виникнення і способи зменшення коливань.
20. Несиметричні сталі режими роботи СМ. Особливості роботи. Індуктивні опори СМ струмам зворотної і нульової послідовності.
21. Несиметричні сталі короткі замикання трифазного синхронного генератора.
22. Перехідні процеси синхронної машини. Процес і схеми гасіння магнітного поля обмотки збудження.
23. Фізична картина явища раптового КЗ синхронної машини. Три стадії КЗ.
24. Схеми заміщення, індуктивні опори і струми СГ при його раптовому трифазному короткому замиканні при неробочому ході.
25. Вираз для струму раптового КЗ синхронного генератора, що працював на неробочому ході, його аналіз та основи складові.
26. Спеціальні типи синхронних машин. Конструкція і принцип дії
27. Асинхронні режими синхронних машин. Особливості роботи. Асинхронний пуск синхронного двигуна. Асинхронізований турбогенератор.
28. Індуктивні опори синхронної машини (синхронні, перехідні, надперехідні). Фізичний зміст, чисельні значення і методи експериментального визначення.
29. Порівняльний аналіз конструкції, принципу дії і характеристик синхронних і асинхронних двигунів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено:** професором кафедри електромеханіки ФЕА, д.т.н. Васьковським Ю.М.,

**Ухвалено** кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)